

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010



TOMO 2: PROYECTO DE EJECUCIÓN.

1. MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIADOCUMENTO
2. PLANOS.

**Víctor Manuel
Torres Agudo**

Grado en
Ingeniería Química

ÍNDICE

1.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	1
2.	OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	2
3.	TAMAÑO DEL PROYECTO.	4
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO.	5
4.1	Balances de materia y energía globales y a cada unidad de operación.	10
4.1.1	Composición química de la materia prima.	10
4.1.2	Balances de materia y energía.	11
4.1.3	Equipos discontinuos.	11
4.1.3.1	Secador. S-01.	11
4.1.3.2	Reactor pretratamiento, R-01.	13
4.1.3.3	Mezclador 01, M-01.	14
4.1.3.4	Filtro 01, F-01	15
4.1.3.5	Mezclador 02, M-02.	16
4.1.3.6	Reactor enzimático 02, R-02.	17
4.1.3.7	Filtro 02. F-02	19
4.1.3.8	Secador 02, S-02.	20
4.1.3.9	Mezclador 03, M-03.	21
4.1.4	Equipos continuos.	23
4.1.4.1	Tanque pulmón, T-01.	23
4.1.4.2	Filtro 03, F-03.	24
4.1.4.3	Liofilizador 01, L-01.	25
4.1.4.4	Columna de destilación, C-01.	26
4.1.4.5	Mezclador 04, M-04	27
4.1.4.6	Intercambiador de calor 01, H-01.	28
4.1.4.7	Tanque pulmón, 2- T-02.	29
4.2	Balance de materia global.	30
4.3	Diagrama de flujo del proceso.	31

5.	<i>DISEÑO DE EQUIPOS.</i>	32
5.1	Cálculo y diseño detallado de reactor enzimático.	32
5.2	Selección justificada y/o diseño aproximado de aquellos equipos no diseñados en detalle.	34
5.2.1	Secador 01, S-01.	34
5.2.2	Reactor pretratamiento de vapor, R-1.	35
5.2.3	Mezclador 01, M-01.	37
5.2.4	Filtro 01, F-01.	38
5.2.5	Mezclador 02, M-02.	39
5.2.6	Filtro 02, F-02.	40
5.2.7	Secador 02, S-02.	41
5.2.8	Mezclador 03, M-03.	42
5.2.9	Tanque pulmón 01- T-01.	43
5.2.10	Filtro 03, F-03.	44
5.2.11	Liofilizador 01, L-01.	46
5.2.12	Columna de destilación. C-01	47
5.2.13	Mezclador 4, M-4	48
5.2.14	Intercambiador de calor 1, H-01.	49
5.2.15	Tanque pulmón 02, T-02.	50
5.2.16	Tanque de almacenamiento 01, TK-01.	51
5.2.17	Tanque de almacenamiento 02, TK-02.	52
5.2.18	Tanque de almacenamiento 03, TK-03.	53
5.2.19	Tanque de almacenamiento 04, TK-04.	54
5.2.20	Tanque de almacenamiento 05, TK-05.	55
6.	<i>IMPLANTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIONES EN PLANTA.</i>	56
6.1	Matriz de Actividades.	57
6.2	Diagrama de interrelación de actividades.	59
6.1	Diagrama de interrelación de espacios.	61
7.	<i>DISEÑO DE INSTALACIONES.</i>	63

7.1	Diseño de tuberías y bombas de proceso.	63
7.1.1	Diseño de tuberías.	64
7.1.2	Diseño de bombas.	65
7.2	Instrumentación y control de la instalación	66
7.2.1	Lazo de Control del Secador. (S-01)	67
7.2.2	Lazo de Control del reactor de pretratamiento.	71
7.2.3	Lazo de Control del Mezclador 01.	78
7.2.4	Lazo de Control del Filtro 01.	81
7.2.5	Lazo de Control del Mezclador 2 (M-02).	83
7.2.6	Lazo de Control del Reactor enzimático (R-02)	87
7.2.7	Lazo de Control del Filtro 02, (F-02).	90
7.2.8	Lazo de Control del Secador 02, (S-02)	91
7.2.9	Lazo de Control del Mezclador 03, M-3.	92
7.2.10	Lazo de Control del tanque de pulmón 01, T-01	95
7.2.11	Lazo de control Filtro 3.	97
7.2.12	Lazo de Control del Liofilizador 1. (L-01)	98
7.2.13	Lazo de Control de la Columna de destilación, C-01.	101
7.2.14	Lazo de Control del Mezclador 4 (M-04)	105
7.2.15	Lazo de Control del Intercambiador 1 (H-01).	107
7.2.16	Lazo de Control del Tanque pulmón 2 (T-02).	109
7.2.17	Lazo de Control de tanques de almacenamiento (TK-X).	110
7.3	Protección contra incendios.	112
7.3.1	Objeto.	112
7.3.2	Normativa.	112
7.3.3	Definiciones.	114
7.3.4	Abreviaturas	115
7.3.5	Descripción del recinto sujeto a estudio.	116
7.3.6	Plan de emergencia contra incendios.	118
7.3.7	Características de los establecimientos industriales	120
7.3.7.1	Establecimientos industriales ubicados en un edificio:	120
7.3.7.2	Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:	122

7.3.8	Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.	
	123	
7.3.9	Sectorización del establecimiento industrial _____	124
7.3.10	Método de cálculo del nivel de riesgo intrínseco _____	126
7.3.11	Cálculo del nivel de riesgo intrínseco. _____	132
7.3.12	Requisitos de la instalación de protección contra incendios _____	137
7.3.13	Sistemas automáticos de detección de incendio _____	137
7.3.13.1	Elección de los detectores de incendio _____	139
7.3.14	Sistemas manuales de alarma de incendio _____	139
7.3.15	Sistemas de comunicación de alarma _____	140
7.3.16	Sistemas de hidratantes exteriores _____	140
7.3.17	Extintores de incendio _____	141
7.3.18	Cálculo del número y tipo de extintores. _____	146
7.3.19	Sistemas de bocas de incendio equipadas _____	150
7.3.20	Sistemas de columna seca _____	152
7.3.21	Sistemas de rociadores automáticos de agua _____	154
7.3.22	Sistemas de agua pulverizada _____	155
7.3.23	Sistemas de espuma física. _____	156
7.3.24	Sistemas de extinción por polvo. _____	156
7.3.25	Extinción automática por agentes extintores gaseosos. _____	157
7.3.26	Alumbrado de emergencia de vías de evacuación _____	158
7.3.27	Sistemas de alumbrado de emergencia _____	158
7.3.28	Señalización _____	159
7.3.29	Plano de protección contra incendios _____	160
7.4	Abastecimiento. _____	161
7.4.1	Introducción y Objeto. _____	161
7.4.2	Caracterización y cuantificación de las exigencias. _____	161
7.4.2.1	Propiedades de la instalación _____	161
7.4.2.2	Señalización. _____	165
7.4.2.3	Ahorro de agua. _____	166
7.4.3	Diseño. _____	166
7.4.3.1	Esquema general de la instalación. _____	166

7.4.3.2	Elementos que componen la instalación	168
7.4.3.3	Protección contra retornos.	173
7.4.3.4	Separaciones respecto de otras instalaciones	175
7.4.3.5	Señalización	176
7.4.3.6	Materiales de construcción.	176
7.4.4	Dimensionado	177
7.4.5	Plano de abastecimiento.	178
8.	PLANIFICACIÓN DE TAREAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	179
9.	ANEXOS.	185
9.1	Anexos de Balances de materia.	185
9.1.1	Secador 01, S-01.	185
9.1.2	Reactor de pretratamiento de vapor, R-01.	189
9.1.3	Mezclador 01.	202
9.1.4	Filtro 01, F-01.	205
9.1.5	Mezclador 02, M-02.	208
9.1.6	Reactor enzimático	211
9.1.7	Filtro 02, F-02.	218
9.1.8	Secador 02, S-02.	221
9.1.9	Recirculación.	225
9.1.10	Mezclador 03, M-03.	227
9.1.11	Tanque pulmón 01, T-01.	234
9.1.12	Filtro 03, F-03.	236
9.1.13	Liofilizador 01, L-01	240
9.1.14	Columna de destilación, C-01.	241
9.1.15	Mezclador 04, M-04.	250
9.1.16	Intercambiador de calor, H-01.	252
9.1.17	Tanque pulmón 02, T-02.	256
9.2	Anexos de Diseño de equipos.	258
9.2.1	Reactor enzimático, R-02.	258
9.2.2	Secador 1, S-01.	276
9.2.3	Reactor de pretratamiento de vapor, R-01.	280

9.2.4	Mezclador 01, M-01.	287
9.2.5	Filtro 01, F-01	291
9.2.6	Mezclador 02, M-02.	295
9.2.7	Filtro 02, F-02.	299
9.2.8	Secador 02, S-02	300
9.2.9	Mezclador 03, M-03.	302
9.2.10	Tanque pulmón, T-01.	304
9.2.11	Filtro 3, F-03.	306
9.2.12	Liofilizador 01, L-01.	313
9.2.13	Columna de destilación 01, C-01.	315
9.2.14	Mezclador 04, M-04.	325
9.2.15	Intercambiador de calor 01, H-01.	327
9.2.16	Tanque pulmón 02, T-02.	333
9.2.17	Tanque almacenamiento 1, TK-1.	335
9.2.18	Tanque almacenamiento 2, TK-02.	336
9.2.19	Tanque almacenamiento 3, TK-03.	337
9.2.20	Tanque almacenamiento 4, TK-04.	338
9.2.21	Tanque almacenamiento 5, TK-05.	340
9.3	Anexo de cálculo de tuberías.	342
9.4	Anexos de cálculo de bombas.	352
9.5	Anexo de abastecimiento	374
9.5.1	Consideraciones iniciales.	374
9.5.2	Cálculo de las necesidades de agua en el proceso.	374
9.5.3	Necesidades de agua fría.	377
9.5.4	Necesidades de agua caliente.	378
9.5.5	Dimensionado de las redes de distribución	378
9.5.6	Dimensionado de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace.	386
9.5.7	Dimensionado de las redes de ACS	388
9.5.8	Dimensionado de la cámara contador general.	390
9.5.9	Cálculo del grupo de presión	391
	BIBLIOGRAFIA.	394

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Las industrias del café soluble generan grandes cantidades de poso de café, un residuo generado en el proceso de producción del café soluble. Los últimos datos consultados reportan que las empresas generan unos seis millones de toneladas al año.

El proyecto permitirá convertir un residuo en un subproducto, generando las siguientes ventajas:

- Evitar problemas ambientales que pueden generar estos residuos al ser vertidos al medio.
- Interés económico de la empresa creadora de los posos, ya que se podrían generar nuevos productos al mercado y comercializar con ellos a partir de una materia que no aportaba nada.

El producto final del proyecto será la generación de nutraceuticos. De los posos del café se pueden diferentes tipos de subproductos como puede ser el caso de biocombustibles, esto es debido a las características de ellos.

La elección de estos subproductos frente a otros se debe al mayor conocimiento del sector de la alimentación de las empresas productoras de poso en relación a otros sectores como el de la energía.

Este producto en la actualidad presenta unas características muy demandadas en muchos tipos de alimentos debido a que generan al alimento unas características prebióticas que están en auge en el sector.

2. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la elaboración de nutracéuticos a partir de los posos del café, más concretamente mananoligosacáridos de cadena corta.

El estudio de estos tratamientos, se encuentra aún en una fase muy temprana, lo que hace la idea más lógica la creación de una empresa asociada a otra una gran empresa generadora de posos a la cual se le pueden tratar sus residuos y vendérselos tratados para que ellos los comercialicen, la idea de negocio se muestra en la **Figura 1**.

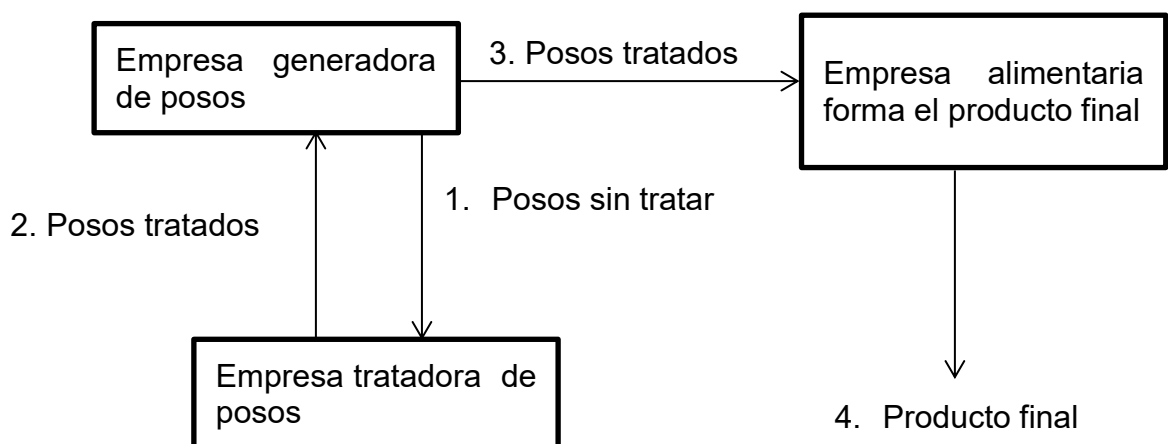


Figura 1 Esquema de la idea de trabajo.
Fuente: Elaboración propia

Esta asociación empresarial permite un beneficio para las tres empresas involucradas y un mayor respaldo económico para las posibles mejoras de los tratamientos.

La localización de la planta será en el polígono industrial de la localidad Venta de Baños, que se encuentra en la provincia de Palencia y está asentada en Castilla y León. En este polígono se encuentra una de las empresas de café soluble más importante del país, PRODUCTOS SOLUBLES S.A y en la misma provincia que SEDA OUTSPAN IBERIA SL.

En este polígono también se encuentra empresas alimentarias a las que poder vender el producto destacando la empresa de GALLETAS SIRO SA.

Un acuerdo comercial entre las empresas de EMPRESA CAFETERA 2017, EMPRESA GALLETERA 2017 según la **Figura 1**, permitiría ahorrar grandes costes de transporte y de mantenimiento.

3. TAMAÑO DEL PROYECTO.

El tamaño del proyecto dependerá de la empresa suministradora, EMPRESA CAFETERA 2017 es una de las tres empresas más importantes del sector de cafés solubles, luego se tomará su porcentaje 27% de producción de posos.

Como la producción de café soluble es más global que el mercado de los nutracéuticos que es más restrictivo, se opta por tratar el 5% de su producción, lo que supone unas 180 toneladas al año.

Esto supone que se genera unas 7.8 toneladas de producto final lo que supone una cantidad considerable para su objetivo final de aditivo alimentario.

La empresa no contará con competencias debido a que las únicas empresas generadoras de MOS, obtienen un MOS de peor calidad y de subproducto que utilizan para complemento alimentario de animales. Mientras que el resto de prebióticos trabajan enfocados más en el sector farmacéutico.

La pequeña cantidad de aditivo en los alimentos comunes y su competencia con productos farmacéuticos similares, hace que su precio sea competente en un rango de 400 a 500 euros.

La materia prima de entrada al proceso presentará durante todo el año una composición homogénea del 50% de humedad, esta será recibida de la empresa anexa con el compromiso que la composición no varié.

La primera etapa del proceso consiste en un secado, donde se reduce la humedad del poso de un 50% a un 10% de humedad, para realizar este secado se utilizará aire caliente. El poso será transportado desde su silo de almacenamiento mediante el uso de trasportador de rosca.

Cuando se ha producido el secado requerido, se inicia la segunda etapa, que es el tratamiento de vapor. Ésta es realizada en un reactor a presión, en el que se introduce vapor a presión de 30 bares mediante tuberías, procedente de la caldera acuotubular en las dependencias de servicios auxiliares.

En este tratamiento se solubilizan los carbohidratos mediante perturbación de la estructura física y química de los posos, también puede solubilizar los no hidratos de carbonos, a la salida del reactor y realizada su expansión se encuentran dos productos una de compuestos insolubles en agua y otro solubilizado.

Los productos solubilizados se encontraran polisacáridos de cadena larga, no utilizables para el producto final, con el resto de compuestos no hidrocarbonados y se almacenaran para ser posteriormente recogidos.

Los compuestos insolubles pasaran a la siguiente etapa del proceso, cuya función es eliminar por completo los restos de compuestos solubles de los insolubles. Para completar tal fin, sea estos compuestos se le añade agua, y

mediante agitación se separan estos restos, otra consecuencia es la disminución de la temperatura.

A la salida del mezclador, la corriente líquida formada y que contiene sólidos permite cargar el filtro, el cual finalmente será el encargado de separar los restos que quedaban de compuestos insolubles. La corriente líquida generada se almacenará en depuración para ser posteriormente recogida, mientras el sólido se cargara al reactor enzimático.

Para iniciar el reactor enzimático, antes se necesita de una etapa previa que consiste en la formación del tapón citrato. Éste se formará en un mezclador en el que mediante agitación de una mezcla de agua a 60°C, ácido cítrico y citrato sódico se conseguirá un pH de 4,8 y 50Mm.

Con la formación del buffer, se inicia la etapa del reactor enzimático, en el que se carga el sólido insoluble, la mezcla generada en el buffer, las enzimas y azida de sodio.

Las enzimas son Endo- β -1,4,D-mannanase y la Cellulase, las cuales permitirán la hidrolisis del poso de café y la formación de mananoligosacáridos, la formación del buffer permite que ellas trabajen en las condiciones óptimas y asegurando su funcionamiento.

La azida de sodio se utiliza para evitar la contaminación microbiológica.

Con el reactor cargado se inicia el sistema de agitación, el reactor es de mezcla perfecta, durante su funcionamiento no se producirá variación de temperatura, debido a que la reacción de hidrolisis se considera que no es exotérmica ni endotérmica.

El resultado final es la formación de mananoligosacáridos solubles de cadenas cortas entre 2 y 5.

A la salida del reactor se vuelve a someter a filtrado la mezcla, esta vez se produce la separación de los compuestos de peso soluble del resto de compuestos incluidos los MOS.

El sólido filtrado posee un poder calorífico interesante para la formación de pellets de biomasa, así que se llevará al secador, que otra vez junto aire caliente reduce su humedad y lo hace apto para su uso como biomasa.

La parte líquida que cuenta con los MOS insolubles, trabajará en discontinuo y con recirculación para evitar costes excesivos de etanol y optimizar económicamente el proceso.

El líquido que sale del filtro se tratará con 80% v/v de etanol para poder solubilizar MOS formados, esta operación ocurrirá en el Mezclador 03, en el mediante agitación se consigue esta precipitación.

Esta corriente pasara a un tanque pulmón que será el encargado de pasar el proceso de discontinuo a continuo, en él se producirá agitación también para mantener o intentar mejorar la precipitación del equipo anterior.

En el tanque pulmón se produce una salida continua que irá a un filtro rotatorio que trabaja en continuo, este permite separar el producto de la empresa, los MOS del resto de la mezcla líquida.

El sólido formado operará en un Liofilizador que permitirá reducir la humedad de éste, mientras que la corriente líquida con gran contenido de etanol se procederá a devolver al proceso mediante una serie de operaciones.

La primera operación será una columna de destilación de relleno, donde se puede considerar que se produce una destilación binaria etanol- agua, en ella mediante calor se consigue obtener un destilado que se recirculará al proceso y un residuo del que se aprovechará su calor para calentar partes necesarias en la planta.

Las pérdidas de residuo, hacen necesario mezclar el destilado con etanol, este se obtendrá de empresas que obtienen etanol como residuo, lo que abarata el precio de comprar un etanol puro, esta mezcla ocurre en un mezclador puro consiguiendo un porcentaje que en la recirculación obtener el Mezclador 03 la fracción volumétrica deseada.

La ventaja de la columna de obtener una corriente líquida a gran temperatura, como es el residuo permite utilizarla para calentar el agua del buffer, para ello se

utilizará un intercambiador, ahorrándose el coste energético que supondría calentar esa agua.

Finalmente el residuo con una temperatura reducida se almacenará para que la empresa encargada de su recogida se la lleve, evitando la contaminación del medio de etanol.

4.1 Balances de materia y energía globales y a cada unidad de operación.

4.1.1 Composición química de la materia prima.

Para la realización de un correcto balance de materia y energía es primordial, conocer la composición química de la materia prima, especialmente este proceso donde hay una materia prima principal.

La procedencia de esta materia prima procede del residuo de la planta de tratamiento anexa, y su composición queda detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Composición química del poso de café

Glucosa,%	12,09
Manosa,%	12,33
Arabinosa,%	0,64
Galactosa, %	1,08
No carbohidratos, %	22,42
Otros, %	1,44
Agua, %	50,00
Total %	100,00

Fuente: (Chiyanzu et al, 2014), Elaboración propia.

La **Tabla 1** indica la presencia de compuestos carbohidratos de cadena larga, en el proceso se llevará a cabo la reducción de estos y la eliminación de compuestos que perjudiquen la formación de MOS.

4.1.2 Equipos discontinuos.

En este apartado se llevará a cabo el resumen de los balances de los equipos discontinuos, para un seguimiento sencillo de los cálculos en éste apartado se recogerán tablas resumen y Figuras del equipo y en el **Anexo 9.1** se detallarán los cálculos.

4.1.3 Balances de materia y energía.

Para la realización de los balances de materia y energía se realizarán cálculos de cada equipo uno a uno.

Los balances de materia se realizarán basándose en la ley de conservación de la materia y los balances de energía se basaran en la ecuación de las entalpías, para ambos se procederá los cálculos de esta forma.

$$\text{ENTRADA} - \text{SALIDA} = \text{ACUMULACIÓN}$$

Las unidades que presentan las variables serán las siguientes:

- Entalpías de las corrientes, kJ/kg.
- Caudal másico de las corrientes, kg/día.

- Temperatura de las corrientes, °C.
- Presión de las corrientes, bar.

Para tener una visión sobre los parámetros conocidos y los que se deben calcular en cada balance, se representa una figura del equipo para facilitar el seguimiento del cálculo.

4.1.3.1 Secador. S-01.

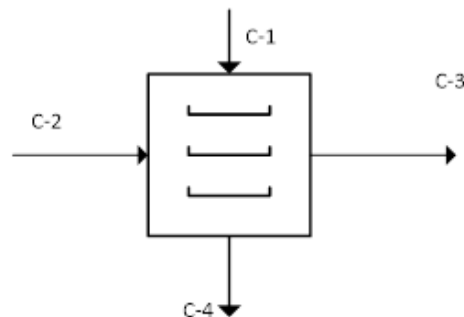


Figura 3. Secador, S-01
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resumen de las propiedades de cada corriente del Secador (S-01).

	S-01	C-1	C-2	C-3	C-4
Caudal Total (Kg/día),m	500,00	489,09	711,31	277,78	
Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	250,00	-	-	250,00	
Caudal Agua (Kg/día), m ₂	250,00	3,91	226,13	27,78	
Caudal Aire seco (Kg/día) m ₃	-	485,18	485,18	-	
T (°C)	20,00	95,00	40,00	35,00	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00	
H(KJ/Kg)	55,54	97,82	80,69	65,58	
Fracción Másica	Poso seco x ₁	0,50	-	-	0,9000
	Agua x ₂	0,50	0,008	0,318	0,10
	Aire seco, x ₃	-	0,992	0,682	-

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2 Reactor pretratamiento, R-01.

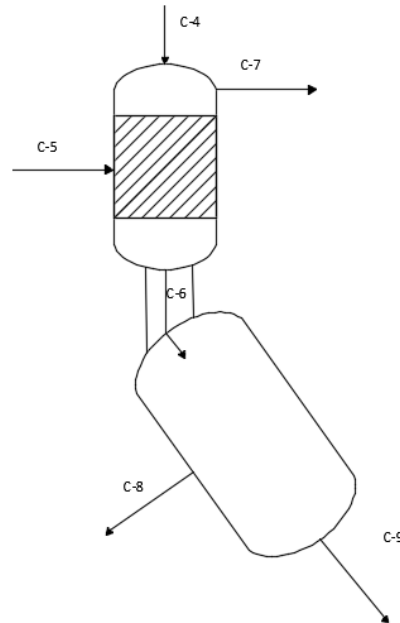


Figura 4. Reactor de pretratamiento de vapor; R-01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resumen de las propiedades de cada corriente de (R-01).

	R-01	C-4	C-5	C-6	C-7	C8	C-9
	Caudal Total (Kg/día),m	277,78	38,49	316,01	0,26	60,62	255,40
	Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	250,00	-	250,00		16,43	233,58
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	27,78	-	66,01		27,28	27,28
	Caudal vapor saturado (Kg/día) m ₄	-	38,49	-	0,26	11,46	-
	T (°C)	35,00	233,89	190,00	233,89	99,62	99,62
	P (bar)	1,00	30,00	30,00	30,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	65,58	1.794,97	372,64	1.794,97	767,82	164,59
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,90	-	0,791	-	29,78	89,54
	Agua x ₂	0,10	-	0,209	-	49,45	10,46
	Vapor de agua x ₄	-	1,00	-	1,00	20,78	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resumen de la composición química de la corriente 8 y 9.

Poso	C-8	C-9
Total	16,43	233,58
Porcentajes	Glucosa	11,22
	Manosa	58,19
	Arabinosa	7,38
	Galactosa	5,60
	Otros	17,61
	Glucosa	1,84
	Manosa	9,56
	Arabinosa	1,21
	Galactosa	0,92
	Otros	2,89
	C-8	C-9
	16,43	233,58
	11,22	25,08
	58,19	22,31
	7,38	0,85
	5,60	1,93
	17,61	49,83
	1,84	58,58
	9,56	52,12
	1,21	1,99
	0,92	4,51
	2,89	116,38

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3 Mezclador 01, M-01.

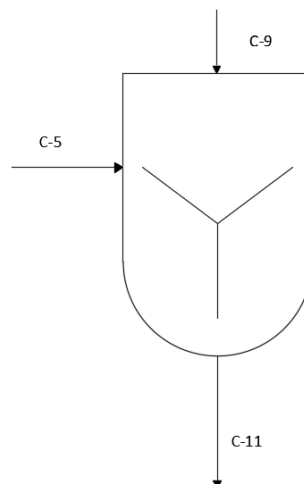


Figura 5. Mezclador 01; M-01
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-01).

	M-01	C-9	C-10	C-11
	Caudal Total (Kg/día),m	260,85	1.200,00	1.460,85
	Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	233,58	-	233,58
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	27,28	1.200,00	1.227,28
	T (°C)	99,62	20,00	26,30
	P (bar)	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	164,59	83,66	98,11
Fracción Másica	Poso seco x ₁	0,895	-	0,160
	Agua x ₂	0,105	1,00	0,840

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.4 **Filtro 01, F-01**

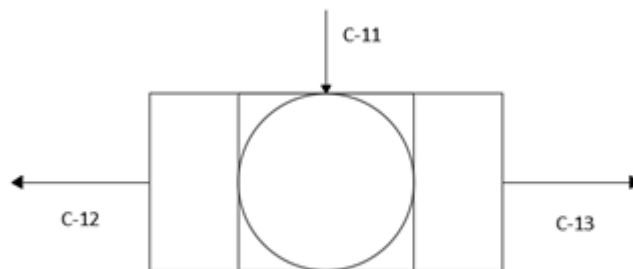


Figura 6. Filtro 01; F-01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-01).

	F-01	C-11	C-12	C-13
	Caudal Total (Kg/día),m	1.460,85	1.210,56	250,29
	Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	233,58	1,83	231,75
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	1.227,28	1.208,74	18,54
	T (°C)	26,30	26,30	26,30
	P (bar)	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	98,11	109,89	41,15
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,16	0,002	0,926
	Agua x ₂	0,84	0,998	0,074

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.5 Mezclador 02, M-02.

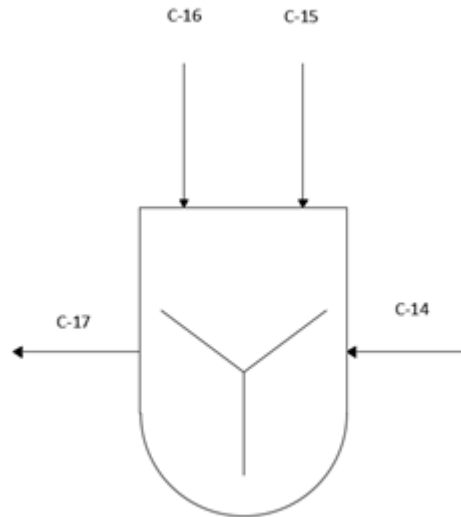


Figura 7. Mezclador 2; M-02.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-02)

M-02		C-14	C-15	C-16	C-17
Caudal Total (Kg/día),m		3.932,80	40,99	1,44	3.975,23
Caudal Agua (Kg/día), m ₂		3.932,80	-	-	3.932,80
Caudal de ácido cítrico(Kg/día), m ₅		-	40,99	-	40,99
Caudal de citrato sódico (Kg/día), m ₆		-		1,44	1,44
T (°C)		60,00	20,00	20,00	60,00
P (bar)		1,00	1,00	1,00	1,00
Fracción másica	Agua x ₂	1,00	-	-	0,990
	Ácido cítrico x ₅	-	1,00	-	0,010
	Citrato sódico, x ₆		-	1,00	TRAZAS

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.6 Reactor enzimático 02, R-02.

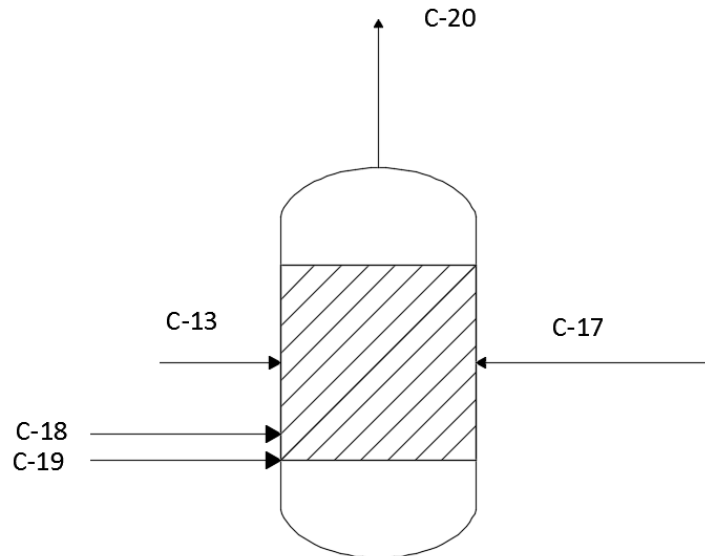


Figura 8. Reactor enzimático; R-02.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resumen de las propiedades de cada corriente de (R-02)

	R-02	C-13	C-17	C-18	C-19	C-20
Caudal Total (Kg/día) ,m	250,29	3.975,23	2,55	0,05	4.228,12	
Caudal Poso, (Kg/día) ,m ₁	231,75	0,00	-	-	231,75	
Caudal Agua (Kg/día) ,m ₂	18,54	3.932,80	-	-	3.951,34	
Caudal de Ácido cítrico (Kg/día) ,m ₅	-	41,00	-	-	41,00	
Caudal citrato sódico (Kg/día) ,m ₆	-	1,44	-	-	1,44	
Caudal mananasa, (Kg/día) ,m ₇	-	-	1,28	-	1,28	
Caudal de celulasa (Kg/día) ,m ₈	-	-	1,28	-	1,28	
Caudal de azida (Kg/día) ,m ₉	-	-	-	0,05	0,05	
P(bar)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
T (°C)	26,30	60,00	20,00	20,00	60,00	
Fracción másica	Poso , x ₁	0,926	-	-	-	0,055
	Agua , x ₂	0,074	0,989	-	-	0,935
	Ácido cítrico , x ₅	-	0,010	-	-	0,01
	Citrato sódico , x ₆	-	TRAZAS	-	-	TRAZAS
	Mananasa , x ₇	-	-	0,50	-	TRAZAS
	Celulasa , x ₈	-	-	0,50	-	TRAZAS
	Azida , x ₉	-	-	-	1,00	TRAZAS

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Composición del poso en C-20.

Poso	Soluble	Insoluble	Total	
Total	25,69	205,69	231,65	
Porcentaje	Glucosa	-	28,33	25,19
	Manosa	100,00	12,31	22,03
	Arabinosa	-	0,90	0,80
	Galactosa	-	2,14	1,90
	Otros	-	56,33	50,08
	Glucosa	-	58,35	58,35
	Manosa	25,69	25,35	51,03
	Arabinosa	-	1,85	1,85
	Galactosa	-	4,40	4,40
	Otros	-	116,01	116,01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Composición del poso en C-20.

Poso	Soluble	
Total	25,69	
Porcentaje	MOS 2	84,44
	MOS 3	5,58
	MOS 4	4,69
	MOS 5	5,29
	MOS 6	-
	MOS 2	21,69
	MOS 3	1,43
	MOS 4	1,20
	MOS 5	1,36
	MOS 6	-

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.7 Filtro 02. F-02

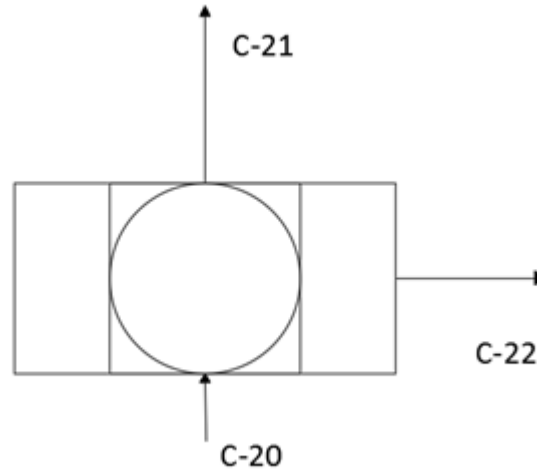


Figura 9. Filtro 02; F-02
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-02).

F-02		C-20	C-21	C-22
Caudal Total (Kg/día) ,m		4.225,62	243,90	3.984,23
Caudal Poso, (Kg/día) ,m ₁		231,75	206,06	25,69
Caudal Agua (Kg/día) ,m ₂		3.951,34	37,84	3.913,50
Caudal de Ácido cítrico (Kg/día) ,m ₅		41,00	-	41,00
Caudal citrato sódico (Kg/día) ,m ₆		1,44	-	1,44
Caudal mananasa, (Kg/día) ,m ₇		1,28	-	1,28
Caudal de celulasa (Kg/día) ,m ₈		1,28	-	1,28
Caudal de azida (Kg/día) ,m ₉		0,05	-	0,05
P(bar)		1,00	1,00	1,00
T (°C)		60,00	60,00	60,00
Fracción másica	Poso , x ₁	0,055	0,845	0,64
	Agua , x ₂	0,935	0,155	98,22
	Ácido cítrico , x ₅	0,01	-	1,03
	Citrato sódico , x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Mananasa, x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa , x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida , x ₉	TRAZA	-	TRAZA

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.8 Secador 02, S-02.

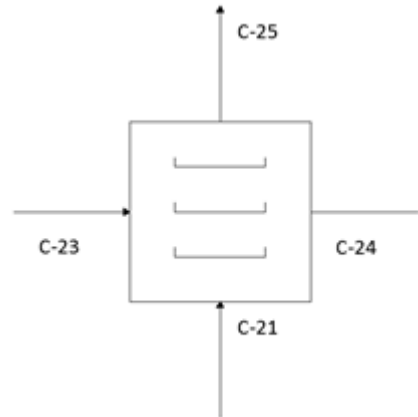


Figura 10. Secador, S-02
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resumen de las propiedades de cada corriente del Secador (S-02).

S-02		C-21	C-23	C-24	C-25
Caudal Total (Kg/día),m		243,90	165,68	199,28	210,30
Caudal Poso seco (Kg/día), m_1		206,06	-	-	206,06
Caudal Agua (Kg/día), m_2		37,80	1,33	34,92	4,21
Caudal Aire seco (Kg/día) m_3		-	164,36	164,36	-
T (°C)		60,00	95,00	40,00	80,00
P (bar)		1,00	1,00	1,00	1,00
H(KJ/Kg)		61,81	97,82	93,82	59,85
Fracción Másica	Poso seco x_1	0,845	-	-	0,98
	Agua x_2	0,155	0,008	0,175	0,02
	Aire seco, x_3	-	0,992	0,824	-

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.9 Mezclador 03, M-03.

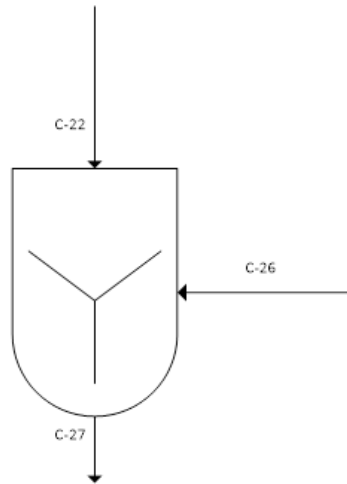


Figura 11. Mezclador-03, M-03
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-03).

	M-03	C-22	C-26	C-27
Caudal Total (Kg/día), m	3.984,226	25.889,546	29.873,772	
Caudal Poso, m_1	25,690	-	25,690	
Caudal Agua (Kg/día), m_2	3.913,500	3.365,641	7.279,141	
Caudal de Ácido cítrico, m_5	40,995	-	40,995	
Caudal citrato sódico, m_6	1,441	-	1,441	
Caudal mananasa, m_7	1,275	-	1,275	
Caudal de celulsasa, m_8	1,275	-	1,275	
Caudal de azida, m_9	0,050	-	0,050	
Caudal etanol, m_{10}	-	22.523,905	22.523,905	
P(bar)	1,000	1,000	1,000	
T (°C)	60,000	60,000	60,00	
H(KJ/Kg)	250,959	160,00	172,12	
Fracción másica	Poso seco, x_1	0,006	-	TRAZA
	Agua x_2	0,982	0,13	0,244
	Ácido cítrico x_5	0,010	-	0,001
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa, x_7	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa, x_8	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio, x_9	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x_{10}	-	0,87	0,754

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Porcentaje de precipitación de MOS

Tipo de MOS	Porcentaje de Precipitación
MOS 2	77
MOS 3	90
MOS 4	95
MOS 5	100

Fuente: Elaboración propia. (Kenny, F.J, 2010)

Tabla 9.15 Características MOS, generados en R-02.

	Poso	Soluble	Insoluble	Total
	Total	20,487	5,192	25,69
Caudales (Kg/día)	MOS 2	16,70	4,989	21,69
	MOS 3	1,287	0,143	1,43
	MOS 4	1,14	0,06	1,20
	MOS 5	1,36	0,00	1,36
Porcentaje	MOS 2	81,51	96,10	84,46
	MOS 4	6,28	2,75	5,57
	MOS 3	5,56	1,16	4,67
	MOS 5	6,64	0,00	5,30

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Equipos continuos.

4.1.4.1 Tanque pulmón, T-01.

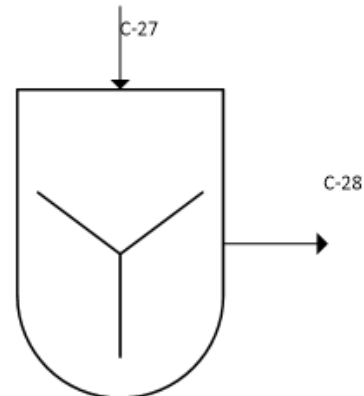


Figura 12 Tanque pulmón-01, T-01
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Resumen de las propiedades de cada corriente de (T-01).

	T-01	C-27	C-28
	Caudal Total (Kg/día), m	29.873,772	29.873,772
	Caudal Poso, m_1	25,690	25,690
	Caudal Agua (Kg/día), m_2	7.279,141	7.279,141
	Caudal de Ácido cítrico, m_5	40,995	40,995
	Caudal citrato sódico, m_6	1,441	1,441
	Caudal mananasa, m_7	1,275	1,275
	Caudal de celulasa, m_8	1,275	1,275
	Caudal de azida, m_9	0,050	0,050
	Caudal etanol, m_{10}	22.523,905	22.523,905
	P(bar)	1,000	1,000
	T (°C)	60,00	60,00
	H(KJ/Kg)	172,12	172,12
Fracción másica	Poso seco, x_1	TRAZA	TRAZA
	Agua x_2	0,244	0,244
	Ácido cítrico x_5	0,001	0,001
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	TRAZA
	Mananasa, x_7	TRAZA	TRAZA
	Celulasa, x_8	TRAZA	TRAZA
	Azida de sodio, x_9	TRAZA	TRAZA
	Etanol, x_{10}	0,754	0,754

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2 Filtro 03, F-03.

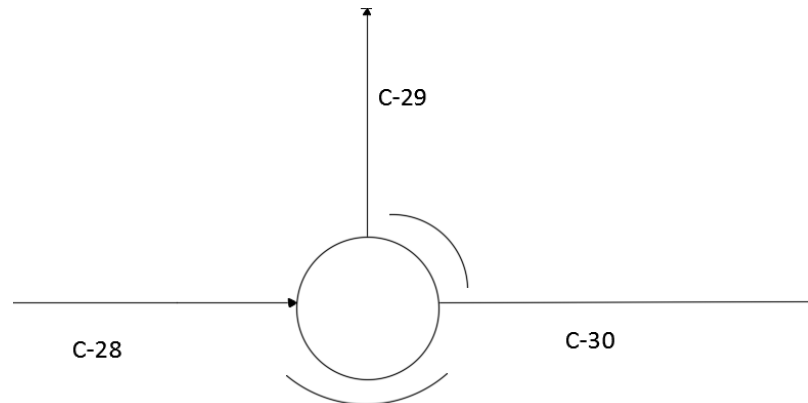


Figura 13 Filtro-03, F-03
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-03).

	F-03	C-28	C-29	C-30
	Caudal Total (Kg/día),m	29.873,772	24,584	29.849,187
	Caudal de poso seco, m_1	25,690	20,487	5,203
	Caudal de agua, m_2	7.279,141	2,0487	7.277,092
	Caudal de Ácido cítrico , m_5	40,995	-	40,995
	Caudal de citrato sódico , m_6	1,441	-	1,441
	Caudal de mananasa , m_7	1,275	-	1,275
	Caudal de celulasa , m_8	1,275	-	1,275
	Caudal de azida de sodio, m_9	0,050	-	0,050
	caudal de etanol, m_{10}	22.523,905	2,0487	22.521,856
	T (°C)	60,00	60,00	60,00
	P (bar)	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	172,12	101,11	171,71
Fracción másica	Poso seco, x_1	TRAZA	0,833	TRAZA
	Agua x_2	0,244	0,083	0,244
	Ácido cítrico x_5	0,001	-	0,001
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa, x_7	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa, x_8	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio , x_9	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x_{10}	0,754	0,083	0,754

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3 Liofilizador 01, L-01.

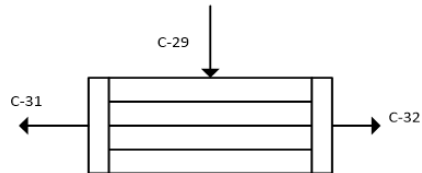


Figura 14. Liofilizador, L-01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resumen de las propiedades de cada corriente de (L-01).

	L-01	C-29	C-31	C-32
Caudal Total (Kg/día),m	24,584	3,019	21,565	
Caudal de poso seco, m_1	20,487	-	20,487	
Caudal de agua, m_2	2,049	1,509	0,539	
caudal de etanol, m_{10}	2,049	1,509	0,539	
T (°C)	60,00	12,00	12,00	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	
H(KJ/Kg)	101,11	39,75	16,79	
Fracción másica	Poso seco, x_1	0,833	-	0,95
	Agua x_2	0,083	0,50	0,02
	Etanol, x_{10}	0,083	0,50	0,02

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.4 Columna de destilación, C-01.

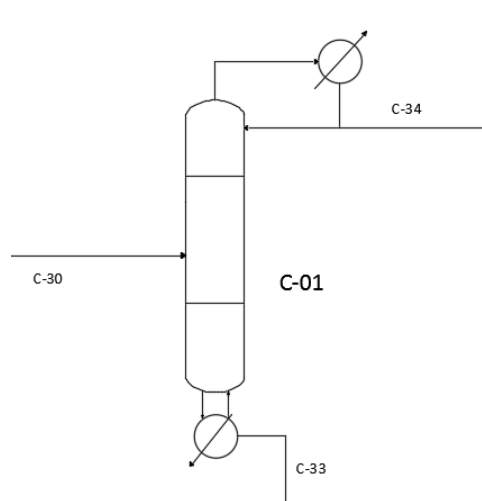


Figura 15. Columna de destilación, C-01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Resumen de las propiedades de cada corriente de (C-01).

	C-01	C-30	C-34	C-33
Caudal Total (Kg/día),m		29.849,19	21.792,245	8.056,94
Caudal de poso seco, m ₁		5,203	-	5,20
Caudal de agua, m ₂		7.277,0922	3.057,776	4.235,10
Caudal de Ácido cítrico , m ₅		40,995	-	40,995
Caudal de citrato sódico , m ₆		1,441	-	1,441
Caudal de mananasa , m ₇		1,275	-	1,275
Caudal de celulasa , m ₈		1,275	-	1,275
Caudal de azida de sodio, m ₉		0,05	-	0,05
Caudal de etanol, m ₁₀		22.521,856	18.734,468	3.788,311
T (°C)		60,00	78,35	81,72
P (bar)		1,00	1,00	1,00
H (KJ/Kg)		171,71	210,32	273,05
Fracción másica	Poso seco, x ₁	TRAZA	-	TRAZA
	Agua x ₂	0,244	0,140	0,526
	Ácido cítrico x ₅	0,001	-	0,005
	Citrato sódico, x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa, x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa, x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio , x ₉	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x ₁₀	0,754	0,857	0,470

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.5 Mezclador 04, M-04

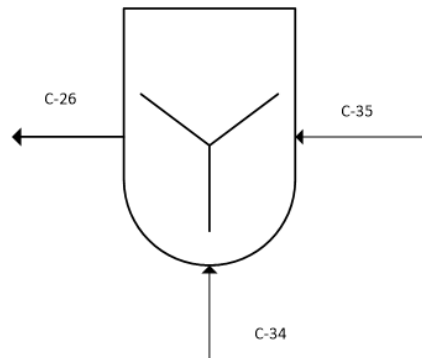


Figura 16. Mezclador-04, M-04
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.20 Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-04).

M-04	C-34	C-35	C-26
Caudal Total (Kg/día),m	21.792,24	4.097,30	25.889,55
Caudal de agua, m ₂	3.057,78	307,86	3.365,64
caudal de etanol, m ₁₀	18.734,47	3.789,44	22.523,29
T (°C)	78,35	42,00	60,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00
H(KJ/Kg)	210,32	107,77	160
Agua x ₂	0,14	0,08	0,13
Etanol, x ₁₀	0,86	0,92	0,87

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.6 Intercambiador de calor 01, H-01.

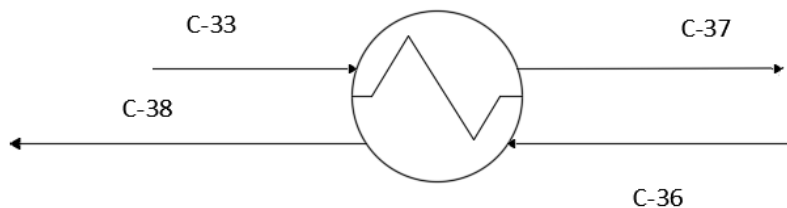


Figura 17 Intercambiador de calor 1; H-01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Resumen de las propiedades de cada corriente de (H-01).

	H-01	C-33	C-36	C-37	C-38
Caudal Total (Kg/día),m	8.056,94	3.932,80	8.056,94	3.932,80	
Caudal de poso seco, m_1	5,20	-	5,20	-	
Caudal de agua, m_2	4.235,10	3.932,80	4.235,10	3.932,80	
Caudal de Ácido cítrico , m_5	40,99	-	40,99	-	
Caudal de citrato sódico , m_6	1,44	-	1,44	-	
Caudal de mananasa , m_7	1,28	-	1,28	-	
Caudal de celulasa , m_8	1,28	-	1,28	-	
Caudal de azida de sodio, m_9	0,05	-	0,05	-	
caudal de etanol, m_{10}	3.788,31	-	3.788,31	-	
T (°C)	81,72	20,00	53,94	60,00	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00	
H (KJ/Kg)	273,075	83,62	221,21	250,86	
Fracción másica	Poso seco, x_1	TRAZA	-	TRAZA	-
	Agua x_2	0,525	1,00	0,525	1,00
	Ácido cítrico x_5	0,005	-	0,005	-
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	-	TRAZA	-
	Manansa, x_7	TRAZA	-	TRAZA	-
	Celulasa, x_8	TRAZA	-	TRAZA	-
	Azida de sodio , x_9	TRAZA	-	TRAZA	-
	Etanol, x_{10}	0,470	-	0,470	-

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.7 Tanque pulmón, 2- T-02.

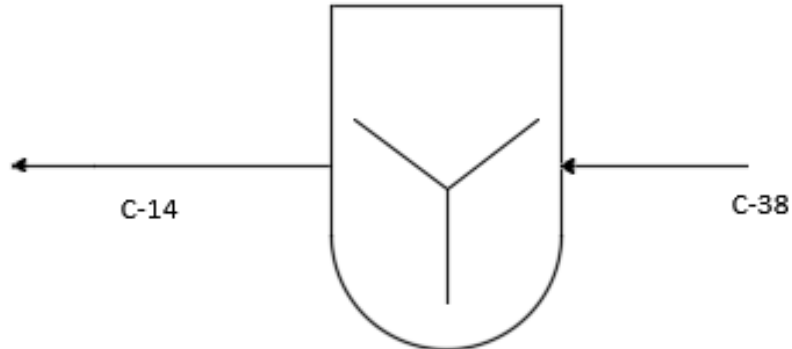


Figura 18 Tanque pulmón 2, T-02
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Resumen de las propiedades de cada corriente de (T-02).

	T-02	C-38	C-14
Caudal Total (Kg/día),m		3.932,80	3.932,80
Caudal de agua,m ₂		3.932,80	3.932,80
T (°C)		60,00	60,00
P (bar)		1,00	1,00
H (KJ/Kg)		250,86	250,86
Fracción másica			
	Agua x ₂	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

4.2 Balance de materia global.



Figura 19. Balance de materia global al sistema del proceso.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Resumen del balance de materia global.

Corrientes	Caudal Total (Kg/día),m	Corrientes	Caudal Total (Kg/día),m
C-1	500	C-3	711,31
C-2	489,09	C-7	0,26
C-5	38,49	C8	60,62
C-10	1205,45	C-12	1.210,56
C-15	40,99	C-24	199,28
C-16	1,44	C-25	210,3
C-18	2,55	C-31	3,019
C-19	0,05	C-32	21,565
C-23	165,68	C-37	8.056,40
C-35	4.097,30		
C-36	3.932,80		
C- Entrada	10.473,84	C-Salida	10.473,314

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 23** se aprecia que las corrientes y entradas son prácticamente iguales, las diferencias pueden deberse a errores de redondeo.

4.3 Diagrama de flujo del proceso.

En los planos de la memoria viene el plano de diagrama de flujo.

5. DISEÑO DE EQUIPOS.

Se procederá al diseño de los equipos, en este apartado se recogerán las Tablas resumen, mientras que en anexo se procederá al desarrollo de estos.

El material que se va a utilizar para para mezcladores y reactores principalmente será el acero AISI 304, este es el más utilizado en la Ingeniería Química y no presenta problemas de corrosión para ningún equipo ni condiciones de funcionamiento.

5.1 Cálculo y diseño detallado de reactor enzimático.

El equipo que se realizará en detalle será el reactor enzimático, el diseño detallado se realizará en el **Anexo 9.2.1** y se podrá visualizar en el plano de diseño del equipo en el Anexo.

A continuación se detallan las tablas resumen del equipo.

Tabla 24 Resumen del diseño mecánico del Reactor 02 (R-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,355
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento ,h	18
Horario funcionamiento	14:30 a 8:30
Tiempo de carga, h	0,8
Tiempo de descarga, h	1
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,788
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,791
Altura efectiva, m	1,788
Altura total, m	2,33
Volumen efectivo, m ³	4,49
Volumen total, m ³	5,837
Espesores	
Espesor pared, mm	2,878
Espesor fondo superior, mm	3,165
Espesor fondo inferior, mm	3,165
Pesos	
Peso pared ,Kg	297,88
Peso cabeza, Kg	19,435
Peso relleno, Kg	4.225,62
Equipo vacío, Kg	336,76
Equipo operación, Kg	4.562,38
Diseño del agitador	
D_t, m	1,788
D_a, m	0,596
H, m	1,788
J, m	0,149
E, m	0,596
W, m	0,119
L, m	0,149
Tipo de Agitación	Severa para suspensiones
Potencia, KW	8,98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resumen del diseño energético del Reactor 02 (R-02)

Calor perdido sin sistema de calefacción	7.100 W
Temperatura final	34°C
Necesidad de sistema de aislamiento	Sí
Sistema de aislamiento	
Esesor aislamiento (fibra de vidrio)	9.7 cm
Resistencia de seguridad	7.100 W

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Selección justificada y/o diseño aproximado de aquellos equipos no diseñados en detalle.

5.2.1 Secador 01, S-01.

Tabla 26. Resumen del diseño del secador (S-01).

S-01	
Tiempo de funcionamiento, horas	3.12
Horario funcionamiento	5:00 /8:07
Funcionamientos al día	1
Capacidad de evaporación, Kg/h m ²	1,5
Área requerida, m ²	48,32
Modelo	TR3-66
Número de carros	3
Número de Bandejas por carro	18
Tamaño de Bandejas, m	5,04 x 0,66
Espacio entre Bandejas, mm	25,4
Área, m ²	59,78

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Reactor pretratamiento de vapor, R-1.

Este equipo contará con 2 cámaras la de reacción y expansión.

Cámara de reacción:

Tabla 27. Resumen del diseño del reactor (R-01A).

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	34,52
Temperatura de diseño, °C	233,89
Tiempo funcionamiento, min	12
Horario funcionamiento	8:30-8:42
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,574
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,596
Altura efectiva, m	1,574
Altura total, m	2,093
Volumen efectivo, m ³	3,06
Volumen total, m ³	3,978
Espesores	
Espesor pared, mm	21,961
Espesor fondo superior, mm	23,907
Espesor fondo inferior, mm	23,907
Pesos	
Peso pared ,Kg	1.807,939
Peso cabeza, Kg	115,229
Peso relleno, Kg	316,27
Equipo vacío, Kg	2.038,397
Equipo operación, Kg	2.354,67

Fuente: Elaboración propia

El diseño energético será el encargado de suplir las pérdidas de calor con el siguiente sistema de calefacción.

Tabla 28. Diseño energético(R-01A).

Pérdidas	
Área cuerpo, m ²	10,349
Área cabeza, m ²	1,945
Área total, m ²	14,238
Flujo calor Q _{perdido} , W	23.628
Tiempo funcionamiento, min	12
Q, KJ	17.012
Características del fluido calefactor	
ΔH, KJ/Kg	1.794,97
P, bar	30,000
T, °C	233,89
m _{calefactor}	9,48 Kg

Fuente: Elaboración propia.

Cámara de expansión:

Tabla 29. Resumen del diseño de la cámara de expansión (R-01B).

Diseño Mecánico (R-01B)	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,1705
Temperatura de diseño, °C	99,63
Tiempo funcionamiento, min	12
Horario funcionamiento	8:42-8:45
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	2,940
$D_{ext\ cuerpo}, m$	2,943
Altura efectiva, m	2,940
Altura total, m	3,829
Volumen efectivo, m ³	19,96
Volumen total, m ³	25,948
Espesores	
Espesor pared, mm	3,246
Espesor fondo superior, mm	3,570
Espesor fondo inferior, mm	3,570
Pesos	
Peso pared, Kg	907,569
Peso cabeza, Kg	59,246
Peso relleno, Kg	316,27
Equipo vacío, Kg	1.026,06
Equipo operación, Kg	1.342,33

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Mezclador 01, M-01.

Tabla 30 Resumen del diseño mecánico del Mezclador 01 (M-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,292
Temperatura de diseño, °C	26,3
Tiempo funcionamiento, h	1,00
Horario de funcionamiento	9:05 a 10:05
Tiempo de carga, min	20
Tiempo de descarga, min	20
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,292
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,289
Altura efectiva, m	1,289
Altura total, m	1,681
Volumen efectivo, m ³	1,682
Volumen total, m ³	2,187
Espesores	
Espesor pared, mm	2,603
Espesor fondo superior, mm	2,863
Espesor fondo inferior, mm	2,863
Pesos	
Peso pared, Kg	140,152
Peso cabeza, Kg	9,140
Peso relleno, Kg	1.460,850
Equipo vacío, Kg	158,433
Equipo operación, Kg	1.619,283
Agitadores (tipo hélice)	
D_t, m	1,289
D_a, m	0,430
H, m	1,289
J, m	0,107
E, m	0,430
W, m	0,086
L, m	0,107
Tipo de potencia	Agitación severa para suspensiones
Potencia(KW)	3,36

Fuente: Elaboración propia

El diseño energético permite llegar a la conclusión de que no será necesario un sistema de asilamiento o calefacción.

5.2.4 Filtro 01, F-01.

Tabla 31. Resumen del diseño del Filtro 01 (F-01)

Filtro 01	
Tiempo de funcionamiento, horas	4
Tiempo de carga, horas	0,33
Funcionamientos al día	1
Horario funcionamiento	10:20 a 14:20
% LOD	30
J, flujo de filtrado, m ³ /m ² h.	0,2
Volumen efectivo, m ³	1,682
Volumen, m ³	2,187
Área, m ²	2,10
h efectiva, m	0,8
h, m	1,04
Espesor máximo de la torta, cm	15
Espesor de la torta formado, cm	14,25
Potencia, KW	0,1528

Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Mezclador 02, M-02.

Tabla 32. Resumen del diseño del Mezclador (M-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,357
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	6
Tiempo de carga, h	48 min
Tiempo de descarga, h	48 min
Horario funcionamiento	7:42 a13:42
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,724
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,727
Altura efectiva, m	1,724
Altura total, m	2,248
Volumen efectivo, m ³	4,025
Volumen total, m ³	5,233
Espesores	
Espesor pared, mm	2,848
Espesor fondo superior, mm	3,132
Espesor fondo inferior, mm	3,132
Pesos	
Peso pared ,Kg	274,087
Peso cabeza, Kg	17,882
Peso relleno, Kg	3.975,230
Equipo vacío, Kg	309,852
Equipo operación, Kg	4.285,082
Agitadores	
D_t, m	1,724
D_a, m	0,575
H, m	1,724
J, m	0,114
E, m	0,575
W, m	0,115
L, m	0,114
Tipo de potencia	Agitación severa para líquidos
Potencia(KW)	8,05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resumen del diseño energético de (M-02)

Calor perdido sin sistema de calefacción	6.601 W
Temperatura final	51,43°C
Necesidad de sistema de aislamiento	Sí
Sistema de aislamiento	
Espesor aislamiento (fibra de vidrio)	2.92 cm
Resistencia de seguridad	6.601 W

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Filtro 02, F-02.

Tabla 34 Resumen del diseño del Filtro 02 (F-02)

Filtro 02	
Tiempo de funcionamiento, horas	4
Tiempo de carga, horas	1
Funcionamientos al día	1
Horario funcionamiento	9:30 a 13:30
% LOD	30
J, flujo de filtrado, m ³ /m ² h.	0,2
Volumen efectivo, m ³	4,49
Volumen, m ³	5,837
Área, m ²	5,613
Área máxima, m ²	6,00
h efectiva, m	0,8
h, m	1,04
Espesor máximo de la torta, cm	15
Espesor de la torta formado, cm	3,95
Potencia, KW	0,4958

Fuente: Elaboración propia

5.2.7 Secador 02, S-02.

Tabla 35 Resumen del diseño del secador (S-02).

S-02	
Tiempo de funcionamiento, horas	3.12
Horario funcionamiento	14:30 /17:57
Funcionamientos al día	1
Capacidad de evaporación, Kg/h m ²	1,5
Área requerida, m ²	7,18
Modelo	TR1-66
Número de carros	1
Número de Bandejas por carro	18
Tamaño de Bandejas, m	1,68 x 0,66
Espacio entre Bandejas, mm	25,4
Área, m ²	19,93

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que se utilizará el mismo secador que en Secador 01, sólo que en este se usará solo un carro, esto genera una disminución de gasto de equipo considerable.

5.2.8 Mezclador 03, M-03.

Tabla 36 Resumen del diseño del Mezclador (M-03)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,491
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	1
Tiempo de carga, h	4
Tiempo de descarga, h	2
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,628
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,632
Altura efectiva, m	3,628
Altura total, m	4,725
Volumen efectivo, m ³	37,50
Volumen total, m ³	48,75
Espesores	
Espesor pared, mm	3,960
Espesor fondo superior, mm	4,355
Espesor fondo inferior, mm	4,355
Pesos	
Peso pared ,Kg	1.685,431
Peso cabeza, Kg	110,016
Peso relleno, Kg	29.873,77
Equipo vacío, Kg	1.905,463
Equipo operación, Kg	31.778,523
Sistema de Agitación	
D_t, m	3,628
D_a, m	1,209
H, m	3,628
J, m	0,302
E, m	1,209
W, m	0,242
L, m	0,302
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	56,25

Fuente: Elaboración propia

El diseño energético permite llegar a la conclusión de que no será necesario un sistema de asilamiento o calefacción.

5.2.9 Tanque pulmón 01- T-01.

Tabla 37. Resumen del diseño del Tanque pulmón (T-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,502
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Tiempo de carga, h	2
Tiempo de descarga, h	24
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,745
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,749
Altura efectiva, m	3,745
Altura total, m	4,877
Volumen efectivo, m ³	41,25
Volumen total, m ³	53,625
Espesores	
Espesor pared, mm	4,037
Espesor fondo superior, mm	4,440
Espesor fondo inferior, mm	4,44
Pesos	
Peso pared, Kg	1.831,117
Peso cabeza, Kg	119,527
Peso relleno, Kg	32.860,366
Equipo vacío, Kg	2.070,171
Equipo operación, Kg	34.930,537
Sistema de agitación	
Dt, m	3,745
Da, m	1,248
H, m	3,745
J, m	0,312
E, m	1,248
W, m	0,250
L, m	0,312
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	61,88

Fuente: Elaboración propia

5.2.10 Filtro 03, F-03.

Tabla 38. Resumen del diseño del Filtro 03 (F-03)

Diseño F-03		Final
Espesor mínimo de la torta, mm		6
Espesor de la torta, mm		7,5
Peso de torta seca por unidad de área y por ciclo, (W), Kg/m ² ciclo		10
Tiempo de formación de la torta, min		0,3
max. effective submergence, ciclo		0,3
tiempo de duración del ciclo, min/ciclo		1
F		0,764
Velocidad de filtración, Kg/díam ²		11.001,6
Caudal de entrada Kg/día		29.873,772
Área de filtración, m ²		2,61

Fuente: Elaboración propia

En este equipo se procede a buscar en catalogo equipos similares debido a la dificultad de realizarlo a medidas para ello se basará en el catálogo del Grupo TEFSA.

Tipo de filtro	Area filtrante	Diámetro del tambor	Anchura del tambor	Número de celdas	Longitud A	Anchura B	Altura C	Peso en servicio	Consumo energético
TSF	m ²	mm	mm		mm	mm	mm	Tm	Kw
5,1/5,5 5,2/1,55	0,25	520	155	16	1900	850	1000	0,5	0,5
9,2/2,5 9,2/5,0 9,2/7,5 9,2/10 9,2/15 9,2/20	0,72 1,45 2,15 4,3 5,8	920	250 500 750 1000 1500 2000	14	2050 2300 2550 2800 3300 3800	2050	1700	2,0 2,3 2,6 3,5 3,5 4,1	1,5
13,1/10 13,1/15 13,1/20 13,1/25 13,1/30	4 6 8 10 12	1310	1000 1500 2000 2500 3000	14	2900 3400 3900 4300 4700	2300	2000	3,5 4,5 5,5 6,5 7,5	3,0
20,9/15 20,9/20 20,9/20 20,9/30	10 13 16 19	2090	1500 2000 2500 3000	16	3500 4000 4500 5000	3700	2800	9,5 10,5 12,5 13,5	4,4
26,2/25 20,9/30 26,2/35 26,2/40	20 25 29 33	2620	2500 3000 3500 4000	20	4900 5400 5900 6400	4100	3500	17 19 21 23	6,0
31,4/30 31,4/35 31,4/40 31,4/45 31,4/50 31,4/55 31,4/60	30 35 40 45 50 55 60	3140	3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000	24	5400 5900 6400 6900 7400 7900 8400	4700	4000	24 27 30 33 36 39 42	8,0
36,6/60 36,6/65	69 75	3660	6000 6500	28	8250 9250	5700	4200	56 59	8,0
41,8/75	100	4180	7500	32	9850	6000	5300	68	11,0

Figura 20 Catalogo de filtros rotatorios a vacío Grupo TEFSA.

Fuente (Grupo TEFSA)

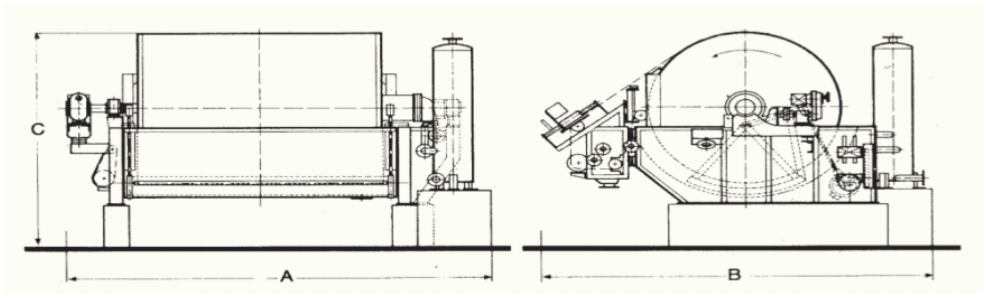


Figura 21 Dimensiones del catálogo Grupo TEFSA.
Fuente (Grupo TEFSA)

Tabla 39. Características Filtro 03 Catalogado (F-03)

Diseño F-03	Dimensiones
Tipo de filtro	9,2/10
Área filtrante, m ²	2,90
Diámetro del tambor, mm	920
Anchura del tambor, mm	1.000
Número de celdas	14
Longitud, mm	2.800
Anchura, mm	2.050
Altura, mm	1.700
Peso servicio, Tm	2,9
Consumo energético, Kw	1,5

Fuente: Elaboración propia

5.2.11 Liofilizador 01, L-01.

Tabla 40. Resumen del diseño del Liofilizador 1 (L-01)

Liofilizador 1	
Tiempo de funcionamiento, horas	15
Funcionamientos al día	1
% LOD	5
% LOD inicial	16,6
Espesor máximo de la torta, mm	25
Espesor de la torta formado, mm	15
Capacidad de sublimación, Kg	3,019
Máxima capacidad de sublimación, Kg	600
Área, m ²	1,246
Espesor de la torta formado, cm	15

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se puede ver en catálogo el Liofilizador cuyas características coincidan con el diseño para ello.

Tabla 41. Liofilizador catalogado CoolVacuum

CARACTERÍSTICAS	Unidades	Liolabor
Número de bandejas	Ud	4/5/6
Dimensiones de bandejas	mm	300 x 340 x 25
Área útil total	m ²	0,4/1.2
Interdistancia mínima	mm	70
Rango de temperatura en bandejas	°C	-60 a +80
Capacidad del condensador en 24 horas	Kg	10/15/30
Temp. final del condensador	°C	-80
Potencia eléctrica	kW	1500/4000
Alimentación	V/Hz	230/400
Caudal de la bomba de vacío	m ³ /h	9/12
Peso	Kg	700/1000
Dimensiones Ancho	mm	700/700
Alto	mm	1230/1400
Fondo	mm	850/850

Fuente: CoolVacuum.

5.2.12 Columna de destilación. C-01

Tabla 42. Resumen del diseño de la columna 1, (C-1)

Representación	Parámetros	Resultado	Unidades
D	Caudal de destilado	908,01	Kg/h
W	Caudal de residuo	336,10	Kg/h
x_D	Fracción molar etanol destilado	70,56	%
x_w	Fracción molar etanol residuo	25,92	%
N_{etapas}	Numero etapas	25	
$Q_{caldera}$	Calor caldera	3,09E+07	KJ/día
$Q_{condensador}$	Calor condensador	-2,87E+07	KJ/día
Etapa alimentación	Etapa de Alimentación	3,7841	
λ_ρ	Relación de flujo en el punto de Inundación	0,001058	-
$h_{L,FI}$	Líquido Retenido en el Punto de Inundación	0,06954	$m^3 m^{-3}$
h_L	Líquido Retenido basado en una columna vacía	0,066	$m^3 m^{-3}$
Dh	Diámetro Hidráulico del lecho empacado	0,0174	
dT	Diámetro de las gotas formadas	0,00181	m
$\mu_{V,FI}$	Velocidad del vapor en el Punto de Inundación	2,11	m/s
μ_v	Velocidad de vapor	1,69	m/s
As	Área de la Sección Transversal	0,394	m^2
d_s	Diámetro de la Columna Empacada	0,71	m
$F_{v,FI}$	Factor de Capacidad de Vapor en el Punto de Inundación	2,32	$\frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$
F_v	Factor de Capacidad de Vapor	1,85	$\frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$
μ_L	Determinación de la Carga Específica del Líquido	0,00177	$\frac{m^3}{m^2 h}$
Re_L	Número de Reynolds del Líquido	12,02	
dp	Diámetro de la Partícula	0,00137	m
K	Factor pared	0,975	
Rev	Número de Reynolds modificado de vapor	5.001	
$\frac{\Delta p_o}{H}$	Caída de Presión a través de una columna empacada irrigada	372,63	$\frac{Pa}{m}$
Δp_o	Caída de presión esperada	8.027,10	Pa
H	Altura de la Torre empacada	21,54	m
HETP	Height of Packing Equivalent to one Transfer Unit	0,71	m
Características del relleno anillos Pall			
D*H*δ	Dimensiones	25×25×0.5	mm
A	Área de la superficie específica	219	m^2/m^3
ε	Volumen vacío	0,95	
	Densidad aparente	393	Kg/m^3
	Cantidad de masa	51.940	n/m^3
	Factor de secado del empaque	255	m^{-1}

Fuente: Elaboración propia

5.2.13 Mezclador 4, M-4

Tabla 43 Resumen del diseño del Mezclador (M-04)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,471
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,492
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,488
Altura efectiva, m	3,488
Altura total, m	4,543
Volumen efectivo, m ³	33,325
Volumen total, m ³	43,323
Espesores	
Espesor pared, mm	3,858
Espesor fondo superior, mm	4,243
Espesor fondo inferior, mm	4,243
Pesos	
Peso pared ,Kg	1.518,090
Peso cabeza, Kg	99,093
Peso relleno, Kg	25.889,550
Equipo vacío, Kg	1.716,276
Equipo operación, Kg	27.605,826
Sistema de Agitación	
D_t, m	3,488
D_a, m	1,163
H, m	3,488
J, m	0,291
E, m	1,163
W, m	0,233
L, m	0,291
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	49,98

Fuente: Elaboración propia

Al llenarse en continuo no hará falta un sistema de calentamiento.

5.2.14 Intercambiador de calor 1, H-01.

Este intercambiador de calor será de carcasa y tubos en forma de U, éste será a contracorriente y presentará una relación 1:1.

Las características de este equipo se resumen en la **Tabla 44**.

Tabla 44 Resumen del diseño del Intercambiador (H-01)

H-01	
Área de intercambio (m ²)	0,556
Diámetro interior de tubos(mm)	14,83
Diámetro exterior de tubos(mm)	19,05
Longitud de los tubos (m)	5
Numero de tubos	2
Diámetro interior carcasa (mm)	144,88
Calor (KJ/día)	6,58 · 10 ⁵

Fuente; Elaboración propia.

5.2.15 Tanque pulmón 02, T-02.

Tabla 45 Resumen del diseño del Tanque pulmón (T-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,362
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,776
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,779
Altura efectiva, m	1,776
Altura total, m	2,315
Volumen efectivo, m ³	4,400
Volumen total, m ³	5,720
Espesores	
Espesor pared, mm	2,876
Espesor fondo superior, mm	3,164
Espesor fondo inferior, mm	3,164
Pesos	
Peso pared, Kg	293,768
Peso cabeza, Kg	19,167
Peso relleno, Kg	4.326,080
Equipo vacío, Kg	332,102
Equipo operación, Kg	4.658,182

Fuente: Elaboración propia

5.2.16 Tanque de almacenamiento 01, TK-01.

Tabla 46 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 01 (TK-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,260
Temperatura de diseño, °C	20
Cargas almacenadas	2
Material almacenada	Posos del café
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,230
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,233
Altura efectiva, m	1,230
Altura total, m	1,605
Volumen efectivo, m ³	1,462
Volumen total, m ³	1,901
Espesores	
Espesor pared, mm	2,561
Espesor fondo superior, mm	2,817
Espesor fondo inferior, mm	2,817
Pesos	
Peso pared, Kg	125,656
Peso cabeza, Kg	8,195
Peso relleno, Kg	1.000
Equipo vacío, Kg	142,045
Equipo operación, Kg	1.142,045

Fuente: Elaboración propia

5.2.17 Tanque de almacenamiento 02, TK-02.

Tabla 47 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 02 (TK-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,582
Temperatura de diseño, °C	20
Cargas almacenadas	15
Material almacenada	Etanol 92%
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	4,603
$D_{ext\ cuerpo}, m$	4,607
Altura efectiva, m	4,603
Altura total, m	5,994
Volumen efectivo, m ³	76,589
Volumen total, m ³	99,566
Espesores	
Espesor pared, mm	4,638
Espesor fondo superior, mm	5,100
Espesor fondo inferior, mm	5,100
Pesos	
Peso pared, Kg	3.177,044
Peso cabeza, Kg	207,389
Peso relleno, Kg	61.459,500
Equipo vacío, Kg	3.591,822
Equipo operación, Kg	65.051,322

Fuente: Elaboración propia

5.2.18 Tanque de almacenamiento 03, TK-03.

Tabla 48. Resumen del diseño del Tanque de almacenamiento (TK-03)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,362
Temperatura de diseño, °C	20
Cargas almacenadas	1
Material almacenada	Agua
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,776
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,779
Altura efectiva, m	1,776
Altura total, m	2,315
Volumen efectivo, m ³	4,400
Volumen total, m ³	5,720
Espesores	
Espesor pared, mm	2,876
Espesor fondo superior, mm	3,164
Espesor fondo inferior, mm	3,164
Pesos	
Peso pared ,Kg	293,768
Peso cabeza, Kg	19,167
Peso relleno, Kg	4.326,080
Equipo vacío, Kg	332,102
Equipo operación, Kg	4.658,182

Fuente: Elaboración propia

5.2.19 Tanque de almacenamiento 04, TK-04.

Tabla 49 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 04 (TK-04)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,598
Temperatura de diseño, °C	53,94
Cargas almacenadas	7
Material almacenada	Residuo columna
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	4,325
$D_{ext\ cuerpo}, m$	4,330
Altura efectiva, m	4,325
Altura total, m	5,632
Volumen efectivo, m ³	63,54
Volumen total, m ³	82,602
Espesores	
Espesor pared, mm	4,504
Espesor fondo superior, mm	4,953
Espesor fondo inferior, mm	4,953
Pesos	
Peso pared, Kg	2.724,520
Peso cabeza, Kg	177,844
Peso relleno, Kg	56.398,580
Equipo vacío, Kg	3.080,208
Equipo operación, Kg	59.478,788

Fuente: Elaboración propia

5.2.20 Tanque de almacenamiento 05, TK-05.

Tabla 50 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 05 (TK-05)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,418
Temperatura de diseño, °C	26,3
Cargas almacenadas	7
Material almacenada	Residuo R-01 F-01
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	2,247
$D_{ext\ cuerpo}, m$	2,250
Altura efectiva, m	2,247
Altura total, m	2,928
Volumen efectivo, m ³	8,913
Volumen total, m ³	11,587
Espesores	
Espesor pared, mm	3,154
Espesor fondo superior, mm	3,469
Espesor fondo inferior, mm	3,469
Pesos	
Peso pared, Kg	515,564
Peso cabeza, Kg	33,644
Peso relleno, Kg	8.898,260
Equipo vacío, Kg	582,853
Equipo operación, Kg	9.481,113

Fuente: Elaboración propia

6. IMPLANTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIONES EN PLANTA.

La implantación se ha desarrollado en dos edificios, uno dedicado a la producción y almacenamiento y otro dedicado a los servicios (aseos, comedor, duchas), oficinas y laboratorio;

En el edificio de producción se engloban zonas de:

- Sala de control
- Mantenimiento y limpieza.
- Depuración.
- Almacén de materias primas
- Almacén de productos.
- Proceso
- Servicios Auxiliares.

En el edificio dedicado a servicios se engloba:

- Dirección.
- Zona de oficinas y descanso.
- Vestuarios/aseos.
- Investigación.

La distancia mínima entre equipos según el R. D. 379/2001 será de 1m y para líquidos corrosivos de 1,5 m, se tendrán en cuentas estas medidas para no ser inferiores a ellas, y los equipos se agruparan según sus características.

El almacenamiento de los productos, residuos y materias primas ya ha sido comentado en el diseño.

En el aspecto de plantilla se considera una plantilla de 10 trabajadores donde en los turnos de menor acción, la noche y la tarde solo contará la plantilla con un obrero no cualificado y otro cualificado y en el turno de día el resto de trabajadores.

6.1 Matriz de Actividades.

La matriz de actividades permite determinar la relación que existe entre dos actividades y la conveniencia de su proximidad. En la **Figura 22** se puede apreciar la matriz de actividades del proyecto

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010

V.M.T.A

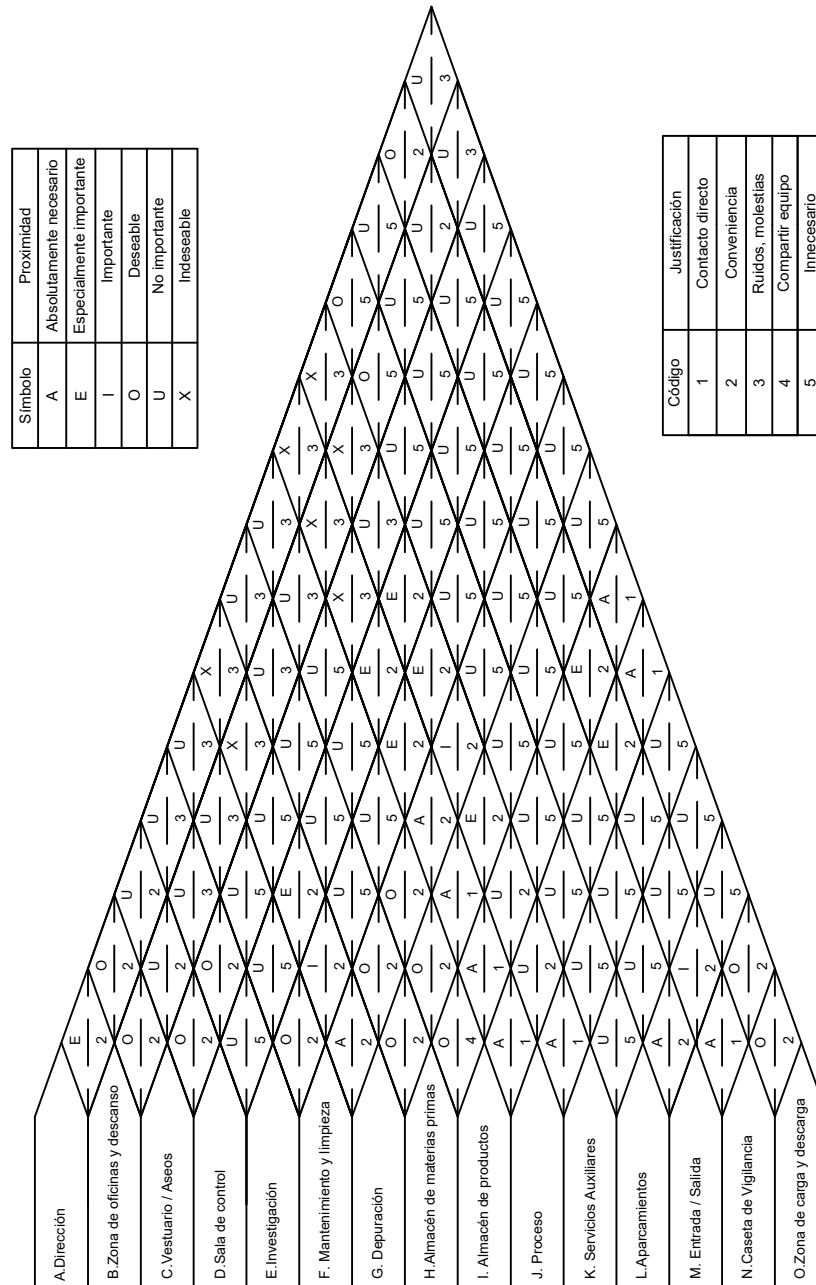


Figura 22. Matriz de actividades
Fuente: Elaboración propia

6.2 Diagrama de interrelación de actividades.

Este diagrama permite indicar el grado de proximidad por el tipo de uniones entre ellas, que vendrá indicado en la leyenda, en él también se indicara el tipo de actividad en función de símbolos.

En la **Figura 23** se ilustra el diagrama de interrelación de actividades.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010

V.M.T.A

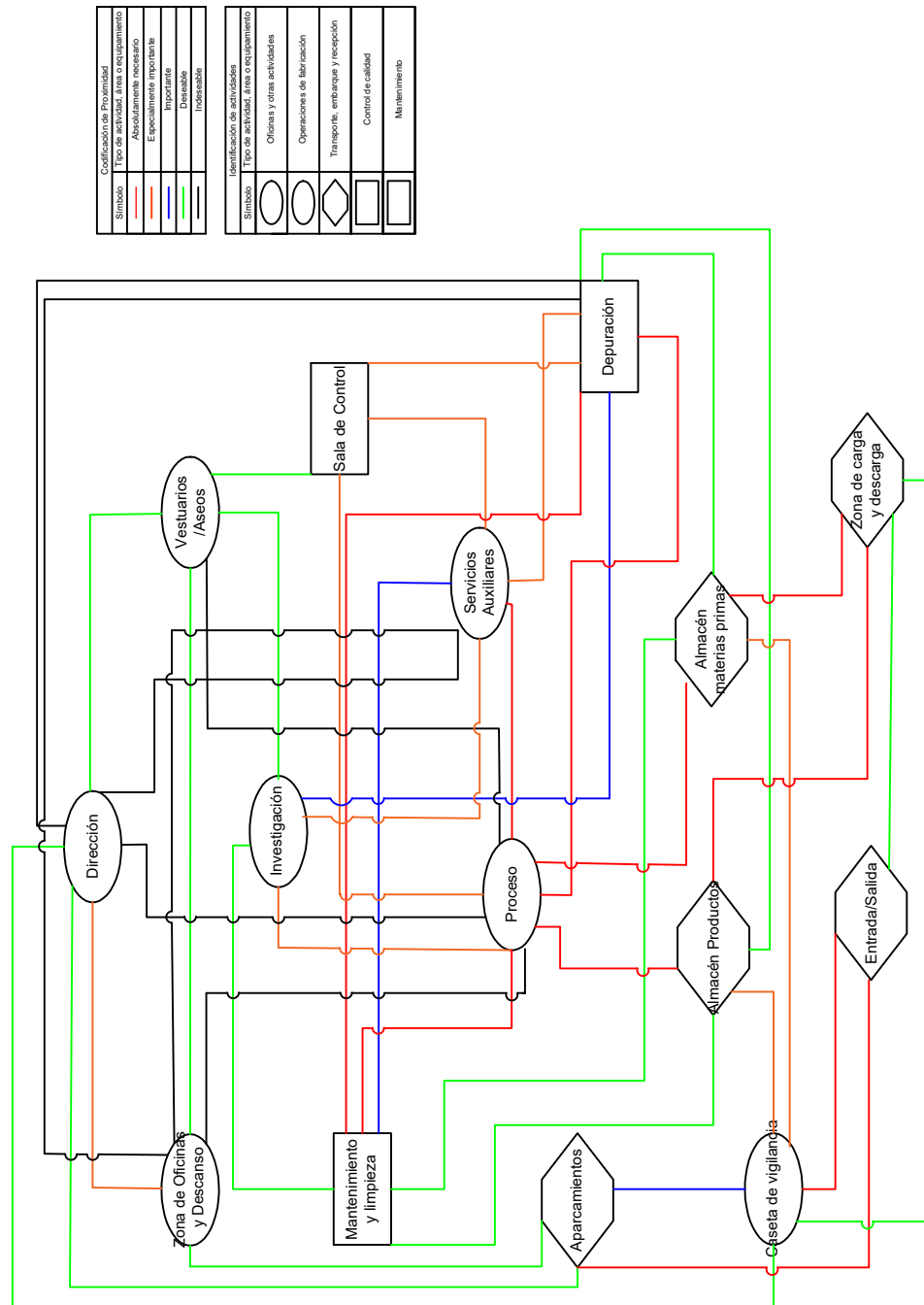


Figura 23. Diagrama de interrelación de actividades
Fuente: Elaboración propia

B. PROYECTO DE EJECUCIÓN I MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIA

60 de 395

15/12/2016

6.1 Diagrama de interrelación de espacios.

En este diagrama se muestra la representación de la superficie ocupada para cada actividad descrita.

En la **Figura 24** se ilustra el diagrama de interrelación de espacios.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS
A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010

V.M.T.A

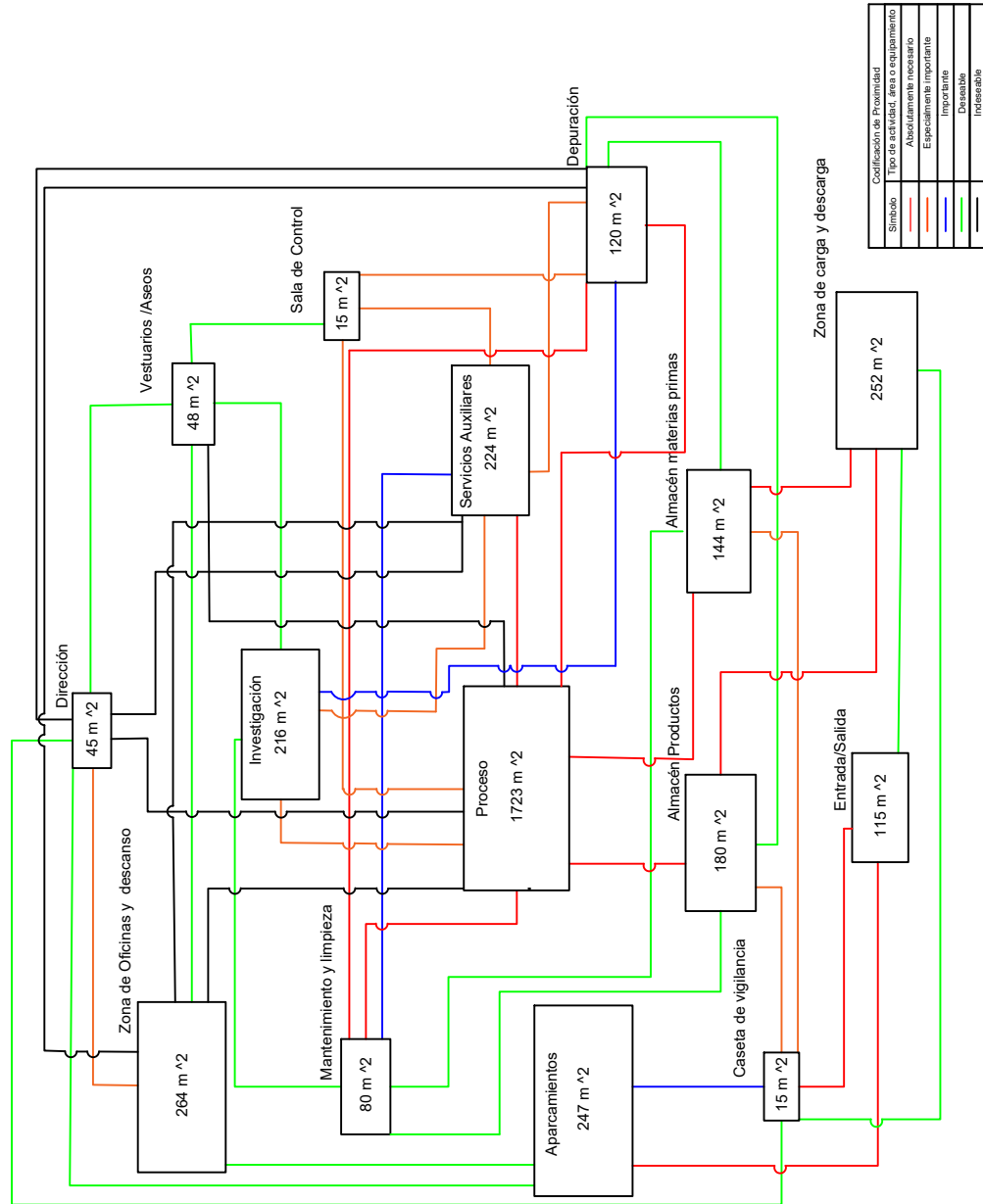


Figura 24. Diagrama de interrelación de espacios.
Fuente: Elaboración propia

7. DISEÑO DE INSTALACIONES.

En este apartado, se realizará el diseño de tuberías y bombas, control e instrumentación. Y como capítulos optativos se ha decidido elegir protección contra incendios y red de abastecimiento de agua en la planta industrial.

7.1 Diseño de tuberías y bombas de proceso.

El diseño de tuberías y bombas se completarán en los **anexos 9.3 y 9.4**, en los siguientes apartados se mostrarán los resultados finales para facilitar la visualización.

También se presenta anexo el plano de bombas y tuberías.

7.1.1 Diseño de tuberías.

En la **Tabla 51** se recoge el resumen del diseño de las tuberías del proceso, donde se muestra las características de las tuberías catalogadas y la velocidad real, el cálculo de estos valores se encuentra desarrollado en el punto 9.3.

Tabla 51 Resumen del diseño de las tuberías del proceso.

Equipos	Q, m ³ /s	D _{nominal} , Pulgadas	Diámetro Ext (mm)	Espesor (mm)	Diámetro Int (mm)	v real, m/s
R-01/TK-5	4,81E-05	¼	13,7	2,24	9,2	0,72
M-01/ F-01	1,41E-03	1	33,4	3,38	26,6	2,54
F-01/TK-5	1,39E-03	3/8	17,1	2,31	12,5	0,69
T-02/M-02	1,39E-03	1	33,4	3,38	26,6	2,50
M-02/R-02	1,40E-03	1	33,4	3,38	26,6	2,52
R-02/F-02	1,25E-03	1	33,4	3,38	26,6	2,24
F-02/M-03	2,81E-04	½	21,3	2,77	15,8	1,43
M-04/M-03	4,63E-03	2	60,3	3,91	52,5	2,14
M-03/T-01	5,19E-03	2	60,3	3,91	52,5	2,40
T-01/F-03	4,33E-04	¾	26,7	2,87	21,0	1,25
F-03/C-01	4,32E-04	¾	26,7	2,87	21,0	1,25
C1/ H-01	1,08E-04	3/8	17,1	2,31	12,5	0,88
C1/M-04	3,24E-04	1	33,4	3,38	26,6	0,58
TK-2/M-04	1,48E-03	1 ¼	42,2	3,56	35,1	1,53
TK-3-/H-01	4,56E-05	¼	13,7	2,24	9,2	0,69
H-01/ TK-4	1,08E-04	1/2	21,3	2,77	15,8	0,55
H-01/ T-02	4,63E-05	¼	13,7	2,24	9,2	0,70

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Diseño de bombas.

En la **Tabla 52** se muestra un resumen del de los cálculos del diseño de bombas el procedimiento de cálculo y más datos se encuentran en el **Anexo 9.4**

Tabla 52 Resumen del diseño de las bombas del proceso

Equipos	NPSH d	Δh	Modelo de Bomba	Características de la bomba				
				Diámetro de rodete, mm	Eficiencia %	Velocidad (1/min)	Potencia absorbida, KW	NPSH r
R01/TK-5	3,95	2,58	125x100 CNGA 5 3.7	189	4	1460	1,31	
M-01/ F-01	10,09	8,27	32X32 FSS2FC 5. 37	102	50,3	2950	0,29	2,1
F-01/TK-5	9,72	5,68	FH4A 80- 160-5 1.5	145	1	1450	0,39	
T-02/M-02	7,28	7,86	32X32 FSS 2FC 5. 37	102	50	2950	0,29	2,1
M-02/R-02	7,23	9,2	32X32 FSS 2FC 5. 37	102	49,7	2950	0,29	2,1
R-02/F-02	7,85	5,46	LPCD440- 125/0.25	125	58,5	1400	0,13	2,3
F-02/M-03	7,64	8,95	32X32 FS S2FC 5. 37	102	25,1	2950	0,16	
M-04/M-03	7,73	9,06	65x50 FS S2EC 5 1.5	102	67,9	2950	0,81	
M-03/T-01	8,03	7,88	LPCD465- 160/0.75	160	70,3	1400	0,55	
T-01/F-03	8,07	2,81	32X32 FS S2FC 5. 37	102	25,6	2950	0,16	
F-03/C-01	8,07	22,73	EVMS34N5Q 1BEGE/0.37	79	47,2	2850	0,25	2,5
C1/ H-01	3,8	8,02	FH4A 80 -160-5 1.5	169	1,5	1450	0,76	
C1/M-04	23,77	14,66	No es necesaria bomba					
TK-2/M-04	10,78	7,95	LPC4 40-160/0.37	160	50,5	1400	0,27	
TK-3-/H-01	9,67	2,61	FH4A 80 -160-5 1.5	145	0,3	1450	0,39	
H-01/ TK-4	1,19	10,38	125x100 CNGA 5 3.7	178	6	1460	1,06	
H-01/ T-02	6,68	3,47	FH4A 80 -160-5 1.5	145	0,3	1450	0,39	

Fuente: Elaboración propia

7.2 Instrumentación y control de la instalación

En este apartado se llevará a cabo los lazos de control de los equipos del proceso.

Los equipos discontinuos trabajaran con microprocesadores, que se encargaran de controlar variables manipuladas, que sean afectadas por varias señales, este evitará señales contradictorias.

Para equipos discontinuos y continuos se explicará los distintos lazos, que haya en ellos, el tipo de sensor a utilizar y la explicación de elección. En los equipos discontinuos se explicará el microprocesador sin llegar a entrar en sus algoritmos.

Para un seguimiento más global se cuenta con el Plano de Instrumentación y control en el Anexo.

7.2.1 Lazo de Control del Secador. (S-01)

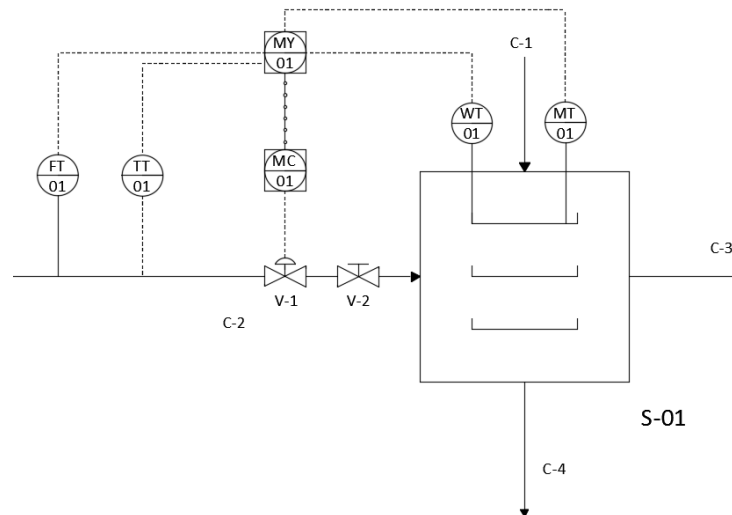


Figura 25: Lazo de Control del Secador 01, S-01.
Fuente: Elaboración propia

Funcionamiento general

El secador de bandejas contará con un lazo de control, éste está controlado con un microprocesador MY-01 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir al controlador MC-01, que regulará la válvula de aire.

Al microprocesador le llegan señales de 4 transmisores, así que el funcionamiento del lazo general, se puede considerar como 4 lazos actuando a la vez, donde MY-01, será el encargado de regular y evitar contradicciones entre ellos y de aplicarlos secuencialmente.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de control 1.

Lazo de peso 1.

- Variable a controlar: Peso de la carga de S-01
- Punto de consigna: 500 Kg
- Variable manipulada: Caudal C-2

El lazo de peso, es el primero en actuar su función consiste en utilizar un transmisor de peso (WT-01), éste envía señales a MY-01, hasta que llega al set point, donde MY-01 autorizará la apertura V-1, mediante paso previo controlador de MC-01.

Al acabar, el microprocesador pasará a la siguiente secuencia debida que mediante el secado, el peso de la carga descenderá.

Como medida de seguridad se añadió la válvula manual (V-2), ésta permite que solo pase aire caliente al equipo cuando el operario este conforme y fuera del secador, ésta medida permite trabajar al operario de carga con mayor seguridad.

Lazo de temperatura 1.

- Variable a controlar: Temperatura corriente 2
- Punto de consigna: 95°C
- Variable manipulada: Caudal C-2

El siguiente lazo en actuar será el de temperatura junto al de caudal, estos permiten controlar el tipo de aire que llega desde servicios auxiliares, si la temperatura de C-2, es menor de 95°C, se requerirá más caudal, mientras que si es mayor menos, para ello se cuenta con el transmisor TT-01, que envía señales a MY-01, que es el encargado del control.

Lazo de caudal 1.

- Variable a controlar: Caudal corriente 2
- Punto de consigna: 489,09 Kg/día
- Variable manipulada: Caudal C-2

Este lazo tiene la misma explicación que el lazo de temperatura, se regulará la válvula en función de las señales transmitidas por (FT-01).

Lazo de humedad 1.

- Variable a controlar: Humedad de los sólidos de S-01
- Punto de consigna: 10%

— Variable manipulada: Caudal C-2

Este lazo será el encargado del cierre de la operación y el último en la secuencia de MY, para ello usa el sensor MT-01, él permite controlar la humedad y ver como ésta desciende cuando, es 10% MY envía una señal a MC-01 y cierra la válvula (V-1), así el operario podrá realizar la descarga, como medida adicional el operario cerrará la válvula V-2 manualmente.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de peso: será mediante células de carga, habrá una por bandeja, este sensor en realidad mide las diferencias de presión que se producen al cargar las bandejas.
- Sensor de temperatura: será un termistor, su funcionamiento consiste en la variación de la resistencia al variar la temperatura, son bastante precisos, tiempo de respuesta bajo y bajo costo.
- Sensor de caudal: se utilizará un caudalímetro de vórtices, que son más indicados para aire o vapores
- Sensor de humedad: se utilizará un sensor para mercancía a granel, para su funcionamiento debe estar recubierto de la mercancía.
- Válvulas serán mariposa debido a que su uso diseño de disco abierto evita acumulación de sólidos y la caída de presión es pequeña.

a) **Lazo de control 2.**

Funcionamiento general.

El reactor de pretratamiento de vapor cuenta con un lazo que está controlado con un microprocesador MY-02 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir al controlador MC-02, que regulará la válvula de vapor.

El funcionamiento es muy similar al equipo anterior, salvo que ahora le llegan señales de 3 transmisores.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de peso 2.

- Variable a controlar: Peso de la carga de R1-A
- Punto de consigna: 277,78 Kg
- Variable manipulada: Caudal C-5

El lazo de peso, es el primero en actuar su función consiste en utilizar un transmisor de peso (WT-02), éste envía señales a MY-02, hasta que llega al set point, donde MY-02 autorizará la apertura V-3, mediante paso previo controlador de MC-02.

Al acabar, el microprocesador pasará a la siguiente secuencia.

Se vuelve a considerar la válvula manual como medida de seguridad siguiendo lo establecido en el lazo 1.

Lazo de caudal 2.

- Variable a controlar: Caudal C-5
- Punto de consigna: 38,49 Kg/día
- Variable manipulada: Caudal C-5

Este lazo regula la entrada de caudal en función del caudal de vapor que suministre la caldera, como esta puede variar el caudal, FT-02, transmite estas variaciones y se considera una mayor o menor apertura de la válvula 3.

Lazo de nivel 2.

- Variable a controlar: Nivel de R1-A
- Punto de consigna: 1,574 m
- Variable manipulada: Caudal C-5

El lazo cortará la válvula 3 cuando se llega al nivel indicado, y se iniciará la reacción.

Una vez acabado el tiempo de operación fijado en el microprocesador se procede al paso de corriente a la cámara de expansión.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de peso: será mediante células de carga.
- Sensor de nivel: transductor de nivel ultrasónico.
- Sensor de caudal: se utilizará un caudalímetro de vórtices.

b) Lazo de control 3.

Lazo de presión.

- Variable a controlar: Presión de R1-A
- Punto de consigna: 30 bar
- Variable manipulada: Caudal C-7

Funcionamiento:

El objetivo de este lazo es controlar la presión del reactor y alertar en caso de que se supere el set point, para ello se analiza la presión en el interior del equipo mediante PT-03, este envía señal a PC-03, si es mayor a 30 bares se abre la válvula 7 y se da la alarma.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de presión: se utilizara un sensor de diafragma.

c) Lazo de control 4.

Lazo de temperatura.

- Variable a controlar: Temperatura de R1-A
- Punto de consigna: 190°C
- Variable manipulada: Camisa de calefacción.

Funcionamiento:

El objetivo de este lazo es controlar la temperatura del reactor y mantener la temperatura en 190°C, para ello si la temperatura desciende activa la válvula 6 aumentando la temperatura del reactor.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de temperatura: se utilizara un termistor.

d) Lazo de control 5.

Funcionamiento general

El reactor de pretratamiento de vapor en su cámara de expansión cuenta con un lazo que está controlado con un microprocesador LY-05 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir al controlador LC-05, para iniciar la bomba 1, P-1.

Al microprocesador le llegan 2 señales una de presión y otra de nivel.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de presión

- Variable a controlar: Presión de R1-B
- Punto de consigna: 1 bar.
- Variable manipulada: Caudal Corriente 8

El objetivo del lazo es autorizar la salida de las corrientes, para una salida segura se necesita conocer si se ha expandido bien el producto, por eso si la presión no es 1 no se autorizará a la descarga.

Lazo de nivel

- Variable a controlar: Altura de R1-B
- Punto de consigna: 1,574 m
- Variable manipulada: Caudal C-8

Este lazo tiene el objetivo de permitir la descarga cuando se haya expandido toda la mezcla por eso si LT-05 no detecta el set point LY-05 no mandará la señal al controlador para permitir el funcionamiento de la bomba.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de presión: se utilizara un sensor de diafragma.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas, no presenta problemas de adherencias debido a que el poso no es bastante adherente.
- Las válvulas serán tipo globo debido a que aguantan altas presiones.

7.2.3 Lazo de Control del Mezclador 01.

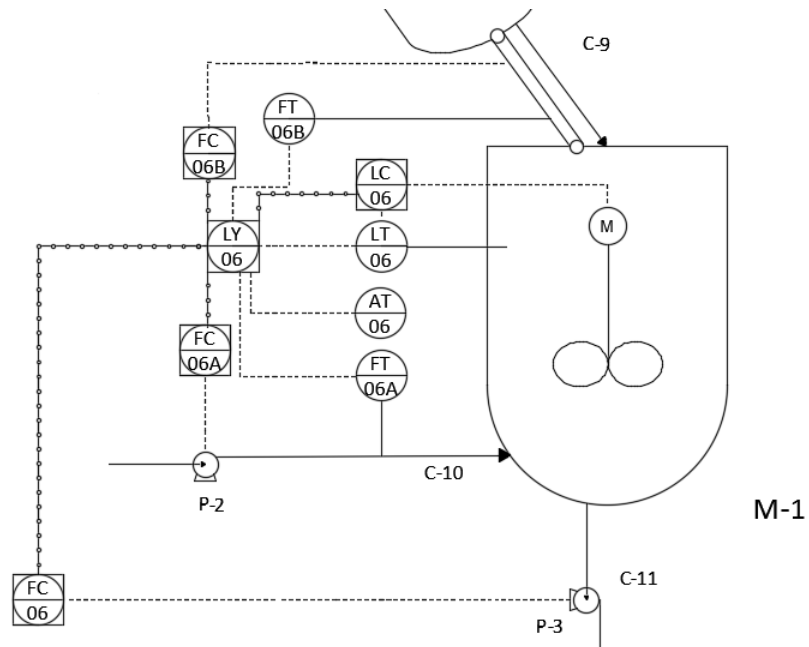


Figura 27: Lazo de Control del Mezclador 01, M-01.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 6.

Funcionamiento general

Este mezclador contará con un lazo de control, éste está controlado con un microprocesador LY-06 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir a los controlador FC-06, que regularán la bomba, la cinta trasportadora y el agitador.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de caudal.

El funcionamiento de los caudales de las corrientes de viene dado por una relación entre ellos que se establece en el microprocesador, esta relación permite que ambas corrientes se llenen al mismo tiempo, esto se llama control de razón.

Para ello se usaran los transmisores FT-06, les enviaran sus señales a microprocesador para que se mantenga la relación entre ellos, si se produce un desvío se corregirá mediante señales eléctricas a la bomba o a la cinta transportadora, cuando el caudal de la corriente principal es 0 todas se detienen, o cuando se llega al nivel máximo.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura de M-01
- Punto de consigna: Nivel máximo 1,289 m; Nivel mínimo aprox 0.
- Variable manipulada: Potencia del agitador; caudal C-9, C-10;C-11.

Funcionamiento:

Cuando las corrientes C-10 y C-9 van llenando el tanque se registra el valor mínimo de llenado que iniciará el sistema de agitación M1, el funcionamiento seguirá hasta el tiempo programado por LY. Cuando se llega al nivel máximo se envía una señal a los medidores de caudal para que no sigan bombeando o circulando sus respectivos dispositivos.

Lazo de Análisis.

- Variable a controlar: pH
- Punto de consigna: El pH al disolverse en el agua los restos de compuestos solubles variará.
- Variable manipulada: C-11.

Funcionamiento:

Una vez cargadas las corrientes de entrada y al entrar en funcionamiento el sistema de agitación se disuelven los compuestos insolubles, esto provoca una variación de pH que será registrada por AT-06 y enviará la información al microprocesador para que inicie la bomba 3, no debe entrar en contradicción con las de nivel, ya que la bomba debe parar antes de llegar al nivel límite inferior.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético, debido a que se trabajará con flujos con sólidos.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas
- Sensor de pH:

7.2.4 Lazo de Control del Filtro 01.

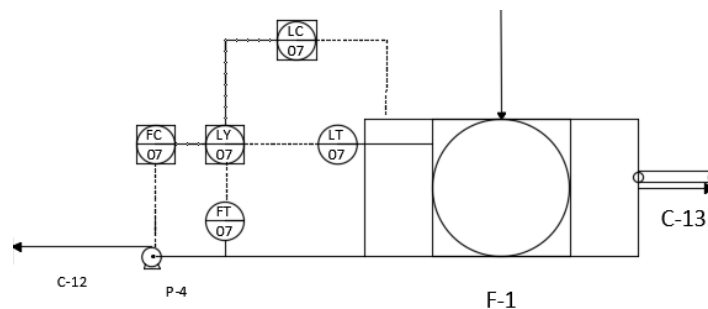


Figura 28: Lazo de Control del Filtro 01, F-01.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 7.

Funcionamiento

El equipo se cargará con las instrucciones de los equipos anteriores cuando se llegue a altura máxima se iniciará el funcionamiento del equipo que debe ser controlado tomando medidas del caudal de salida, para controlar posibles taponamientos en el filtro.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura F-01
- Punto de consigna: 0.8
- Variable manipulada: Encendido y apagado del equipo.

Funcionamiento:

Una vez abierta la corriente C-11 se empieza a llenar F-01, hasta que alcance el nivel indicado, entonces (LT-07) transmite a (LY-07), que mediante una señal software activa a LC-07 para que active el equipo.

Lazo de Caudal

- Variable a controlar: Caudal de C-12.
- Punto de consigna: 0 Kg/s.
- Variable manipulada: Encendido y apagado del equipo.

Funcionamiento:

El sensor transmisor tomará medidas de caudal de C-12 y enviará señales a FC-01, cuando le llegue la señal de 0 Kg/s el controlador apagará el equipo y apagará la bomba de bombeo P-4, esta sirve de medida de seguridad por si se produce un atascamiento del equipo.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.

7.2.5 Lazo de Control del Mezclador 2 (M-02).

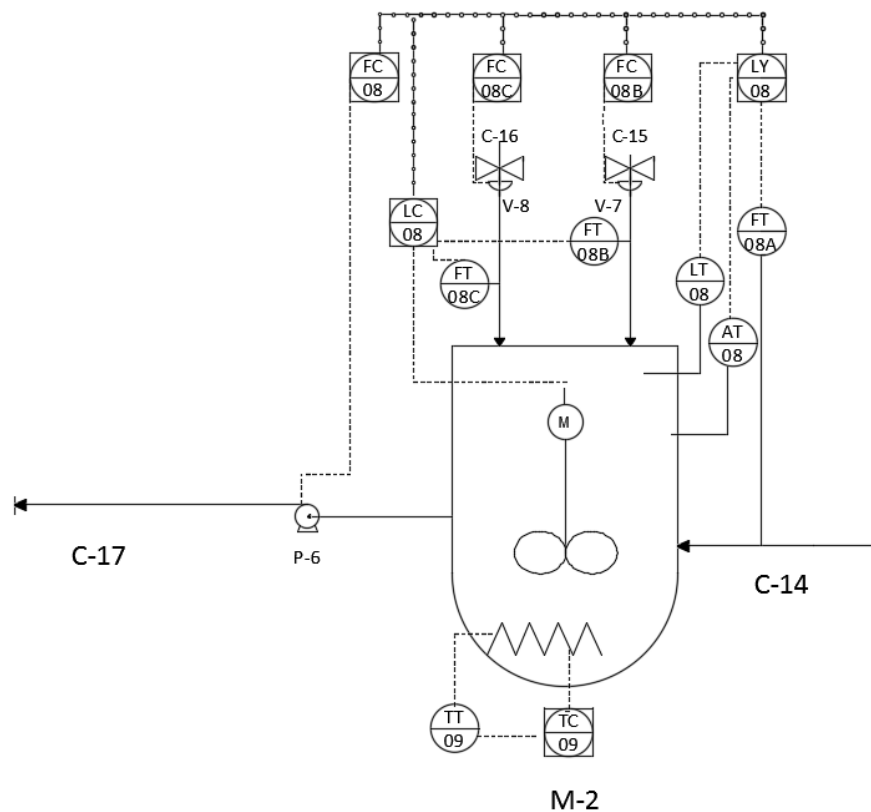


Figura 29: Lazo de Control del Mezclador, M-02.
Fuente: Elaboración propia

Este equipo cuenta con 2 lazos de control generales donde uno de ellos es complejo.

a) Lazo de control 8.

Funcionamiento general.

El mezclador se cargara mediante control a razón, la corriente 14 estará determinada por el equipo anterior, mientras que las otras se cargaran a razón de estas, mediante el sistema de agitación funcionará siempre entre los límites de nivel máximo y mínimo.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de caudal.

El lazo seguirá el procedimiento de control a razón como el del mezclador en este caso el caudal de C-14 está determinado por otro equipo y en razón de este se obtiene la razón.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura de M-02.
- Punto de consigna: Nivel máximo 1,724 m nivel mínimo aproximadamente 0.

- Variable manipulada: Encendido y apagado del equipo, agitador, bomba de descarga.

Funcionamiento:

Las señales enviadas al LC-08, hacen que el sistema de agitación se encienda a niveles comprendidos entre el máximo y el mínimo, y en los valores límites de nivel máximo se procederá a apagar o cerrar las bombas de entrada o válvulas, mientras que en el nivel mínimo apagará la bomba de salida (P-5).

Lazo de pH

- Variable a controlar: pH M-02.
- Punto de consigna: 4,8
- Variable manipulada: Encendido bomba de descarga y posibles correcciones de caudales de entrada.

Funcionamiento:

El transmisor AT-08 toma datos de pH, cuando se alcanza el valor consigna se enciende la bomba de descarga, este proceso estará supeditado al lazo de nivel, mediante los algoritmos de LY-08.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.
- Sensor de pH:
- Las válvulas serán de diafragma que pueden trabajar con sólidos.

b) Lazo de control 9.

Lazo de Temperatura

- Variable a controlar: T de M-02.
- Punto de consigna: 59°C
- Variable manipulada: Encendido de la resistencia eléctrica

Funcionamiento:

El equipo debe trabajar alrededor de 60 °C, se ha calculado en diseño un aislamiento, que permite trabajar 6 horas, a esa temperatura pero si las condiciones exteriores varían, se cuenta con un dispositivo de aporte de calor adicional, este se activará cuando a TC-09, le lleguen valores de temperatura de M-02 menores a 59°C.

Instrumentación utilizada.

— Sensor de temperatura: Termopar.

7.2.6 Lazo de Control del Reactor enzimático (R-02)

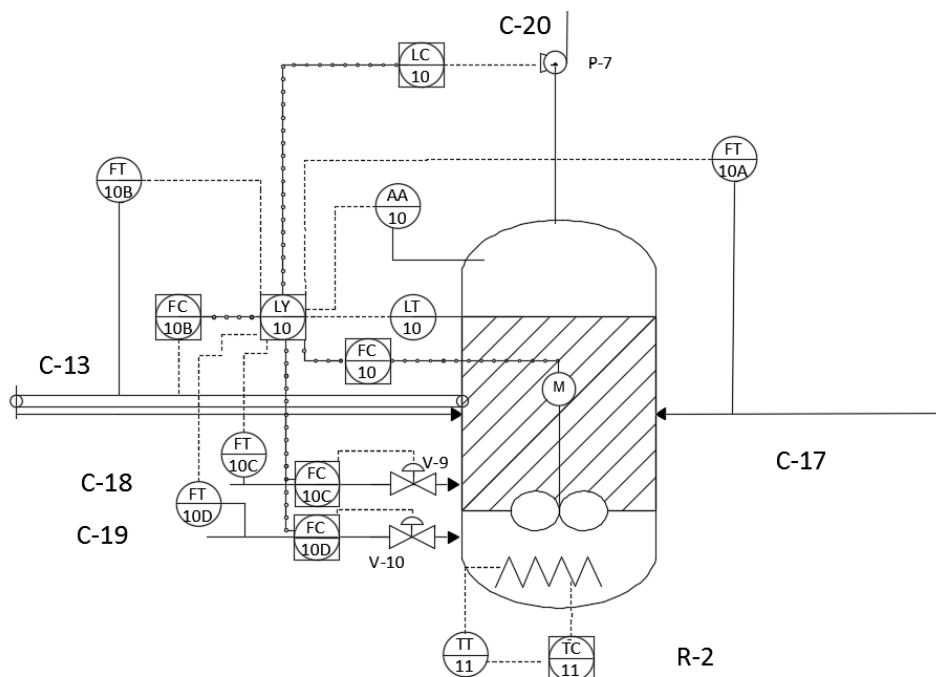


Figura 30: Lazo de Control del Reactor enzimático, R-02.

Fuente: Elaboración propia

Este equipo cuenta con 2 lazos de control generales donde uno de ellos es complejo, el funcionamiento es exactamente igual al de M-02, salvo que en lazo de análisis controlará más parámetros a parte del pH.

a) **Lazo de control 10.**

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura de R-02.
- Punto de consigna: Nivel máximo 1,724 m nivel mínimo aproximadamente 0.
- Variable manipulada: Encendido y apagado del equipo, agitador, bomba de descarga.

Lazo de Análisis.

- Variable a controlar: pH R-02 y otras variables como composición.
- Punto de consigna: 4,8
- Variable manipulada: Encendido bomba de descarga y posibles correcciones de caudales de entrada.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.
- Sensor de análisis:
- Válvulas de diafragma.

b) Lazo de control 11.

Lazo de Temperatura

- Variable a controlar: T de R-02.
- Punto de consigna: 59°C
- Variable manipulada: Encendido de la resistencia eléctrica

Instrumentación utilizada.

- Sensor de temperatura: Termopar.

7.2.7 Lazo de Control del Filtro 02, (F-02).

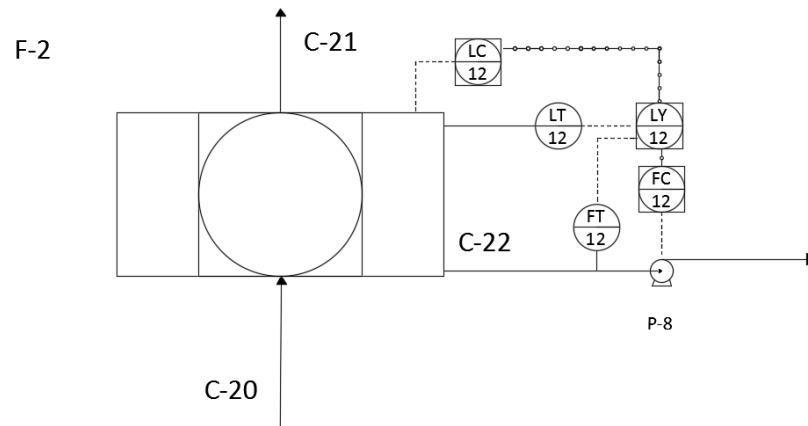


Figura 31: Lazo de Control del Filtro 02, F-02.
Fuente: Elaboración propia

El control es el mismo que en el equipo F-01, trabajando en sus respectivos lazos, pero el funcionamiento es el mismo, y hasta los mismos puntos consigna.

7.2.8 Lazo de Control del Secador 02, (S-02)

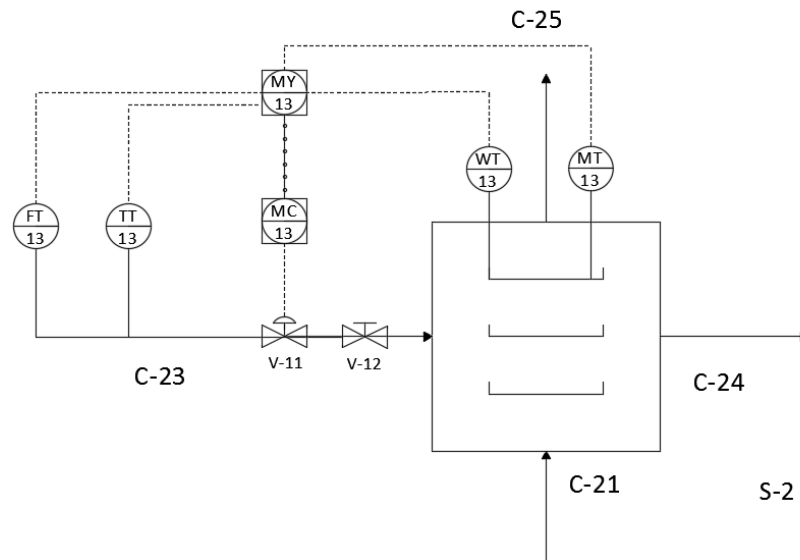


Figura 32: Lazo de Control del Secador 02, S-02.
Fuente: Elaboración propia

El funcionamiento será igual que el secador 1, pero con sus correspondientes puntos consigna en humedad del 2% y el caudal de aire de entrada de 165,68 kg/día.

7.2.9 Lazo de Control del Mezclador 03, M-3.

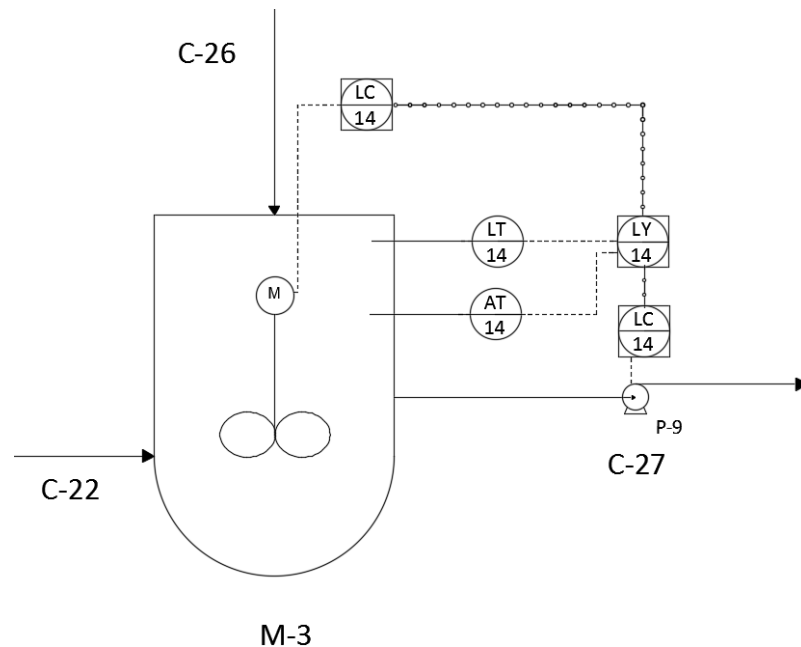


Figura 33: Lazo de Control del Mezclador 03, M-03.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 14.

Funcionamiento

El equipo estará controlado por un microprocesador al que le llegan señales de análisis y nivel, con estas dos variables el microprocesador será capaz de vaciar el equipo mediante la bomba P-9, cuando esté listo, se sabrá que habrá precipitado los compuestos mediante el sensor de análisis.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura F-01
- Punto de consigna: 3,628m nivel máximo; nivel mínimo aproximadamente 0
- Variable manipulada: Encendido y apagado de agitación y P-9.

Funcionamiento:

El equipo se cargará con las corriente C-26 y C-27 mientras se carga empieza a funcionar el sistema de agitación, aumentando su energía lógicamente al aumentar el nivel, cuando se llega al nivel máximo las corrientes C-26 y C-27 se han cargado.

La descarga se iniciará con el lazo de análisis cuando éste lo autorice el sistema de agitación disminuirá de energía en función del nivel y por último es el encargado de apagar P-9, cuando se llega el nivel mínimo para evitar la cavitación.

Lazo de análisis.

- Variable a controlar: Composición
- Punto de consigna: Sólidos precipitados >20 Kg
- Variable manipulada: Apagado de la bomba 9, y lógicamente C-27.

Funcionamiento:

El sensor transmisor tomará medidas de composición del mezclador y enviará señales a LY-14, cuando se llega al set point, se enciende la bomba que luego será otra vez controlado por el lazo de nivel.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de composición
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.

7.2.10 Lazo de Control del tanque de pulmón 01, T-01

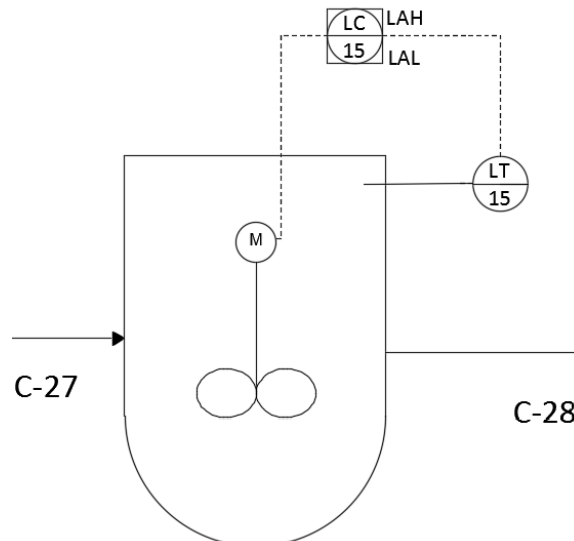


Figura 34: Lazo de Control de T-01.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 15.

Lazo de control de nivel.

- Variable a controlar: Altura T-01
- Punto de consigna: 3,745 m nivel máximo; nivel mínimo 0,3745m
- Variable manipulada: Encendido y apagado de agitación.

Funcionamiento:

Este equipo permite el paso de continuo a discontinuo luego su nivel variará esto hace necesario un sistema de control para controlar el sistema de agitación.

Para una mayor seguridad se instalan alarmas de valor máximo y mínimo. Estas no deberían activarse ya que el vaciado y llenado está programado por otros controladores, pero si alguno fallase se dispone de un sistema de alarmas para que los operarios actúen.

Instrumentación utilizada.

— Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.

7.2.11 Lazo de control Filtro 3.

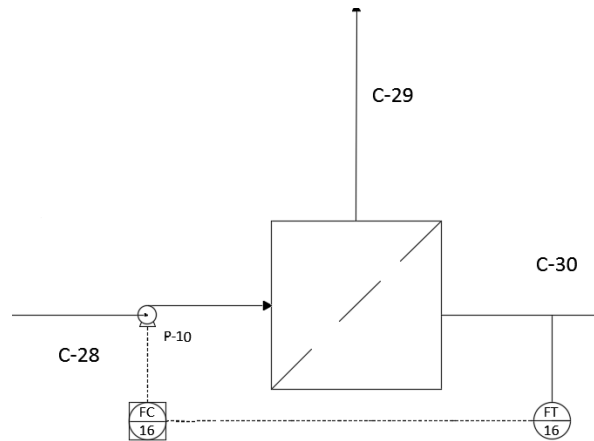


Figura 35: Lazo de Control de F-03.

Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 16.

Lazo de control de caudal.

- Variable a controlar: Caudal C-30
- Punto de consigna: 29.849,187 Kg/día
- Variable manipulada: Caudal C-28.

Funcionamiento:

El control de este equipo consiste en transmisor de caudal (FT-016), que toma valores de la corriente 30, estos valores son enviados al controlador de caudal (FC-

16), cuando los valores de medidos se alejan del set point el controlador abrirá o cerrara más la válvula para corregir el desvió.

Instrumentación utilizada.

— Sensor de caudal: medidor electromagnético.

7.2.12 Lazo de Control del Liofilizador 1. (L-01)

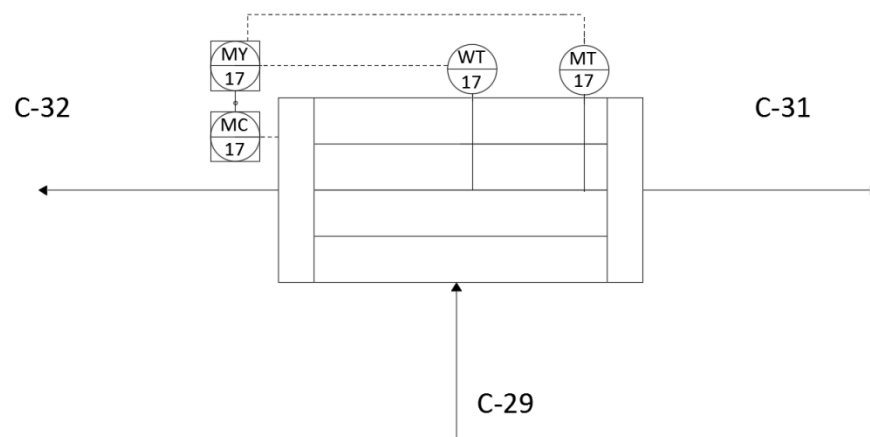


Figura 36: Lazo de Control de L-01.
Fuente: Elaboración propia

Funcionamiento general

El liofilizador contará con un lazo de control, éste está controlado con un microprocesador MY-17 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir al controlador MC-17, que encenderá o apagará el equipo.

Al microprocesador le llegan señales de 2 transmisores, así que el funcionamiento del lazo general, se puede considerar como 2 lazos actuando a la vez, donde MY-17, será el encargado de regular y evitar contradicciones entre ellos y de aplicarlos secuencialmente.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de peso.

- Variable a controlar: Peso de la carga de L-01
- Punto de consigna: 21,565 Kg
- Variable manipulada: Encendido del equipo.

El lazo de peso, es el primero en actuar su función consiste en utilizar un transmisor de peso (WT-017), éste envía señales a MY-17, hasta que llega al set point, donde MY-17 autorizará el encendido del equipo , como paso previo pasará controlador de MC-17.

Lazo de humedad.

- Variable a controlar: Humedad de los sólidos de L-01
- Punto de consigna: 5%
- Variable manipulada: Apagado del equipo

Este lazo será el encargado del cierre de la operación y el último en la secuencia de MY, para ello usa el sensor MT-017, él permite controlar la humedad y ver como ésta desciende cuando, es 5% MY envía una señal a MC-17 y apaga el equipo.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de peso: será mediante células de carga, habrá una por bandeja.
- Sensor de humedad: se utilizará un sensor para mercancía a granel, para su funcionamiento debe estar recubierto de la mercancía.

7.2.13 Lazo de Control de la Columna de destilación, C-01.

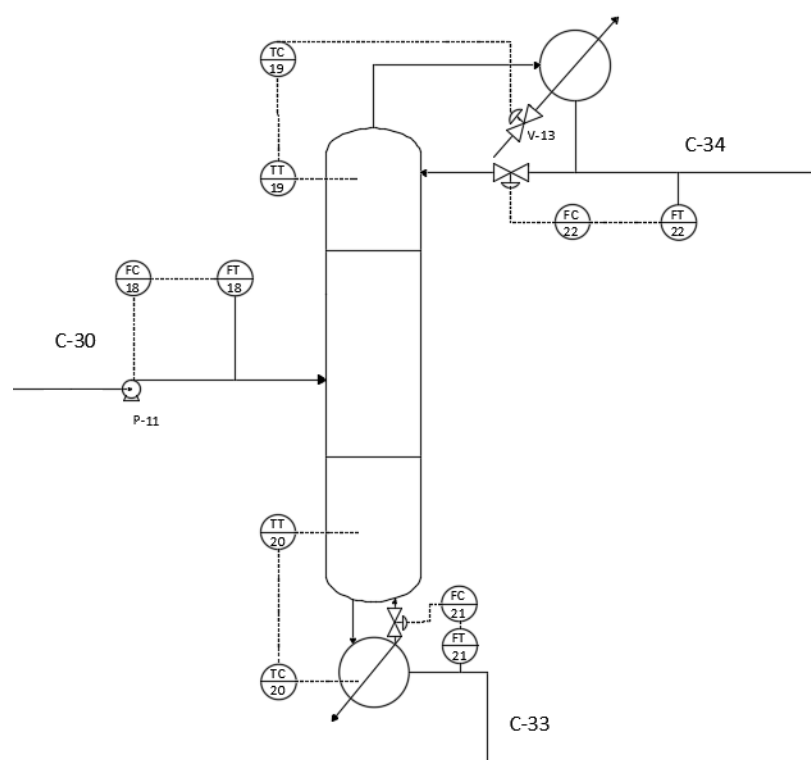


Figura 37: Lazo de Control de C-01.
Fuente: Elaboración propia

Este equipo cuenta con 5 lazos de control generales dos de temperatura y tres de caudal.

a) Lazo de control 18.

Lazo de Caudal

- Variable a controlar: Caudal C-30.
- Punto de consigna: 29.849,19 Kg/día.
- Variable manipulada: Corriente 30 mediante bomba P-11.

Funcionamiento:

Se produce el seguimiento del caudal de entrada a la columna C-30, mediante el transmisor FT-018, cuando este envía una señal de caudal que difiere al punto consigna el controlador FC-18 actúa sobre la bomba regulando el caudal.

b) Lazo de control 19.

Lazo de Temperatura

- Variable a controlar: Temperatura de la cabeza.
- Punto de consigna: 77,95°C
- Variable manipulada: Caudal de agua del condensador.

Funcionamiento:

Se produce un seguimiento de la temperatura de la cabeza de la columna mediante TT-019, y cuando ésta se aleja del set point, se controla el caudal del condensador mediante TC-20.

c) Lazo de control 20.

Lazo de Temperatura

- Variable a controlar: Temperatura de la cola.
- Punto de consigna: 99,52°C
- Variable manipulada: Funcionamiento de la resistencia.

Funcionamiento:

Ocurre como en el anterior lazo salvo que se controla la cola y mediante el control del sistema TT-20 y TC-20, se controla la resistencia de la caldera para no alejarse del set point.

d) Lazo de control 21.

Lazo de Caudal

- Variable a controlar: Caudal C-33.
- Punto de consigna: 8.056,94 Kg/día.
- Variable manipulada: Razón de Voilup.

Funcionamiento:

Se produce el seguimiento del caudal de residuo de la columna C-33, mediante el transmisor FT-21, cuando este envía una señal de caudal que difiere al

punto consigna el controlador FC-21 actúa sobre la válvula de Voilup (V-14) regulando el flujo.

e) Lazo de control 22.

Lazo de Caudal

- Variable a controlar: Caudal C-34.
- Punto de consigna: 21.792,245Kg/día.
- Variable manipulada: Razón de Reflujo.

Funcionamiento:

Se produce el seguimiento del caudal de destilado de la columna C-34, mediante el transmisor FT-22, cuando este envía una señal de caudal que difiere al punto consigna el controlador FC-22 actúa sobre la válvula de Reflujo (V-13) regulando el flujo.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético.
- Sensor de temperatura: termistor.

7.2.14 Lazo de Control del Mezclador 4 (M-04)

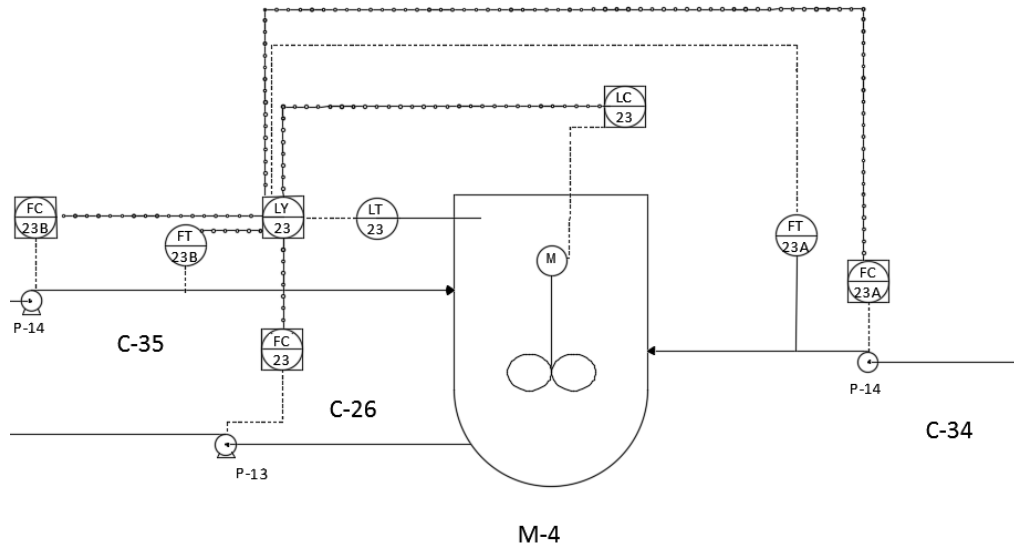


Figura 38: Lazo de Control de M-04.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 23.

Funcionamiento general

Este mezclador contará con un lazo de control, éste está controlado con un microprocesador LY-23 que será el encargado de mandar mediante señales de software de dirigir a los controladores LC-23, y FC-23 que regularán las bombas y el agitador.

Funcionamiento por lazo.

Lazo de caudal.

El funcionamiento de los caudales de las corrientes de viene dado por una relación entre ellos que se establece en el microprocesador, esta relación permite que ambas corrientes se llenen al mismo tiempo, esto se llama control de razón.

Para ello se usaran los transmisores FT-23, les enviaran sus señales a microprocesador para que se mantenga la relación entre ellos, si se produce un desvío se corregirá mediante señales eléctricas a la bomba o a la cinta transportadora, cuando el caudal de la corriente principal es 0 todas se detienen, o cuando se llega al nivel máximo.

En el ajuste del caudal de la corriente 35 se debe tener en cuenta en nivel del tanque de almacenamiento así que en el algoritmo de LY-23 llegará una señal de nivel del tanque.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura de M-04
- Punto de consigna: Nivel máximo 3,488 m; Nivel mínimo aprox 0.
- Variable manipulada: Potencia del agitador; caudal C-34, C-35; C-26.

Funcionamiento

Cuando las corrientes C-34 y C-35 van llenando el tanque se registra el valor mínimo de llenado que iniciará el sistema de agitación M4, el funcionamiento seguirá hasta el tiempo programado por LY. Cuando se llega al nivel máximo se envía una señal a los medidores de caudal para que no sigan bombeando y se inicia el vaciado hasta el nivel mínimo.

- Sensor de caudal: medidor electromagnético.
- Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.

7.2.15 Lazo de Control del Intercambiador 1 (H-01).

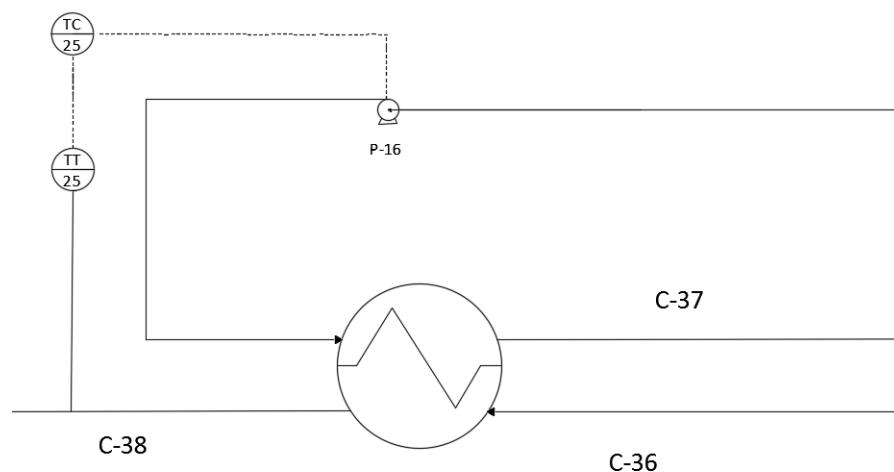


Figura 39: Lazo de Control de H-01.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 25.

Lazo de Temperatura

- Variable a controlar: Temperatura C-38.
- Punto de consigna: 60°C
- Variable manipulada: Caudal corriente 33

Funcionamiento:

Se procede al control de la temperatura, mediante un sensor de temperatura (TT-25), se mide la temperatura a la salida, el valor medido por este sensor se envía al controlador de temperatura TC-25, el controlador según la medida observada actuará sobre la corriente 33 mediante una bomba.

Instrumentación utilizada.

- Sensor de temperatura: termistor.

7.2.16 Lazo de Control del Tanque pulmón 2 (T-02).

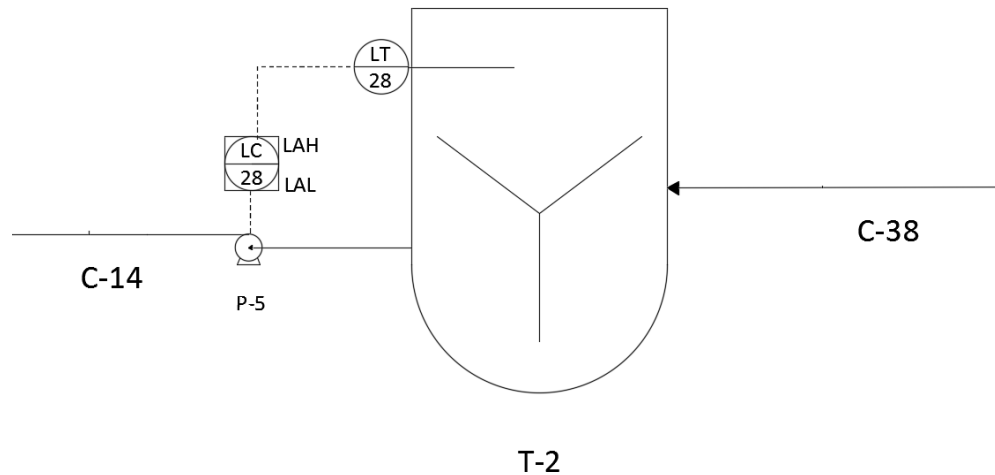


Figura 40: Lazo de Control de T-02.
Fuente: Elaboración propia

a) Lazo de control 28.

Lazo de Nivel

- Variable a controlar: Altura nivel T-02
- Punto de consigna: Nivel máximo 2,31 m y mínimo 0,231 m
- Variable manipulada: Caudal corriente 14

Funcionamiento:

Se procede al control del nivel del tanque pulmón, mediante un sensor de nivel (LT-28), este envía señales al controlador que tendrá alarmas de nivel máximo

y mínimo LC-28, el controlador cuando llega al nivel máximo encenderá la bomba P-5 hasta llegar al nivel mínimo que la volverá apagar

Instrumentación utilizada.

— Sensor de nivel: Flotador magnético con paletas.

7.2.17 Lazo de Control de tanques de almacenamiento (TK-X).

El control de los tanques de almacenamiento se ha realizado de forma común para todos los que almacenan residuos y por otro lado los que almacenan materias primas.

Los que almacenan residuos se ha realizado un sistema de alarma de nivel máximo para que suene la alarma y el operario opere vaciando o cambiando de tanque. Estos son el caso del control de los tanques de almacenamiento 4 y 5.

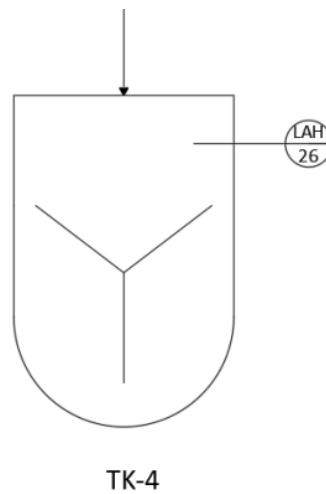


Figura 41: Lazo de Control de TK-XX de residuos.
Fuente: Elaboración propia

El caso de los tanques de almacenamiento de materia prima es un poco más complejo se dispondrá de un sistema de alarmas de nivel mínimo, y también un sensor de nivel y un controlador que regule la bomba de salida, esto se hace porque al variar la altura la potencia de la bomba será distinta y se bombearán distintos caudales.

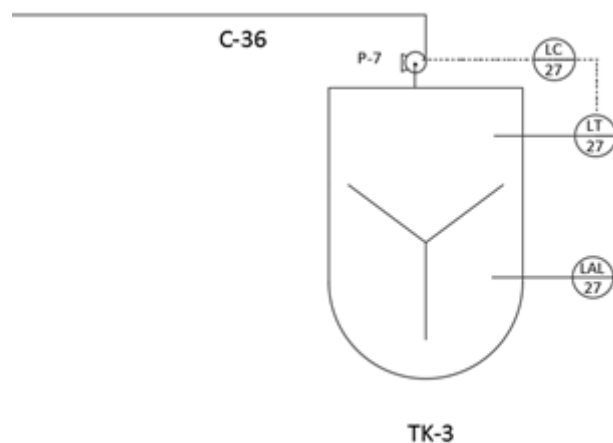


Figura 42: Lazo de Control de TK-XX de materias primas.
Fuente: Elaboración propia

7.3 Protección contra incendios.

7.3.1 Objeto.

Cualquier proyecto tiene por objeto establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir las instalaciones y establecimientos de uso industrial, según el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RD 2267/2004, de 3 de diciembre).

La nave industrial de tratamiento de posos del café debe cumplir estos requisitos para:

- Prevenir la aparición de un incendio.
- Para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

7.3.2 Normativa.

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- La Norma básica de la edificación, aprobada por el Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, establece las condiciones que deben reunir los edificios, excluidos los de uso industrial, para proteger a sus ocupantes frente a los riesgos originados por un incendio y para prevenir daños a terceros.

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre la regulación de las condiciones que deben cumplir los aparatos, equipos y sistemas, así como su instalación y mantenimiento, además de la regulación de los instaladores y mantenedores.
- La Ley 2/1985, de 21 de enero, de Protección Civil, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con el Ministerio del Interior, determinará el catálogo de actividades industriales y de los centros, establecimientos y dependencias en que aquellas se realicen, que deberán disponer de un sistema de autoprotección dotado de sus propios recursos y del correspondiente plan de emergencia para acciones de prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro.
- Todo ello con independencia de lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en sus normas reglamentarias en la medida que pudiera afectar a la seguridad y salud de los trabajadores y en el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, así como de las disposiciones que modifiquen o complementen las normativas citadas.
- UNE 23007 componentes de los sistemas de detección automática de incendios.
- UNE 23008 Instalación de pulsadores manuales de alarma de incendio.
- UNE 23110 Extintores portátiles de incendio.
- UNE 23033-1:1981 Señalización de seguridad contra incendios.

7.3.3 Definiciones.

- **Las actividades de prevención del incendio:** actividades que tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que pueden desencadenar el incendio.
- **Las actividades de respuesta al incendio:** actividades que tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, y minimizar los daños o pérdidas que pueda generar.
- **Industrias:** a los efectos de la presente Ley, las actividades dirigidas a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos industriales, el envasado y embalaje, así como el aprovechamiento, recuperación y eliminación de residuos o subproductos, cualquiera que sea la naturaleza de los recursos y procesos técnicos utilizados, según artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- **Almacenamiento industrial:** cualquier recinto, cubierto o no, que de forma fija o temporal, se dedique exclusivamente a albergar productos de cualquier tipo. También será de aplicación este reglamento a aquellos almacenamientos que estén situados dentro de otro uso, no industrial, con una Carga de Fuego igual o superior a tres millones de MJ (720.000 Mcal), tal como se establece en el apartado 2 que sigue.
- **Establecimiento:** se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo. Según Anexo I del RD 2267/04.

- **Medidas de Protección Pasiva:** tiene como función prevenir la aparición de un incendio, impedir o retrasar su propagación y facilitar tanto la extinción del incendio como la evacuación.
- **Medidas de Protección Activa Contra Incendios:** tiene como función específica la detección, control y extinción del incendio, a través de una lucha directa contra el mismo, y por tanto facilitar la evacuación.
- **Sistemas automáticos de detección de incendio:** sistema que permite detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y de localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas.
- **Estructura portante:** se entenderá por estructura portante de un edificio la constituida por los siguientes elementos: forjados, vigas, soportes y estructura principal y secundaria de cubierta.

7.3.4 Abreviaturas

- RSCIEI: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales
- CTE código Técnico de Edificación
- NBI Norma Básica de Edificación
- RD Real Decreto
- NRI Nivel de Riesgo Intrínseco
- DCF Densidad de Carga de Fuego.
- BIE Red de bocas de incendio equipadas.

7.3.5 Descripción del recinto sujeto a estudio.

El lugar en que se realizará el diseño y cálculo del sistema de protección contra incendios, debe estar sujeto al RD 2267/04, que es la principal norma de seguridad para conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial.

La actividad que se desarrolla es el tratamiento de los posos del café.

La nave industrial se encuentra formada por 2 zonas claramente diferenciadas:

- 1.) Edificio dedicado a la producción y el almacenaje.
- 2.) Edificio dedicado a los servicios y a la investigación.

La distribución de estas dos zonas se aprecia en las **Tablas 53 y 54**:

Tabla 53: Edificio dedicado a los servicios y a la investigación.

Dependencia	Superficie (m ²)
Dirección	24
Zona de oficinas y descanso	264
Vestuarios/ Aseos	48
Investigación	216
Total	552

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Edificio dedicado a la producción y el almacenaje.

Dependencia	Superficie (m ²)
Sala de control	15
Mantenimiento y limpieza	80
Depuración	120
Almacén de materias primas	144
Almacén de productos	180
Proceso	1723
Servicios Auxiliares	224
Total	2486

Fuente: Elaboración propia.

Las oficinas, recepción, el comedor, los vestuarios y los servicios, a pesar de no desarrollar actividad industrial propiamente dicha, quedan sujetas a las directrices del Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales, por tener salas de reuniones, conferencias, proyecciones con capacidad inferior a 100 personas sentadas tal y como se especifica en el Art. 3.2.b de dicha norma. Si sobrepasase la capacidad, la norma de aplicación sería El código Técnico de Edificación CTE, actualmente en vigor, tras derogar la obsoleta Norma Básica de Edificación (NBE/CPI96).

El resto de dependencias, por desarrollar actividades industriales (según el Art.2.a del RD 2267/04) o de almacenamiento industrial (según el Art.2.b del RD 2267/04) entran directamente dentro del ámbito de aplicación de ese Real Decreto.

7.3.6 Plan de emergencia contra incendios.

El Plan incluye un sistema automático de detección de incendios y un equipo humano compuesto por un Jefe de emergencia, un equipo de primera intervención y un equipo de segunda intervención.

Cuando se detecta un fuego, bien de forma personal o por medio de cualquiera de los detectores automáticos, se activa el sistema de emergencia, por lo tanto, dicha activación será manual o automática.

A partir de este momento, mientras los equipos contra incendio intentan sofocar el fuego, la centralita contra incendios, toma el control de la situación y se realiza el siguiente algoritmo:

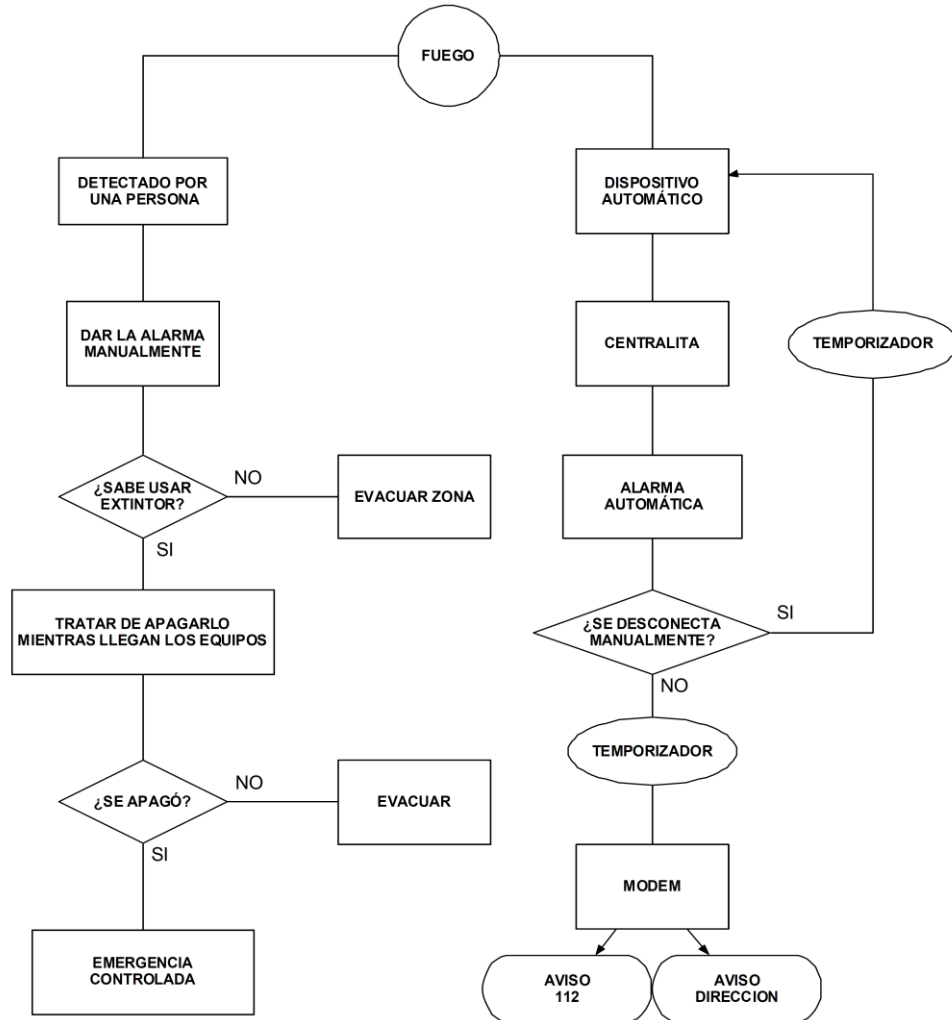


Figura 43: Algoritmo relativo al plan de emergencia contra incendios

Fuente: Cálculo y diseño del sistema contra incendios de una nave industrial, Maximiliano Menzinger).

La centralita contra incendios se instala para maximizar la seguridad mientras haya personal trabajando, aunque no es rigurosamente necesaria, puesto que mediante las alarmas manuales y los sistemas contra incendios instalados sería suficiente para cumplir con la norma, siendo los tiempos en los que el personal no está trabajando, la auténtica justificación de este sistema.

Las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos Industriales, en relación con su seguridad contra incendios, vienen especificadas en el capítulo V del RD 2267/04, que en el Artículo 12 concreta que dichas condiciones y requisitos, estarán determinados por dos parámetros:

- a. Su configuración y ubicación con relación a su entorno
- b. Su nivel de riesgo intrínseco

Dichos parámetros, se establecen en el anexo I del RD 2267/04, tal y como se expone a continuación:

7.3.7 Características de los establecimientos industriales

Se restringen las diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales a dos grupos:

7.3.7.1 **Establecimientos industriales ubicados en un edificio:**

- TIPO A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.
- TIPO B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
- TIPO C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de

mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

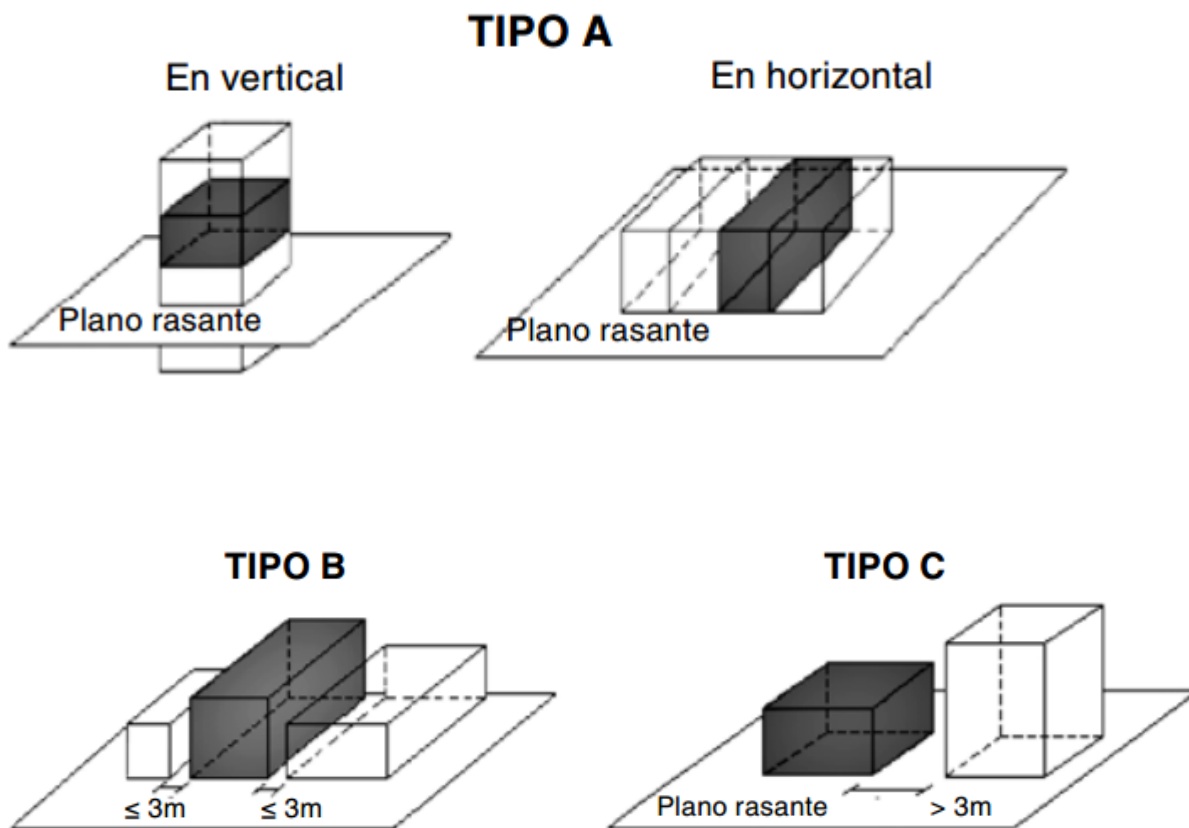


Figura 44. Configuraciones tipo de los establecimientos industriales ubicados en un edificio.

Fuente: Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

7.3.7.2 Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:

TIPO D: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

TIPO E: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

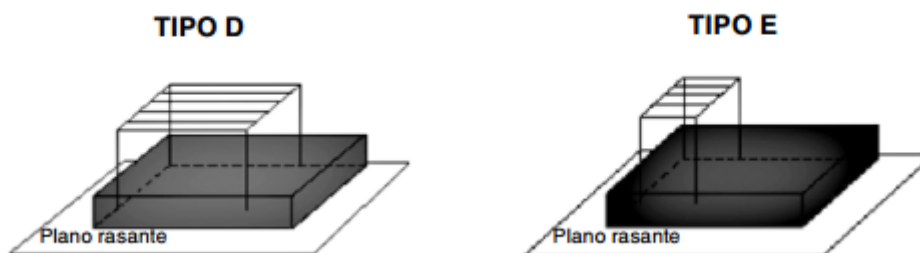


Figura 45. Configuraciones tipo de los establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos.

Fuente: Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Las configuraciones Tipo D y Tipo E no solo deben aplicarse en caso de que alguna de las fachadas carezca totalmente de cerramiento lateral. También se aplicarán a aquellas estructuras que carezcan de cerramientos, parcial o totalmente, siempre que la ausencia de dichos cerramientos sea tal que permitan una rápida disipación del calor.

Este tipo de establecimientos pueden tener algunas zonas cerradas, tales como aseos o vestuarios, que no les convierten necesariamente en establecimientos tipo C.

Teniendo en cuenta que el establecimiento industrial a estudio ocuparía totalmente la nave, y se encuentra a una distancia superior a tres metros de cualquier otro edificio, podemos establecer que según su configuración y ubicación con respecto al entorno, pertenece al grupo de establecimientos TIPO C, según el artículo 2.1 del Anexo I del RD 2267/04.

7.3.8 Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

El otro parámetro sobre el cual el RD 2267/04 se basa para establecer las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos Industriales, en relación con la seguridad contra incendios, es el Nivel de Riesgo Intrínseco. Así, dicho Real Decreto, establece una clasificación, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

Para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Para los tipos D y E se considera que la superficie que ocupan constituye un "área de incendio" abierta, definida solamente por su perímetro. Las medidas de Protección Pasiva (Anexo II, RD 2267/04) y Protección Activa (Anexo III, RD 2267/04) se determinarán para cada sector o área de incendio dependiendo de su Nivel de Riesgo Intrínseco, de su superficie y de la configuración del edificio donde se encuentra el sector.

Teniendo en cuenta que el establecimiento industrial a estudio, según su configuración y ubicación con respecto al entorno, pertenece al grupo de establecimientos TIPO C, consideraremos las zonas de dicha nave como SECTORES DE INCENDIO, según el artículo 3.1 del Anexo I del RD 2267/04.

7.3.9 Sectorización del establecimiento industrial

Según el Artículo 2 del Anexo II del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales, Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C, o constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo D o tipo E, con el fin de que no se propague un incendio al establecimiento colindante. La superficie útil máxima admisible de cada sector de incendio se indica en la **Figura 46**:

Riesgo intrínseco del sector de incendio		Configuración del establecimiento		
		Tipo A m ²	Tipo B m ²	Tipo C m ²
Bajo:		(1) (2) (3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
	1	2.000	6.000	SIN LÍMITE
	2	1.000	4.000	6.000
Medio:		(1) (2) (3)	(2) (3)	(3) (4)
	3	500	3.500	5.000
	4	400	3.000	4.000
	5	300	2.500	3.500
Alto:			(3)	(3) (4)
	6	No admitido	2.000	3.000
	7		1.500	2.500
	8		No admitido	2.000

(1) Si el sector de incendio está situado en primer nivel bajo rasante de calle, la máxima superficie construida admisible es de 400 m², que puede incrementarse por aplicación de las notas (2) y (3).

(2) Si la fachada accesible del establecimiento industrial es superior al 50 por ciento de su perímetro, las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la tabla 2.1, pueden multiplicarse por 1,25.

(3) Cuando se instalen sistemas de rociadores automáticos de agua que no sean exigidos preceptivamente por este reglamento (anexo III), las máximas superficies construidas admisibles, indicadas en la tabla 2.1, pueden multiplicarse por 2.

(Las notas (2) y (3) pueden aplicarse simultáneamente).

(4) En configuraciones de tipo C, si la actividad lo requiere, el sector de incendios puede tener cualquier superficie, siempre que todo el sector cuente con una instalación fija automática de extinción y la distancia a límites de parcelas con posibilidad de edificar en ellas sea superior a 10 m.

(5) Para establecimientos industriales de tipo B, de riesgo intrínseco BAJO 1, cuya única actividad sea el almacenamiento de materiales de clase A y en el que los materiales de construcción empleados, incluidos los revestimientos, sean de clase A en su totalidad, se podrá aumentar la superficie máxima permitida del sector de incendio hasta 10.000 m².

Figura 46 Superficie útil máxima admisible de cada sector de incendio

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Para la sectorización de la Nave Industrial del presente proyecto, la superficie se ha dividido según las distintas zonas de trabajo de los distintos edificios presentes en dicha nave industrial, de acuerdo con la Figura anterior, del siguiente modo:

Tabla 55: Zonas dedicadas a los servicios y a la investigación.

Sector	Dependencia	Superficie (m ²)
Q1	Dirección	24
Q2	Zona de oficinas y descanso	264
Q3	Vestuarios/ Aseos	48
Q4	Investigación	216
Qe1	Total	552

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Zonas dedicadas al proceso.

Sector	Dependencia	Superficie (m ₂)
Q1	Sala de control	15
Q2	Mantenimiento y limpieza	80
Q3	Depuración	120
Q4	Almacén de materias primas	144
Q5	Almacén de productos	180
Q6	Proceso	1723
Q7	Servicios Auxiliares	224
Qe2	Total	2486

Fuente: Elaboración propia.

7.3.10 Método de cálculo del nivel de riesgo intrínseco

El nivel de riesgo intrínseco (NRI) se evalúa calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuran el establecimiento industrial, según la **Ecuación 1**:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \quad (1)$$

- Q_s : Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.
- G_i : Masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).
- q_i : Poder calorífico, en MJ/kg o $Mcal/kg$, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- C_i : Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio
- R_a : Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A : Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación (R_a) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden deducirse de la **Figura 47** o de tablas similares de reconocido prestigio cuyo uso debe justificarse, según el RD 2267/04 (art. 3.2.1 del Anexo I)

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C _i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁ en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
C _i = 1,60	C _i = 1,30	C _i = 1,00

Figura 47: Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i

Nota ITC MIE-APQ1 del reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril.

ITC MIE-APQ1 se refiere al Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril. Tanto los valores del Coeficiente de Peligrosidad por Activación, R_a, como los valores del Poder Calorífico q_i, pueden deducirse de las tablas 1.2 y 1.4 del Anexo I del RSCIEI.

Como alternativa a la expresión anterior, y para simplificar el cálculo, se puede evaluar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida utilizando la densidad de carga de fuego media, aportada por cada uno de los combustibles, en función de la actividad que se realiza en el sector o área de incendio. Las expresiones que se utilizan son las siguientes:

Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \text{ o } \frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (2)$$

Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \text{ o } \frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (3)$$

- q_{si} : densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente que se realizan en el sector (MJ/m^2 o $Mcal/m^2$)
- S_i superficie de cada zona con proceso diferente y q_{si} diferente (m^2)
- q_{vi} Carga de fuego aportada por cada m^3 de cada zona con distinto tipo de almacenamiento existente en el sector (MJ/m^3 o $Mcal/m^3$).
- h_i :altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles (m)
- s_i : superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento en el sector de incendio (m^2)

Tanto la densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente que se realizan en el sector (q_{si}), como la carga de fuego aportada por cada m^3 de cada zona con distinto tipo de almacenamiento existente en el sector (q_{vi}) pueden deducirse de la tabla 1.2 del Anexo I del RSCIEI.

A efectos del cálculo, no se contabilizan los acopios o depósitos de materiales o productos para la manutención de los procesos productivos, de montaje, transformación o reparación, o resultantes de estos, cuyo consumo o producción es

diario y que constituyen el “almacén de día”. Estos materiales o productos se considerarán incorporados al proceso al que deban ser aplicados o del que procedan.

Como la nave industrial sujeta a estudio está constituido por varios sectores y/o áreas de incendio, el cálculo se realiza como la suma de las densidades de carga de fuego ponderada y corregida de cada uno de los sectores de incendio que lo constituyen.

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_i}{A_i} \left(\frac{MJ}{m^2} \text{ o } \frac{Mcal}{m^2} \right) \quad (4)$$

- Q_e : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial (MJ/m^2 o $Mcal/m^2$)
- Q_{si} : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial (MJ/m^2 o $Mcal/m^2$)
- A_i : superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial (m^2)

Una vez calculadas la densidad de carga al fuego ponderada y corregida de los sectores de incendio (Q_s), su Nivel de Riesgo Intrínseco se deducirá de la **Figura 48**.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Figura 48: Cálculo de Nivel de riesgo intrínseco.

Fuente: Tabla 1.3 del Anexo I del RD 2267/04

7.3.11 Cálculo del nivel de riesgo intrínseco.

Se deben deducir los valores de q_{si} , R_a , de los distintos sectores dedicados a la producción de las tablas 1.2, del Anexo I del RD 2267/04, y C_i de la **Figura 47**.

Sector 1: Dirección

Tabla 57: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en dirección.

C_i	q_{si} (MJ/m ²)	R_a	S_i (m ²)	A (m ²)
1,3	800	1,5	24	24

Fuente: Elaboración propia.

Siendo S_i las superficies ocupadas por cada sector con diferente tipo de almacenamiento, y por dedicar cada sector en este caso a una sola actividad, se podrá despejar con A , que tal y como se explica es la superficie de cada sector de incendio.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 1560 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 2: Zona de oficinas y descanso.

Tabla 58: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en zona de oficinas y descanso.

C_i	q_{si} (MJ/m ²)	R_a	S_i (m ²)	A (m ²)
1,3	800	1,5	264	264

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 1560 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 3: Vestuarios/ aseos

Tabla 59: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en zona de vestuarios/aseos.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	800	1,5	48	48

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 1560 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 4: Investigación.

Tabla 60: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en zona de investigación.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	500	1,5	216	216

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 975 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 5: Sala de control.

Tabla 61: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en sala de control.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	300	1	15	15

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_{\bar{t}}}{A} R_a = 390 \text{MJ/m}^2$$

Sector 6: Mantenimiento y limpieza.

Tabla 62: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en mantenimiento y limpieza.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	200	1,3	80	80

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_{\bar{t}}}{A} R_a = 338 \text{MJ/m}^2$$

Sector 7: Depuración.

Tabla 63: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en depuración.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	800	1,5	120	120

Fuente: Elaboración propia

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_{\bar{t}}}{A} R_a = 1560 \text{MJ/m}^2$$

Sector 8: Almacén de materias primas.

Tabla 64: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en almacén de materias primas.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	4500	2	144	144

Fuente: Elaboración propia

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 11.700 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 9: Almacén de productos.

Tabla 65: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en almacén de productos.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	4500	2	180	180

Fuente: Elaboración propia

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 11.700 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 10: Proceso.

Tabla 66: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en proceso.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,3	400	1,5	1723	1723

Fuente: Elaboración propia

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 780 \text{ MJ/m}^2$$

Sector 11: Servicios Auxiliares.

Tabla 67: Valores de los parámetros necesarios para la determinación de la densidad de carga de fuego en servicios auxiliares.

Ci	q _{si} (MJ/m ²)	Ra	Si (m ²)	A(m ²)
1,6	200	1	224	224

Fuente: Elaboración propia

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i}{A} R_a = 320 \text{ MJ/m}^2$$

La carga global del edificio dedicado a la producción y el almacenaje.

$$Q_{e1} = \frac{(1560 \cdot 24) \cdot (1560 \cdot 264) \cdot (1560 \cdot 48) \cdot (975 \cdot 216)}{24 + 264 + 48 + 216} = 1.331 \text{ MJ/m}^2$$

La carga global del edificio dedicado a los servicios y a la investigación.

$$Q_{e2} = \frac{(390 \cdot 15) \cdot (338 \cdot 80) \cdot (1560 \cdot 120) \cdot (11700 \cdot 144) \cdot (11700 \cdot 180) \cdot (780 \cdot 1723) \cdot (320 \cdot 224)}{15 + 80 + 120 + 144 + 180 + 1723 + 224} = 2182,82 \text{ MJ/m}^2$$

Finalmente, se deduce el Nivel de Riesgo Intrínseco comparando los valores obtenidos de Q_s y Q_e en la tabla 1.3 del Anexo I del RSCEI. De manera resumida queda del siguiente modo:

Tabla 68: Nivel de Riesgo Intrínseco de los distintos edificios de la planta de producción.

Edificio	Densidad de carga, MJ/m ²	Nivel de Riesgo Intrínseco
Edificio dedicado a la producción y el almacenaje	1.331,1	Medio Categoría 4
Edificio dedicado a los servicios y a la investigación	2.182,8	Medio Categoría 5

Fuente: Elaboración propia

7.3.12 Requisitos de la instalación de protección contra incendios

Según el Artículo 1 del Anexo III del RSCIEI, todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel. Además, deberán cumplir la Directiva Europea de Productos de la Construcción, desarrollada a través del Real Decreto 1630/92 y posteriores resoluciones, donde se recogen las referencias de normas armonizadas, periodos de coexistencia y entrada en vigor del mercado CE.

7.3.13 Sistemas automáticos de detección de incendio

El artículo 3 del Anexo III del RSCIEI, especifica cuando es obligatorio instalar estos sistemas, en base a al tipo de edificio, nivel de riesgo intrínseco y a su superficie. A modo de resumen lo podemos observar en las siguientes Figuras.

Para actividades industriales de producción, montaje, y reparación, u otras distintas al almacenamiento:

TIPO DE EDIFICIO	NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	SUPERFICIE m ²
A	TODOS	≥ 300
B	MEDIO	≥ 1000
B	ALTO	≥ 500
C	MEDIO	≥ 1500
C	ALTO	≥ 1000

Figura 49: Requisitos de actividades distintas al almacenamiento que requieren sistemas automáticos de detección de incendios

Fuente: Cálculo y diseño del sistema contra incendios de una nave industrial, Maximiliano Menzinger).

Para actividades de almacenamiento:

TIPO DE EDIFICIO	NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	SUPERFICIE m ²
A	TODOS	≥ 150
B	ALTO	≥ 1000
B	ALTO	≥ 500
C	MEDIO	≥ 1500
C	ALTO	≥ 800

Figura 50: Requisitos de actividades relacionadas con el almacenamiento que requieren sistemas automáticos de detección de incendio.

Fuente: Cálculo y diseño del sistema contra incendios de una nave industrial, Maximiliano Menzinger).

En la Nave Industrial sujeta a estudio, será obligatorio instalar sistemas automáticos de detección de incendio en el edificio dedicado a la producción y el almacenaje, ya que éste se ha catalogado como edificio de Tipo C con una superficie útil de 2.486 m². Mientras que en el edificio dedicado a la producción y el almacenaje no va a ser obligatorio al tener una superficie menor a 1.500 m²

7.3.13.1 Elección de los detectores de incendio

Según el Real Decreto 1942/93, que en su Apéndice I trata sobre las características exigidas por los aparatos, equipos y sistemas de protección contra incendios, precisa que los detectores de incendio necesitarán, antes de su fabricación o importación, ser aprobados por la autoridad competente, de manera que se pueda justificar el cumplimiento de lo establecido en la norma UNE 23.007.

El número y tipo de detector se instalará dependiendo de la clase de fuego que deban detectar, así como el entorno en el que se encuentren.

En la Nave sujeta a estudio, se instalarán detectores ópticos de humo en todos los sectores, de manera que cubran el 90 % de toda la superficie.

7.3.14 Sistemas manuales de alarma de incendio

Si no se requieren sistemas automáticos de detección de incendio, será mandatorio instalar sistemas manuales. Estos, serán pulsadores, y deberán cumplir con la norma UNE-23007, según establece el RD 1942/93.

Se colocarán al menos, junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, de manera que la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador, debe ser inferior a 25 metros.

7.3.15 Sistemas de comunicación de alarma

Según el artículo 5 del Anexo III del RSCIEI, se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial es de 10.000 m² o superior.

En la Nave Industrial sujeta a estudio, no será obligatorio instalar sistemas de comunicación de alarma, ya que abarca una superficie útil de 3.038 m²

7.3.16 Sistemas de hidrantes exteriores

El sistema de hidrantes para uso exclusivo del Cuerpo de Bomberos, o para personal debidamente formado, será obligatorio si lo exigen las disposiciones vigentes que regulan las actividades industriales según especifica el artículo primero del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, o siempre y cuando concurren las circunstancias que se reflejan en la **Figura 51**:

Configuración de la zona de incendio	Superficie en m ²	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥ 300	NO	SI	
	≥ 1000	SI	SI	
B	≥ 1000	NO	NO	SI
	≥ 2500	NO	SI	SI
	≥ 3500	SI	SI	SI
C	≥ 2000	NO	NO	SI
	≥ 35000	NO	SI	SI
D o E	≥ 5000	SI	SI	SI
	≥ 15000		SI	SI

Figura 51. Circunstancias en las cuales es obligatorio el uso de un sistema de hidrantes exteriores
Fuente: Cálculo y diseño del sistema contra incendios de una nave industrial, Maximiliano Menzinger.

En la Nave Industrial sujeta a estudio, no será obligatorio instalar hidrantes exteriores ya que como edificio se ha catalogado como Tipo C, con una superficie útil de 2.486m².

7.3.17 Extintores de incendio

El artículo 8 del RSCIEI, trata sobre este tema, y en su apartado primero obliga a instalar extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, excepto en aquellas zonas de los almacenamientos operados automáticamente, en los que la actividad impide el acceso de personas.

El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo a la **Figura 52**:

Agente extintor	Clase de fuego (UNE 23.010):			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	(2)xxx	x		
Agua a chorro	(2)xx			
Polvo BC (convencional)		xxx	xx	
Polvo ABC (polivalente)	xx	xx	xx	
Polvo específico metales				xx
Espuma física	(2)xx	xx		
Anhídrido carbónico	(1)x	x		
Hidrocarburos halogenados	(1)x	xx		

Siendo:
xxx Muy adecuado.
xx Adecuado.
x Aceptable.

Notas:

(1) En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse xx.

(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE 23.110.

Figura 52: Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego.

Fuente: Tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre,

Dicho artículo, especifica que cuando en el sector de incendio coexistan combustibles de la clase A y de la clase B, se considerará que la clase de fuego del sector de incendio es A o B cuando la carga de fuego aportada por los combustibles de clase A o de clase B, respectivamente, sea, al menos, el 90 por ciento de la carga de fuego del sector. En otro caso, la clase de fuego del sector de incendio se considerará A-B.

Si la clase de fuego del sector de incendio es A o B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con la tabla 3.1 o con la tabla 3.2, respectivamente del Anexo III del Reglamento de Seguridad Contra

Incendios en los Establecimientos Industriales (RD 2267/04) que se expondrán a continuación.

Si la clase de fuego del sector de incendio es A-B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio sumando los necesarios para cada clase de fuego (A y B), evaluados independientemente, según las tablas 3.1 y 3.2 del RSCIES, que se representan en las **Figuras 53 y 54**.

Cuando en el sector de incendio existan combustibles de clase C que puedan aportar una carga de fuego que sea, al menos, el 90 por ciento de la carga de fuego del sector, se determinará la dotación de extintores de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que les afecte. En otro caso, no se incrementará la dotación de extintores si los necesarios por la presencia de otros combustibles (A y/o B) son aptos para fuegos de clase C.

Cuando en el sector de incendio existan combustibles de clase D, se utilizarán agentes extintores de características específicas adecuadas a la naturaleza del combustible, que podrán proyectarse sobre el fuego con extintores, o medios manuales, de acuerdo con la situación y las recomendaciones particulares del fabricante del agente extintor

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

Figura 53: Determinación del número de extintores en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A.

Fuente: Tabla 3.1 del Anexo III del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RD 2267/04)

VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)				
	$V \leq 20$	$20 < V \leq 50$	$50 < V \leq 100$	$100 < V \leq 200$
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

(1) Cuando más del 50 por ciento del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B, según la Norma UNE-EN 3-7.

(2) Cuando el volumen de combustibles líquidos en el sector de incendio, V, supere los 200 l, se incrementará la dotación de extintores portátiles con extintores móviles sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC, o ABC, a razón de:

Un extintor, si: $200 \text{ l} < V \leq 750 \text{ l}$.

Dos extintores, si: $750 \text{ l} < V \leq 2000 \text{ l}$.

Si el volumen de combustibles de clase B supera los 2000 l, se determinará la protección del sector de incendio de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que lo afecte.

Figura 54: Determinación del número de extintores en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B

Fuente: Tabla 3.2 del Anexo III del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RD 2267/04)

No se permite el empleo de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V. La protección de estos se realizará con extintores de dióxido de carbono, o polvo seco BC o ABC, cuya carga se determinará según el tamaño del objeto protegido con un valor mínimo de cinco kilos de dióxido de carbono y seis kilos de polvo seco BC o ABC.

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Debe permitir que sean fácilmente visibles y accesibles.
- 2) Deben estar situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio.
- 3) A ser posible, deberán instalarse próximos a la salida de evacuación.
- 4) Deberán estar fijados a sujeciones verticales, de manera que la parte superior del extintor esté como máximo a 1,70 metros del suelo.
- 5) Deben distribuirse de tal manera que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor más próximo, no supere 15 m.

Los extintores de incendio, sus características y especificaciones se ajustarán al “Reglamento de Aparatos a Presión” y a su instrucción técnica complementaria MIE-AP5. Además, los recipientes de los extintores de incendio deberán cumplir con los requisitos esenciales de seguridad de la Directiva 97/23/CEE “Equipos a presión” transpuesta a través del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo.

7.3.18 Cálculo del número y tipo de extintores.

Teniendo en cuenta lo visto en el punto anterior, se deduce que el tipo de fuego que se puede generar en la planta industrial sujeta a estudio es de TIPO A para la mayoría de sectores, así como de TIPO B y TIPO C en menor medida.

Como la regla recomienda no utilizar agua o espuma en presencia de tensión eléctrica, se optará por el uso de Polvo Seco Polivalente ABC. De esta forma, el número exigido de extintores, según la configuración de dicha planta industrial será:

Tabla 69. Configuración de la planta.

Dependencias	Sector	Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial (MJ/m ²)	Nivel de riesgo intrínseco	Superficie útil, m ²
Dirección	1	1560	Medio 4	24
Zona de oficinas	2	1560	Medio 4	264
Vestuarios/Aseos	3	1560	Medio 4	48
Investigación	4	975	Medio 3	216
Sala de control	5	390	Bajo 1	15
Mantenimiento y limpieza	6	338	Bajo 1	80
Depuración	7	1560	Medio 4	120
Almacén M.P	8	11700	Alto 7	144
Almacén Producto	9	11700	Alto 7	180
Proceso	10	780	Bajo 2	1723
Servicios Auxiliares	11	320	Bajo 1	224

Fuente: Elaboración propia

Sector 1: Dirección

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Medio categoría 4, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 24 m² que es menor de los 400 m² de área mínima.

Sector 2: Zona de oficinas y descanso.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Medio categoría 4, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 264 m², que es menor de los 400 m² de área mínima.

Sector 3: Vestuarios/ aseos.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Medio categoría 4, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 48 m², que es menor de los 400 m² de área mínima.

Sector 4: Investigación.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Medio categoría 3, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 216 m², que es menor de los 400 m² de área mínima.

Sector 5: Sala de control.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco bajo categoría 1, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 15 m², que es menor de los 600 m² de área mínima.

Sector 6: Mantenimiento y limpieza.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco bajo categoría 1, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 80 m², que es menor de los 600 m² de área mínima.

Sector 7: Depuración.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Medio categoría 4, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 120 m², que es menor de los 400 m² de área mínima.

Sector 8: Almacén de materias primas.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Alto categoría 7, se considera un extintor de eficacia mínima 34 A, ya que la superficie es de 144 m² que es menor de los 300 m² de área mínima.

Sector 9: Almacén de productos.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco Alto categoría 7, se considera un extintor de eficacia mínima 34 A, ya que la superficie es de 180 m² que es menor de los 300 m² de área mínima.

Sector 10: Proceso.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco bajo categoría 2, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, debido a que la superficie es de 1723 m², que es mayor de los 600 m² de área mínima, se necesitarán 7 extintores.

Sector 11: Servicios Auxiliares.

La Dirección se considera Nivel de Riesgo intrínseco bajo categoría 1, se considera un extintor de eficacia mínima 21 A 233 B C, ya que la superficie es de 224 m², que es menor de los 600 m² de área mínima.

Tabla 70. Configuración de la planta.

Sector	Cantidad	Eficacia mínima
1	1	21A 113B C
2	1	21A 113B C
3	1	21A 113B C
4	1	21A 113B C
5	1	21A 113B C
6	1	21A 113B C
7	1	21A 113B C
8	1	34A 113B C
19	1	34A 113B C
10	7	21A 113B C
11	1	21A 113B C
Total	17	

Fuente: Elaboración propia

7.3.19 Sistemas de bocas de incendio equipadas

Los sistemas de bocas de incendio equipadas estarían compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y los equipos de bocas de incendio equipadas (BIE).

Según el artículo 9.1 del Anexo III del RSCIEI, se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

- a. Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- b. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- c. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m² o superior.
- d. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.
- e. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- f. Son establecimientos de configuraciones de tipo D o E, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 5.000 m² o superior.

En el edificio dedicado a la producción y el almacenaje será necesario del uso de equipos de bocas de incendios equipadas. Según el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios:

1. Tipo de BIE y necesidades de agua: Además de los requisitos establecidos en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, para su disposición y características se cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Figura 55: Tipo de BIE y necesidades de agua.

Fuente: Guía técnica de aplicación: Reglamento de seguridad contra Incendios en los Establecimientos industriales

En el edificio dedicado a la producción y el almacenaje se tiene un riesgo intrínseco medio, luego se optara por BIE de DN 45 mm

2. Emplazamiento y distribución:

- Siempre que sea posible, se instalarán en el interior de los edificios.
- En paramentos y pilares, con el centro a 1,5 m del suelo como máximo.
- Se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.
- El número y distribución de las BIE en un sector de incendio, en espacio diáfano, será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendio en que estén instaladas quede cubierta por una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5 m.

- La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 m.
- Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.
- La red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora, como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorable, una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE.
- Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas.
- El sistema de BIE se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y como mínimo a 980 kPa (10 kg/cm²), manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

7.3.20 Sistemas de columna seca

Según el artículo 10 del Anexo III del RSCIEI, se instalarán sistemas de columna seca en los establecimientos industriales, si son de riesgo intrínseco medio o alto y su altura de evacuación es de 15 metros o superior.

Dicho sistema, debería cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de Protección Contra Incendios

En el edificio dedicado a la producción y el almacenaje, será necesaria la instalación debido a que supera los 15 m de altura.

- El sistema de columna seca estará compuesto por toma de agua en fachada o en zona fácilmente accesible al servicio contra incendios, con la indicación de uso exclusivo de los bomberos, provista de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 70 mm con tapa y llave de purga de 25 mm, columna ascendente de tubería de acero galvanizado y diámetro nominal de 80 mm, salidas en las plantas pares hasta la octava y en todas a partir de ésta, provistas de conexión siamesa, con llaves incorporadas y racores de 45 mm con tapa; cada cuatro plantas se instalará una llave de seccionamiento por encima de la salida de planta correspondiente. La toma de fachada y las salidas en las plantas tendrán el centro de sus bocas a 0,90 m sobre el nivel del suelo.
- Las llaves serán de bola, con palanca de accionamiento incorporada. El sistema de columna seca se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiéndole a una presión estática de 1.470 kPa (15 kg/cm) durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación. Los racores antes de su fabricación o importación deberán ser aprobados de acuerdo con este Reglamento, ajustándose a lo establecido en la norma UNE 23.400

7.3.21 Sistemas de rociadores automáticos de agua

El artículo 11 del Anexo III del RSCIEI especifica que se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

a. Actividades de producción, montajes, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:

a.1 Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.

a.2 Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2500 m² o superior

a.3 Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.

a.4 Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3500 m² o superior.

a.5 Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.

b. Actividades de almacenamiento si:

b.1 Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m² o superior.

b.2 Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m² o superior.

b.3 Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m² o superior.

b.4 Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.

b.5 Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.

En la Nave Industrial sujeta a estudio, no será obligatorio instalar sistemas de rociadores automáticos de agua, ya que como edificio se ha catalogado como Tipo C, con una superficie útil de 3038 m², y Riesgo Intrínseco medio, y es menor 3500 m².

7.3.22 Sistemas de agua pulverizada

Se instalarán sistemas de agua pulverizada cuando por la configuración, contenido, proceso y ubicación del riesgo sea necesario refrigerar partes de este para asegurar la estabilidad de su estructura, y evitar los efectos del calor de radiación emitido por otro riesgo cercano

Y en aquellos sectores de incendio y/o áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.

En la Nave Industrial sujeta a estudio, no será obligatorio instalar sistemas de agua pulverizada, ya que las actividades desarrolladas en ella, no se corresponden con las especificadas en el artículo 1 del Real Decreto 2267/04 de Protección Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

7.3.23 Sistemas de espuma física.

Se instalarán sistemas de espuma física en aquellos sectores de incendio y áreas de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales, sectoriales o específicas y, en general, cuando existan áreas de un sector de incendio en las que se manipulan líquidos inflamables que, en caso de incendios, puedan propagarse a otros sectores.

En la nave se trabajará con etanol que es altamente inflamable luego será necesaria su instalación.

Los sistemas de inundación están compuestos por:

- Red de tubería.
- Tanques de almacenamiento de espumógeno.
- Sistema de mezcla de agua y espumógeno (Dosificador proporcionador).
- Boquillas descarga de baja, media o alta expansión.

Adicionalmente, estos sistemas se complementan con monitores de agua y espuma.

7.3.24 Sistemas de extinción por polvo.

Se instalarán sistemas de extinción por polvo en aquellos sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones

vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas.

7.3.25 Extinción automática por agentes extintores gaseosos.

Estos sistemas sólo serán utilizables cuando quede garantizada la seguridad o la evacuación del personal.

Se instalarán sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos en los sectores de incendio de los establecimientos industriales, según el RSCIEI cuando:

- a. Sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas (artículo 1 de este reglamento).
- b. Constituyan recintos donde se ubiquen equipos electrónicos, centros de cálculo, bancos de datos, centros de control o medida y análogos y la protección con sistemas de agua pueda dañar dichos equipos.

De lo que se deduce que en la Nave sujeta a estudio, no será necesaria la instalación de sistemas de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación, por estar construida en su totalidad en planta sobre rasante, y el número máximo de trabajadores pertenecientes a un sector de riesgo medio es inferior a 10 de un total de 18 personas.

7.3.26 Alumbrado de emergencia de vías de evacuación

Según el artículo 16.1 del RSCIEI, contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación, los sectores de incendio de los edificios industriales cuando:

- a. Estén situados en planta bajo rasante.
- b. Estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.
- c. En cualquier caso, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 25 personas.

De lo que se deduce que en la Nave sujeta a estudio, no será necesaria la instalación de sistemas de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación, por estar construida en su totalidad en planta sobre rasante, y el número máximo de trabajadores pertenecientes a un sector de riesgo medio es inferior a 10.

7.3.27 Sistemas de alumbrado de emergencia

El artículo 16.2 del Anexo III del RD 2267/04 desarrolla este punto y expresa que será perceptivo instalar sistemas de alumbrado de emergencia en:

- a. Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios (citadas en el anexo II.8 del RSCIEI) o de los procesos que se desarrollan en el establecimiento industrial.

b. Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los sistemas de protección contra incendios.

c. La iluminancia será, como mínimo, de cinco lux en los espacios definidos para este caso.

d. La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.

e. Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

La ubicación y número de Luminarias de Emergencia que se deben instalar, las especifica el Real Decreto 485/1997, que regula, que el lugar de emplazamiento de dichas señales, será aquel que permita la visión de al menos una luminaria, desde cualquier punto del sector de incendio, y se colocarán preferentemente sobre los dinteles de las puertas de salida de emergencia, o en el camino hacia la salida más próxima.

7.3.28 Señalización

Teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre

disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida.

Dichas señales deberán seguir los requerimientos estipulados por las normas UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035.

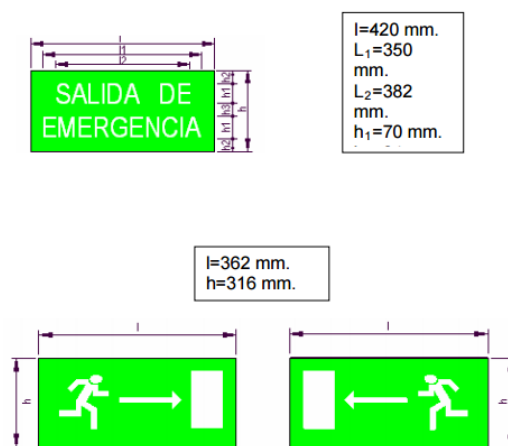


Figura 56. Señales a instalar en la planta industrial en la prevención contra incendios.

Fuente: Cálculo y diseño del sistema contra incendios de una nave industrial, Maximiliano Menzinger).

7.3.29 Plano de protección contra incendios

En los planos se mostrará el plano contra incendios que permitirá plasmar los conceptos desarrollados en este apartado.

7.4 Abastecimiento.

7.4.1 Introducción y Objeto.

En esta sección se estudia la instalación de abastecimiento de la nave industrial dedicada al tratamiento de los posos del café.

Para ello se tiene como objetivo la descripción de las instalaciones de abastecimiento de agua potable, distribución de agua fría y agua caliente sanitaria.

7.4.2 Caracterización y cuantificación de las exigencias.

7.4.2.1 Propiedades de la instalación

Calidad del agua

— El agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.

- RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- RD 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Estos criterios quedan garantizados por la empresa suministradora.

— Las compañías suministradoras facilitarán los datos de caudal y presión que servirán de base para el dimensionado de la instalación.

— Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por la el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero; Por accesorio se entienden aquellos elementos o partes de elementos que no siendo tubulares, se encuentren en contacto con el agua.
- no deben modificar la potabilidad, el olor, el color ni el sabor del agua;
- deben ser resistentes a la corrosión interior;
- deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas;
- no deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí;
- deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato;
- deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano;
- su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

— Para cumplir las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.

— La instalación de suministro de agua debe tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa (biofilm).

Protección contra retornos

- Se dispondrán sistemas antirretorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos que figuran a continuación, así como en cualquier otro que resulte necesario:
 - después de los contadores;
 - en la base de las ascendentes;
 - antes del equipo de tratamiento de agua;
 - en los tubos de alimentación no destinados a usos domésticos;
 - antes de los aparatos de refrigeración o climatización.
- Las instalaciones de suministro de agua no podrán conectarse directamente a instalaciones de evacuación ni a instalaciones de suministro de agua proveniente de otro origen que la red pública.
- En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.
- Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

Los sistemas antirretorno pueden ser válvulas antirretorno, o desconectores.

Condiciones mínimas de suministro

— La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la **Tabla 71**.

Tabla 71 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,050	0,030
Lavabo	0,100	0,065
Ducha	0,200	0,100
Bañera de 1,40 m o más	0,300	0,200
Bañera de menos de 1,40 m	0,200	0,150
Bidé	0,100	0,065
Inodoro con cisterna	0,100	-
Inodoro con fluxor	1,250	-
Urinarios con grifo temporizado	0,150	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,040	-
Fregadero doméstico	0,200	0,100
Fregadero no doméstico	0,300	0,200
Lavavajillas doméstico	0,150	0,100
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,250	0,200
Lavadero	0,200	0,100
Lavadora doméstica	0,200	0,150
Lavadora industrial (8 kg)	0,600	0,400
Grifo aislado	0,150	0,100
Grifo garaje	0,200	-
Vertedero	0,200	-

Fuente: Elaboración propia: Documento básico HS de salubridad

Estos caudales son mínimos admisibles, por lo que se pueden emplear caudales mayores si se desea. En el dimensionado debe tenerse en cuenta los coeficientes de simultaneidad.

— En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:

- 100 kPa para grifos comunes;
- 150 kPa para fluxores y calentadores

— La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.

— La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que estas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

Mantenimiento

— Excepto en viviendas aisladas y adosadas, los elementos y equipos de la instalación que lo requieran, tales como el grupo de presión, los sistemas de tratamiento de agua o los contadores, deben instalarse en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente.

— Las redes de tuberías, incluso en las instalaciones interiores particulares si fuera posible, deben diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben estar a la vista, alojadas en huecos o patinillos registrables o disponer de arquetas o registros.

7.4.2.2 Señalización.

Si se dispone una instalación para suministrar agua que no sea apta para el consumo, las tuberías, los grifos y los demás puntos terminales de esta instalación deben estar adecuadamente señalados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca.

7.4.2.3 Ahorro de agua.

- Debe disponerse un sistema de contabilización tanto de agua fría como de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable.
- En las redes de ACS debe disponerse una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.

7.4.3 Diseño.

La instalación de abastecimiento de agua debe estar compuesta por una acometida, una instalación general y de derivaciones colectivas al ser de contabilización única.

7.4.3.1 Esquema general de la instalación.

El esquema general de la instalación debe ser de uno de los dos tipos siguientes:

- Red con contador general único, según el esquema de la **Figura 57**, y compuesta por la acometida, la instalación general que contiene un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación y un distribuidor principal; y las derivaciones colectivas.

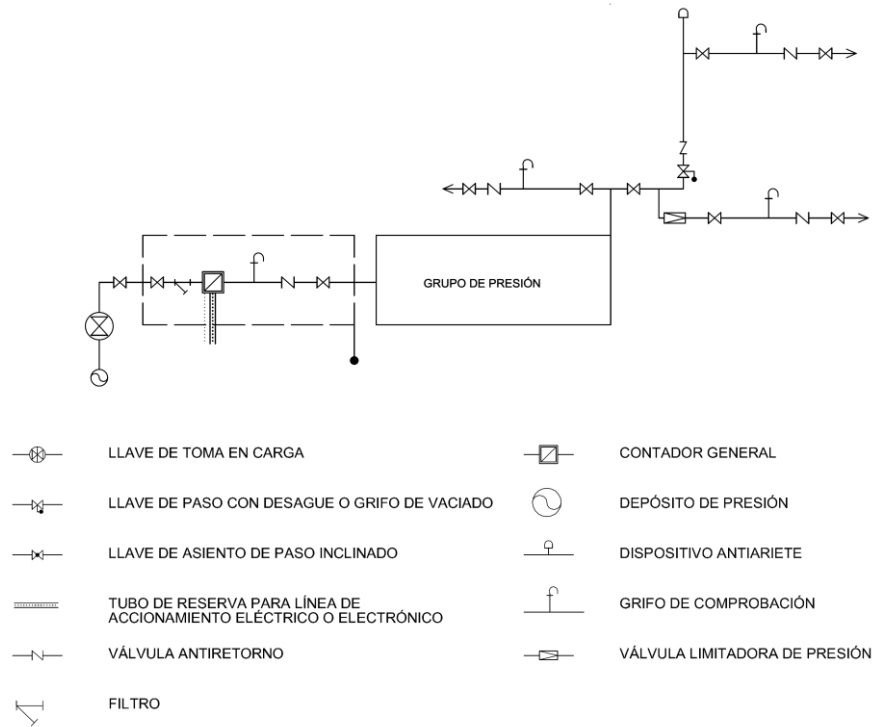


Figura 57 Esquema de red con contador general.

Fuente: Documento básico HS de salubridad

- red con contadores aislados, según el esquema de la **Figura 58**, compuesta por la acometida, la instalación general que contiene los contadores aislados, las instalaciones particulares y las derivaciones colectivas.

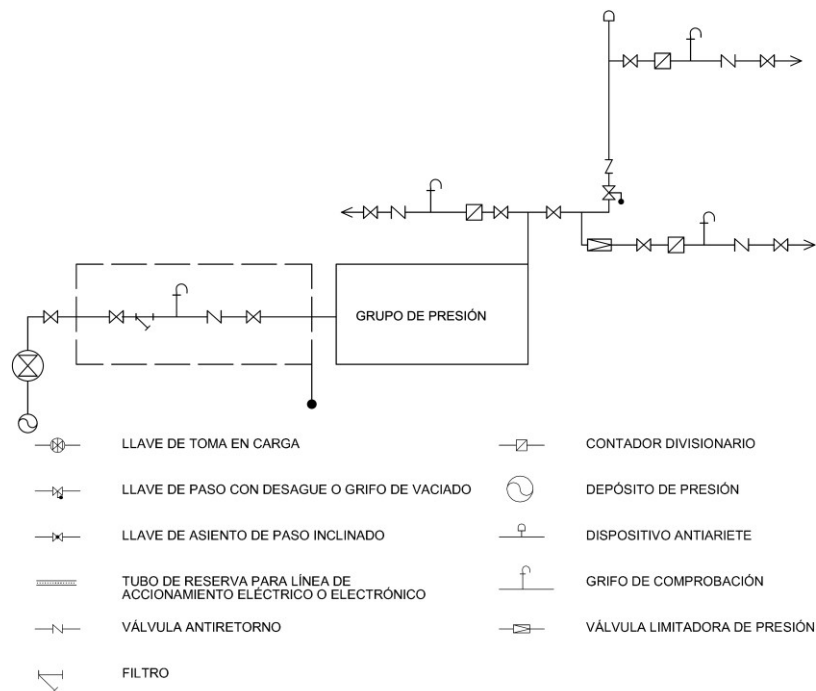


Figura 58 Esquema de red con contadores aislados

Fuente: Documento básico HS de salubridad

7.4.3.2 Elementos que componen la instalación

Red de agua fría:

Acometida: La acometida se presenta dentro de la parcela de la planta y cuenta con los siguientes elementos: una llave de toma, que toma agua de la red exterior, una llave corte y un tubo de acometida que enlace ambas.

La instalación general: contiene los siguientes elementos.

- Llave de corte general: se sitúa en el interior de la finca, en un sitio accesible y sirve para interrumpir el suministro a la nave.
- Filtro de la instalación general: se instala a continuación de la llave de corte general, debe ser un filtro tipo Y, con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 μm , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable y su función es retener los residuos del agua para evitar fenómenos de corrosión.
- Armario o arqueta del contador general: dispone en su interior por orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación general, contador.
- El armario o arqueta del contador general: contendrá, dispuestos en este orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación general, el contador, una llave, un grifo, una válvula de retención y una llave de salida.. El grifo permitirá la toma de muestras de agua.
- El tubo de alimentación, el trazado del distribuidor principal, los ascendentes o montantes discurren por zonas de uso común.
- El trazado del distribuidor será en anillo, debido a que en caso de avería o reforma el suministro interior deba quedar garantizado, deben disponerse llaves de corte en las derivaciones, de tal forma que en caso de avería en cualquier punto no deba interrumpirse todo el suministro.
- Los ascendentes o montantes: deben disponer en su base de una válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y de una llave de paso con grifo. En su parte superior deben instalarse dispositivos de purga, automáticos o manuales, con un separador o cámara que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.

Las derivaciones: Están compuesta por los elementos siguientes: una llave de paso, una llave de corte, tanto para agua fría como para agua caliente, ramales de enlace y en los puntos de consumo, de los cuales, todos los aparatos de descarga, llevarán una llave de corte individual.

Sistemas de control y regulación de la presión:

— Sistemas de sobreelevación: grupos de presión.

El sistema se debe diseñar para que se pueda suministrar a distintas zonas con presión sin necesidad del grupo de presión.

El grupo de presión debe ser de alguno de los dos tipos siguientes:

- convencional, que contará con: depósito auxiliar de alimentación, que evite la toma de agua directa por el equipo de bombeo; equipo de bombeo, compuesto, como mínimo, de dos bombas de iguales prestaciones y funcionamiento alterno, montadas en paralelo; depósitos de presión con membrana, conectados a dispositivos suficientes de valoración de los parámetros de presión de la instalación, para su puesta en marcha y parada automáticas;
- de accionamiento regulable, también llamados de caudal variable, que podrá prescindir del depósito auxiliar de alimentación y contará con un variador de frecuencia que accionará las bombas manteniendo constante la presión de salida, independientemente del caudal solicitado o disponible. Una de las bombas mantendrá la parte de caudal necesario para el mantenimiento de la presión adecuada.

El grupo de presión se instalará en un local de uso exclusivo que podrá albergar también el sistema de tratamiento de agua. Las dimensiones de dicho local serán suficientes para realizar las operaciones de mantenimiento.

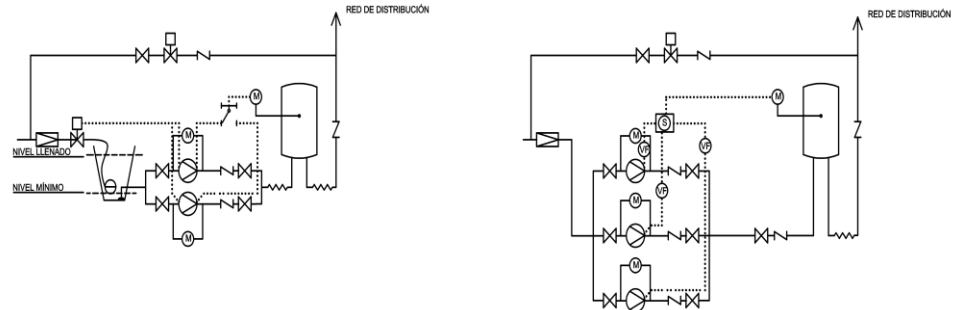


Figura 59. Grupos de presión

Fuente: Documento básico HS de salubridad

— Sistemas de reducción de la presión.

Deben instalarse válvulas limitadoras de presión en el ramal o derivación pertinente para que no se supere la presión de servicio máxima establecida en 7.4.3.1

Cuando se prevean incrementos significativos en la presión de red deben instalarse válvulas limitadoras de tal forma que no se supere la presión máxima de servicio en los puntos de utilización.

Sistemas de tratamiento de agua:

Durante el proceso no se necesitará condiciones especiales para ningún equipo, luego no se someterá a ningún tratamiento.

a) Instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS)

Distribución (impulsión y retorno)

- En el diseño de las instalaciones de ACS deben aplicarse condiciones análogas a las de las redes de agua fría.
- En los edificios en los que sea de aplicación la contribución mínima de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria, de acuerdo con la sección HE-4 del DB-HE, deben disponerse, además de las tomas de agua fría, previstas para la conexión de la lavadora y el lavavajillas, sendas tomas de agua caliente para permitir la instalación de equipos bitérmicos.
- Tanto en instalaciones individuales como en instalaciones de producción centralizada, la red de distribución debe estar dotada de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.
- Para soportar adecuadamente los movimientos de dilatación por efectos térmicos deben tomarse las precauciones siguientes:
 - en las distribuciones principales deben disponerse las tuberías y sus anclajes de tal modo que dilaten libremente, según lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE para las redes de calefacción;
 - en los tramos rectos se considerará la dilatación lineal del material, previendo dilatadores si fuera necesario, cumpliéndose para cada tipo de tubo las distancias que se especifican en el Reglamento antes citado.

El aislamiento de las redes de tuberías, tanto en impulsión como en retorno, debe ajustarse a lo dispuesto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.

7.4.3.3 Protección contra retornos.

Condiciones generales de la instalación de suministro:

- La constitución de los aparatos y dispositivos instalados y su modo de instalación deben ser tales que se impida la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella.
- La instalación no puede empalmarse directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales.
- No pueden establecerse uniones entre las conducciones interiores empalmadas a las redes de distribución pública y otras instalaciones, tales como las de aprovechamiento de agua que no sea procedente de la red de distribución pública.
- Las instalaciones de suministro que dispongan de sistema de tratamiento de agua deben estar provistas de un dispositivo para impedir el retorno; este dispositivo debe situarse antes del sistema y lo más cerca posible del contador general si lo hubiera.

Puntos de consumo de alimentación directa

- En todos los aparatos que se alimentan directamente de la distribución de agua, tales como bañeras, lavabos, bidés, fregaderos, lavaderos, y en

general, en todos los recipientes, el nivel inferior de la llegada del agua debe verter a 20 mm, por lo menos, por encima del borde superior del recipiente.

- Los rociadores de ducha manual deben tener incorporado un dispositivo antirretorno.

Depósitos cerrados

En los depósitos cerrados aunque estén en comunicación con la atmósfera, el tubo de alimentación desembocará 40 mm por encima del nivel máximo del agua, o sea por encima del punto más alto de la boca del aliviadero. Este aliviadero debe tener una capacidad suficiente para evacuar un caudal doble del máximo previsto de entrada de agua.

Derivaciones de uso colectivo

- Los tubos de alimentación que no estén destinados exclusivamente a necesidades domésticas deben estar provistos de un dispositivo antirretorno y una purga de control.
- Las derivaciones de uso colectivo de los edificios no pueden conectarse directamente a la red pública de distribución, salvo que fuera una instalación única en el edificio.

Conexión de calderas

Las calderas de vapor o de agua caliente con sobrepresión no se empalmarán directamente a la red pública de distribución. Cualquier dispositivo o aparato de

alimentación que se utilice partirá de un depósito, para el que se cumplirán las anteriores disposiciones.

Grupos motobomba

- Las bombas no deben conectarse directamente a las tuberías de llegada del agua de suministro, sino que deben alimentarse desde un depósito, excepto cuando vayan equipadas con los dispositivos de protección y aislamiento que impidan que se produzca depresión en la red.
- Esta protección debe alcanzar también a las bombas de caudal variable que se instalen en los grupos de presión de acción regulable e incluirá un dispositivo que provoque el cierre de la aspiración y la parada de la bomba en caso de depresión en la tubería de alimentación y un depósito de protección contra las sobrepresiones producidas por golpe de ariete.
- En los grupos de sobreelevación de tipo convencional, debe instalarse una válvula antirretorno, de tipo membrana, para amortiguar los posibles golpes de ariete.

7.4.3.4 Separaciones respecto de otras instalaciones

- Se debe considerar una distancia de 4 cm, como mínimo entre las tuberías de agua fría y las de agua caliente para evitar gradientes térmicos. Si se encuentran en el mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.
- Con respecto a cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, las tuberías deben guardar una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

- Con respecto a las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3 cm.

7.4.3.5 Señalización

Se señala las tuberías de agua potable fría con color azul, mientras que la de agua caliente sanitaria (ACS) con color rojo.

7.4.3.6 Materiales de construcción.

Se consideran las tuberías de plástico como las mejores opciones debido a las siguientes características:

- Su gran ligereza.
- Su gran conformidad en caliente que permite adaptarse a cualquier trazado.
- Generación de una pérdida de carga pequeña.
- Gran resistencia a agentes químicos.

Por el contrario presenta como desventaja:

- Tiene una falta de resistencia a temperaturas superiores de 60°C. (Punto crítico a 70°C).

Con estas condiciones se considera el PVC para las tuberías de agua fría, mientras que para el agua caliente, se utilizan tubos de polipropileno (PP) son los que mayor resistencia al calor presentan, hasta 90°C.

7.4.4 Dimensionado

El dimensionamiento se calculará en el **Anexo 9.5**, en este apartado se mostrarán los resultados finales permitiendo una mejor visualización.

Tabla 72 Dimensiones normalizadas de las tuberías de PVC para agua fría.

Material PVC	Calculado	Catalogo		
		D ext, mm	espesor, mm	D int, mm
TRAMO	D, mm			
A-B	22,29	40	1,8	36,4
B-C	25,57	40	1,8	36,4
C-D	25,57	40	1,8	36,4
D-E	25,57	40	1,8	36,4
E-F	30,97	40	1,8	36,4
F-G	34,08	40	1,8	36,4
G-H	33,06	40	1,8	36,4
H-I	38,31	50	1,8	46,4
I-J	43,31	50	1,8	46,4
CC- inodoros	12	16	1,8	12,4
BB- lavabos	12	16	1,8	12,4
Z-AA	12	16	1,8	12,4
Y-duchas	12	16	1,8	12,4
V-W	12	16	1,8	12,4
T-U	12	16	1,8	12,4
H-T	51,5	63	1,9	59,2
T-V	51,5	63	1,9	59,2
V-X	51,5	63	1,9	59,2
X-Y	51,5	63	1,9	59,2
X-Z	51,5	63	1,9	59,2
Z-BB	51,5	63	1,9	59,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73 Dimensiones normalizadas de las tuberías de Polipropileno para ACS.

Polipropileno	Calculado	Catálogo		
		D ext, mm	espesor, mm	D int, mm
TRAMO	D, mm			
M-N	12	20	3,4	13,2
R-lavabos	12	20	3,4	13,2
Q-S	12	20	3,4	13,2
P-duchas	12	20	3,4	13,2
L-M	30,41	50	4,3	41,4
M-O	30,41	50	4,3	41,4
O-P	30,41	50	4,3	41,4
O-Q	30,41	50	4,3	41,4
Q-R	30,41	50	4,3	41,4

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionado de la cámara contador general:

- Dimensiones de 2,1 m de largo, 0,7 m de ancho y 0,7 m de alto.

Cálculo del grupo de presión:

- Depósito auxiliar de alimentación $V=4,5 \text{ m}^3$
- Necesidad de 2 bombas:
- Depósito de presión: $4,780 \text{ m}^3$.

7.4.5 Plano de abastecimiento.

En este plano se mostraran las tuberías y equipos que intervienen en el abastecimiento de la planta, se encuentra anexo junto al resto de planos.

8. PLANIFICACIÓN DE TAREAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Los plazos que aquí describimos son unos plazos orientativos ya que pueden surgir imprevistos tanto en el marco meteorológico como de otra índole estos plazos se podrán observar en la **Figura 60**.

Los plazos son de 349 días laborables lo que hace que el proyecto comience el 9 de enero de 2017 y acabe el 10 de Mayo de 2018.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010

V.M.T.A

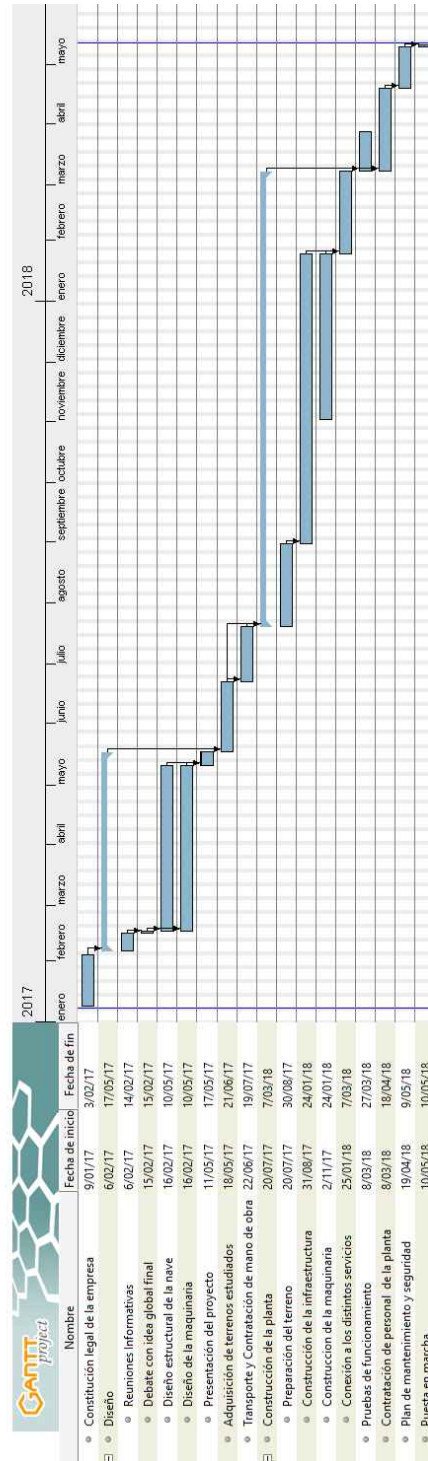


Figura 60. Planificación de proyecto.
Fuente: Elaboración propia

B.PROYECTO DE EJECUCIÓN

I MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIA

Constitución legal de la empresa: (09-01-2017 a 03-02-2017)

Se hace todos los tramites preminentes para declarar la constitución legal de la empresa y se realiza el registro mercantil de la empresa. Esta fase tiene una duración aproximada de 20 días.

Diseño (06-02-2017 a 17-05-2017)

En este procedimiento lo primero a realizar serán una serie de reuniones informativas en las que se pondrán de manifiesto las intenciones del proyecto, la duración de ellas será aproximadamente de 1 semana.

Se dejará un tiempo de 5 días, para que los integrantes vayan asimilando las ideas y posteriormente se debatirán y la suma y el acuerdo sobre ellas darán la primera idea general, la cual necesita conocer una serie de características del terreno que conseguiremos basándonos en estudios geológicos.

Con las ideas y condiciones claras se dedicará a buscar darle la mayor funcionalidad y temporalidad a los mecanismos, así que habrá dos grupos de investigación uno que se encarga de diseño estructural de la planta, habrá otro equipo trabajando en el desarrollo de las máquinas estos equipos le darán datos suficientes, relacionados con material, personal a los administradores, para realizar el presupuesto aproximado del proyecto, estos diseños serán simultáneos y con una duración de 2 meses.

Y finalmente, se realizara la presentación a las entidades interesadas el proyecto finalizado sobre el papel, en lo cual se invertirán cinco días para preparar la presentación del proyecto para conseguir financiación.

Adquisición de terrenos. (18-05-2017 a 21-06-2017)

Con la financiación conseguida se procede a la compra de terrenos con una duración de unos 25 días.

Transporte y Contratación de mano de obra (22-06-2014 a 19-07-2014)

Cuando se conozcan los resultados de la adquisición se iniciará el transporte de maquinaria y material y durante este tiempo se terminará de contratar a las empresas y trabajadores que se necesitarán para la construcción del proyecto, esta tarea tendrá una duración de 20 días.

Construcción de la planta (20-07-2017 a 07-03-2018)

Lo primero que es preparar el terreno para ello se va a realizar es excavación para extraer el tipo de roca perjudicial para la obra y se nivelará el suelo para preparar el terreno y se cementará del suelo, esto tendrá una duración cercana a un mes.

Cuando ya se tiene el suelo acondicionado se iniciará la construcción de la infraestructura de la nave industrial, mientras esta se realiza se irán preparando y

comprando la máquinas y construyendo la maquinaria que se ha diseñado, estas dos tareas tendrán una duración de 3 meses y medio aproximadamente.

Una vez concluida la estructura se realizan las conexiones a los distintos servicios que se requieran eléctricos, vapor, agua..., que tardarán aproximadamente 1 mes.

Pruebas de funcionamiento (8-03-2018 a 27-03-2014)

Con la instalación ya completa se iniciará una serie de pruebas mecánicas y de funcionamiento de la planta en estas pruebas se dará cuenta de posibles vibraciones y de las zonas más susceptibles y se intentara minimizar o subsanarlas, estas abarcaran en el tiempo unas 2 semanas.

Contratación de personal (08-03-2018 a 18-04-2018)

Se va realizando la contratación del personal que trabajará en la práctica para ello se realiza una serie de búsqueda de personal y de entrevistas de trabajo, esta contratación se puede ir realizando mientras se realiza las pruebas de mantenimiento, y durara aproximadamente 1 mes.

Plan de mantenimiento y seguridad (19-04-2018 a 09-05-2018)

Con los datos obtenidos de las pruebas y recabados en la construcción se realizará un plan de mantenimiento y un protocolo de seguridad para indicar a los

trabajadores como deben operar si algo inesperado sucede en la máquina y así podrá iniciar la operación de manera continua la obra.

Puesta de operación (10-05-2018 a 10-05-2018)

9. ANEXOS.

9.1 Anexos de Balances de materia.

9.1.1 Secador 01, S-01.

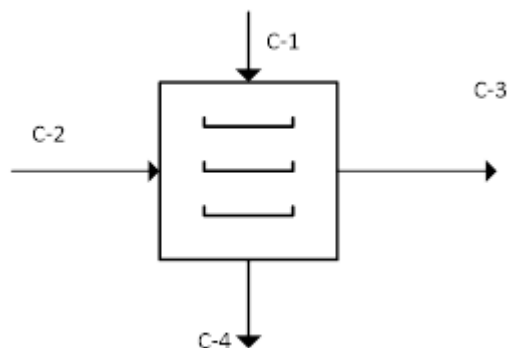


Figura 9.1 Secador, S-01
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.1** se muestra el siguiente equipo, un secador de aire caliente, éste es utilizado para pasar el porcentaje de agua de la materia prima de un 50 a un 10, para producir este cambio de humedad se utilizará aire caliente, cuyas propiedades han sido determinadas en función del clima de Palencia.

Los parámetros conocidos en este equipo son recogidos en la **Tabla 9.1**, los cuales permitirán definir completamente las todas sus corrientes al aplicar los balances correspondientes.

Tabla 9.1. Datos conocidos de S-01.

Secador	C-1	C-2	C-3	C-4
Caudal Total (Kg/día), m	500,00			
T (°C)	20,00	95,00	40,00	35,00
P(bar)	1,00	1,00	1,00	1,00
Fracción másica	Poso seco x_1	0,50	-	0,90
	Agua x_2	0,50	0,008	0,10
	Aire seco, x_3	-	0,992	-

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Se plantean los balances de materia correspondientes, en este caso el balance de materia total, el de posos seco y el del agua.

— **Balance de materia total**

$$m_1 + m_2 = m_3 + m_4;$$

$$500 + m_2 = m_3 + m_4;$$

— **Balance de materia a poso seco:**

$$m_1 \cdot x_{11} = m_2 \cdot x_{12};$$

$$500 \cdot 0,5 = m_2 \cdot 0,9;$$

— **Balance de materia al agua:**

$$m_1 \cdot x_{21} + m_2 \cdot x_{22} = m_3 \cdot x_{23} + m_4 \cdot x_{24};$$

$$500 \cdot 0,5 + m_2 \cdot 0,008 = m_3 \cdot x_{23} + m_4 \cdot 0,1$$

Para la realización del balance de energía se debe proceder el cálculo de las entalpías, para ello es necesario los datos tabulados de calor específico, que son recogidos en la **Tabla 9.2**.

Tabla 9.2. Calor específico de la corriente del secador.

Calor específico					Referencias
Temperaturas °C	20,00	95,00	40,00	35,00	
Agua, KJ/(Kg K)	4,183	4,120	4,182	4,182	(Spirax Sarco)
Aire, KJ/(Kg K)	-	1,009	1,007	1,007	(Çengel, 2007)
Poso de café, KJ/(Kg K)	1,356				(Roa et al 1999)

Fuente: Elaboración propia.

Las entalpías son calculadas con los datos de las **Tablas 9.1 y 9.2:**

$$\begin{aligned} \text{--- } H_1 &= x_{11} \cdot H_{\text{poso}(20^\circ\text{C})} + x_{21} \cdot H_{\text{agua}(20^\circ\text{C})}; \\ H_1 &= 0,5 \cdot 1,36 \cdot (20 - 0) + 0,5 \cdot 4,183 \cdot (20 - 0); \end{aligned}$$

$$H_1 = 55,53 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_4 &= x_{14} \cdot H_{\text{poso}(35^\circ\text{C})} + x_{24} \cdot H_{\text{agua}(35^\circ\text{C})}; \\ H_4 &= 0,9 \cdot 1,36 \cdot (35 - 0) + 0,5 \cdot 4,182 \cdot (35 - 0); \end{aligned}$$

$$H_4 = 65,58 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_2 &= x_{32} \cdot H_{\text{aire seco}(95^\circ\text{C})} + x_{22} \cdot H_{\text{agua}(95^\circ\text{C})}; \\ H_2 &= 0,9920 \cdot 95,39 + 0,0080 \cdot 4,120 \cdot (95 - 0); \end{aligned}$$

$$H_2 = 92,78 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_3 &= x_{33} \cdot H_{\text{aire seco}(40^\circ\text{C})} + x_{23} \cdot H_{\text{agua}(40^\circ\text{C})}; \\ H_3 &= (1 - x_{23}) \cdot 40,17 + x_{23} \cdot 4,182 \cdot (40 - 0) \end{aligned}$$

El balance de energía de este equipo será el siguiente.

— Balance de energía

$$m_1 \cdot H_1 + m_2 \cdot H_2 = m_3 \cdot H_3 + m_4 \cdot H_4$$

$$500 \cdot 55,53 + m_2 \cdot 97,82 = m_3 \cdot H_3 + m_4 \cdot 65,58$$

Las incógnitas serán $m_2, m_3, m_4, x_{2,3}$ y H_3 :

Resolviendo estos 4 balances y la ecuación de la entalpía de la corriente 3, se presentan 5 ecuaciones, de la cual se obtienen los siguientes resultados:

$$m_2 = 489,09 \frac{Kg}{día}$$

$$m_3 = 711,31 \frac{Kg}{día}$$

$$m_4 = 277,78 \frac{Kg}{día}$$

$$x_{2,3} = 0,32 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg}$$

$$H_3 = 80,69 \frac{KJ}{Kg}$$

La representación de todos los resultados se muestra en la **Tabla 9.3**.

Tabla 9.3. Resumen de las propiedades de cada corriente del Secador (S-01).

Secador	C-1	C-2	C-3	C-4
Caudal Total (Kg/día),m	500,00	489,09	711,31	277,78
Caudal Poso seco (Kg/día), m_1	250,00	-	-	250,00
Caudal Agua (Kg/día), m_2	250,00	3,91	226,13	27,78
Caudal Aire seco (Kg/día) m_3	-	485,18	485,18	-
T (°C)	20,00	95,00	40,00	35,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00

	H(KJ/Kg)	55,54	97,82	80,69	65,58
Fracción másica	Poso seco x_1	0,50	-	-	0,9000
	Agua x_2	0,50	0,008	0,318	0,10
	Aire seco, x_3	-	0,992	0,682	-

Fuente: Elaboración propia.

9.1.2 Reactor de pretratamiento de vapor, R-01.

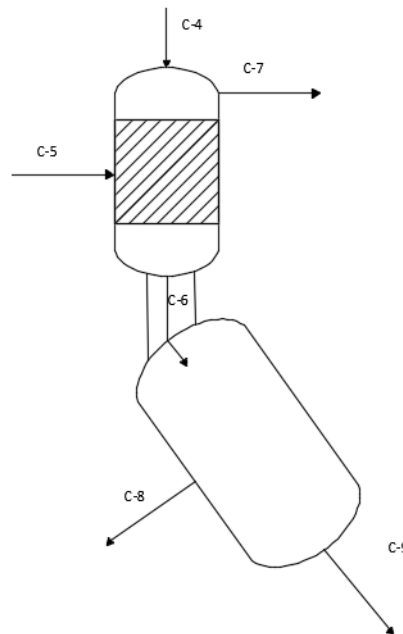


Figura 9.2 Reactor de pretratamiento de vapor; R-01

Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.2** se muestra el reactor de pretratamiento con vapor, se ha dividido en dos partes, una cámara de reacción y una cámara de expansión para un seguimiento de los cálculos más simple.

En la cámara de reacción se someterá a C- 4 a un calentamiento con vapor, hasta llegar a 190°C. Se producirá la solubilidad de ciertos carbohidratos, enriqueciendo el producto insoluble de compuestos no carbohidratos.

Mientras en la cámara de expansión de mismo reactor, permite reducir la presión de 30 bares a 1 bar de la corriente de salida del reactor, y separando el condensado producido con el poso solubilizado en el reactor, del poso insoluble.

Parámetros conocidos en la cámara de reacción:

Los parámetros conocidos son recogidos en la **Tabla 9.4**, los cuales permitirán definir completamente las todas sus corrientes al aplicar los balances correspondientes, el vapor utilizado procederá de una caldera de alta presión, que originara vapor saturado de 30 bares.

Tabla 9.4. Datos conocidos de R-01.

	R-01	C-4	C-5	C-6	C-7
Caudal Total (Kg/día), m	277,78				
T (°C)	40,00	233,89	190,00	233,89	
P(bar)	1,00	30,00	30,00	30,00	
Fracción másica	Poso seco x_1	0,90	-		
	Agua x_2	0,10	-		
	Vapor saturado, x_4	-	1,00		

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía en la cámara de reacción:

El balance de energía en este equipo, está influenciada por la entalpia de evaporación del vapor, por ello estos datos junto a las capacidades caloríficas de las corrientes están recogidos en la **Tabla 9.5**.

Tabla 9.5. Calor específico y entalpias de evaporación de las corrientes de R-01.

Calor específico			Referencias
Temperaturas °C	40,00	190	
Presión, bar	1,00	30,00	
Agua, KJ/(Kg K)	4,182	4,434	(Spirax Sarco)
Poso de café, KJ/(Kg K)	1,356		(Roa et al 1999)
Entalpia de evaporación			(Spirax Sarco)
Temperatura, °C	233,89		
Presión, bar	30		
Vapor KJ/Kg	1.794,97		

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de la **Tabla 9.5** se procede al cálculo de las entalpias de cada corriente.

$$H_4 = 65,58 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$H_6 = x_{16} \cdot H_{\text{poso seco}(190^{\circ}\text{C})} + x_{26} \cdot H_{\text{agua}(190^{\circ}\text{C})};$$

$$H_6 = 0,9 \cdot 1,36 \cdot (190 - 0) + 0,5 \cdot 4,43 \cdot (190 - 0)$$

$$H_6 = 312,65 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_{\text{evaporación vapor}} = 1.794,97 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

La ejecución de balances en este equipo es un poco diferente a la tendencia que seguirá el estudio, debido al funcionamiento de este equipo para ello se seguirá esta secuencia de cálculo.

— Balance materia al poso seco:

$$m_{14} = m_{16};$$

$$m_{16} = 250,00 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

— Balance de energía al poso hidratado:

$$m_4 \cdot H_4 + Q \text{ vapor} = m_6 \cdot H_6$$

$$277,78 \cdot 65,58 + Q \text{ vapor} = 277,78 \cdot 312,65$$

$$Q_{\text{vapor}} = 68,63 \cdot 10^3 \text{KJ}$$

— Balance de energía vapor:

$$Q \text{ vapor} = h_{\text{evaporación vapor}} \cdot m_{5'}$$

$$68,63 \cdot 10^3 = 1794,97 \cdot m_{5'}$$

$$m_{5'} = 38,23 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Se debe tener presente que se necesita de la presencia de un vapor que es utilizado para mantener las condiciones de operación no condensará, $m_{45''}$, lo que origina que en la corriente de salida se presente un porcentaje de vapor de salida en dicha corriente.

— Vapor total necesario:

$$m_{45'} + m_{45''} = m_{45}$$

El vapor para mantener las condiciones de operación dependerá del volumen del reactor, como se podrá apreciar en diseño de los equipos el volumen del reactor es de $3,94 \text{ m}^3$, con este valor y el volumen específico del vapor se obtiene $m_{45''}$.

$$\begin{aligned} \text{— } m_{45''} &= V \cdot v; \\ &3,94 \text{ m}^3 / 0,066 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}; \\ \boxed{m_{45''} &= 59,1 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}} \end{aligned}$$

$$\boxed{m_{45} = 97,33 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

— Balance materia al agua:

$$m_{24} + m_{45'} = m_{26};$$

$$27,78 + 38,23 = m_{26}$$

$$\boxed{m_{26} = 66,01 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

La representación de todos los resultados se muestra en la **Tabla 9.6**

Tabla 9.6 Resumen de las propiedades de cada corriente de (R-01), cámara de reacción.

	Pretratamiento de vapor	C-4	C-5	C-6	C-7
	Caudal Total (Kg/día),m	277,78	97,33	316,01	59,1
	Caudal Poso seco (Kg/día), m_1	250,00	-	250,00	
	Caudal Agua (Kg/día), m_2	27,78	-	66,01	
	Caudal vapor saturado (Kg/día) m_4	-	97,33	-	59,1
	T (°C)	35,00	233,89	190,00	233,89
	P (bar)	1,00	30,00	30,00	30,00
	H(KJ/Kg)	65,58	1.794,97	372,64	1.794,97
Fracción másica	Poso seco x_1	0,90	-	0,791	-
	Agua x_2	0,10	-	0,209	-
	Vapor de agua x_4	-	1,00	-	1,00

Fuente: Elaboración propia.

— Balance a la composición del poso.

En este equipo se producen cambios en la estructura del poso que se deben tener en cuenta, según los datos aportados del estudio, (**Chiyanzu et al, 2014**), se solubilizará el 7,3 por ciento generando cambio en los porcentajes de sus constituyentes, el análisis de la parte insoluble es el mostrado en la **Tabla 9.7**.

Tabla 9.7: Análisis del poso insoluble.

Porcentaje	Insoluble
Glucosa	25,19
Manosa	22,03
Arabinosa	0,80
Galactosa	1,90
Otros	50,08

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de estos datos y la realización de balance de materia a cada componente se puede obtener los porcentajes y caudales de compuestos solubles e insolubles.

— Balance de materia total

$$250 = (250 - m_{insoluble}) \cdot (1 - 0,927) + m_{insoluble} \cdot (0,927)$$

$$m_{insoluble} = 231,65 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 18,35 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Glucosa:

$$60,43 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 231,65 \cdot 0,2519 + m_{soluble}$$

$$m_{insoluble} = 58,35 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 2,07 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Manosa

$$61,68 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 231,65 \cdot 0,2203 + m_{soluble}$$

$$m_{insoluble} = 51,03 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 10,64 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Arabinosa.

$$3,20 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 231,65 \cdot 0,008 + m_{soluble}$$

$$m_{insoluble} = 1,85 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 1,35 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Galactosa.

$$5,43 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 231,65 \cdot 0,019 + m_{soluble}$$

$$m_{insoluble} = 4,40 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 1,02 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Otros.

$$119,28 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 231,65 \cdot 0,508 + m_{soluble}$$

$$m_{insoluble} = 116,01 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 3,26 \frac{Kg}{día}$$

Los resultados de estos balances se representan en la siguiente **Tabla 9.8**.

Tabla 9.8 Resumen de la composición química de la corriente 6

	Poso	Soluble	Insoluble	Total
	Total	18,35	231,65	250,00
Porcentaje	Glucosa	11,29	25,19	24,17
	Manosa	58,00	22,03	24,67
	Arabinosa	7,34	0,80	1,28
	Galactosa	5,58	1,90	2,17
	Otros	17,79	50,08	47,71
	Glucosa	2,07	58,35	60,43
	Manosa	10,64	51,03	61,68
	Arabinosa	1,35	1,85	3,20
	Galactosa	1,02	4,40	5,43
	Otros	3,26	116,01	119,28

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía en la cámara de expansión:

Para realizar los cálculos de estos equipos se tiene en cuenta los siguientes datos a tener en cuenta.

- Para la realización de la expansión se utilizará el programa de simulación Chemcad y el proceso se simulará sin considerar el poso se obtienen unos resultados bastante aproximados a la realidad, esto ha sido comprobado en los estudios realizados por la Facultad de Ciencias de Granada.
- En el proceso de separación se debe tener en cuenta que en torno al 10 % de los sólidos insolubles quedan adheridos a los solubles,

mientras que el agua que se queda adherida se puede considerar en torno al 60% de humedad de los posos.

La ejecución del programa Chemcad otorga las siguientes condiciones de salida, **Tabla 9.9**.

Tabla 9.9 Simulación en Chemcad de la expansión de la corriente 6.

Simulación Chemcad		C-6	C-6'
Caudal Total (Kg/día),m		316,01	316,01
Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁		250,00	250,00
Caudal Agua (Kg/día), m ₂		66,01	54,55
Caudal vapor saturado (Kg/día) m ₄		-	11,46
T (°C)		190,00	99,62
P (bar)		30,00	1,00
H(KJ/Kg)		372,64	275,93
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,791	0,791
	Agua x ₂	0,209	0,172
	Vapor de agua x ₄	-	0,036

Fuente: Elaboración propia.

Se plantean los balances de materia correspondientes en este caso el balance de materia total, el de posos seco y el del agua.

— Balance de materia al agua:

$$m_{2,6'} = m_{2,8} + m_{2,9} ;$$

$$m_{2,9} = m_{1,6'} \cdot 0,5$$

$$54,55 = m_{2,8} + m_{2,9};$$

$$m_{2,9} = 27,28 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$m_{28} = 27,28 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance de materia al vapor:

$$m_{46'} = m_{48} + m_{49} ;$$

$$188,47 = m_{48} + 0;$$

$$m_{48} = 11,46 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance de materia al poso.

$$m_{16'} = m_{18} + m_{19}$$

$$m_{19} = 0,927 \cdot m_{16'} + 0,1 \cdot (1 - 0,927) \cdot m_{16'}$$

$$m_{18} = 0,9 \cdot (1 - 0,927) \cdot m_{16'}$$

$$m_{19} = 233,59 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$m_{18} = 16,43 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

El resumen de los cálculos aparece en la siguiente **Tabla 9.10**.

Tabla 9.10 Resumen de las propiedades de cada corriente del (R-01), cámara de expansión.

Cámara de expansión	C-6	C-6'	C8	C-9	
Caudal total,(Kg/día) m	316,01	316,01	60,62	255,40	
Caudal Poso seco (Kg/día)	250,00	250,00	16,43	233,58	
Caudal Agua (Kg/día)	66,01	54,55	27,28	27,28	
Caudal de vapor de agua	-	11,46	11,46	-	
T (°C)	190,00	99,62	99,62	99,62	
P (bar)	30,00	1,00	1,00	1,00	
H(KJ/Kg)	372,64	275,93	767,82	164,59	
Fracción másica	Poso seco x_1	0,791	0,791	29,78	89,54
	Agua x_2	0,209	0,173	49,45	10,46
	Vapor de agua x_4	-	0,036	20,78	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en las **Tablas 9.7 y 9.8**, la composición de los posos varía según la solubilidad de estos, lo que genera una composición distinta de poso al separar el agua del material sólido, para reconocer la composición de cada corriente se realizan los siguientes balances.

— Balance de materia Glucosa:

$$m_{total} = 60,43 \frac{Kg}{día}, \quad m_{insoluble} = 58,38 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 2,05 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = m_{insoluble} + 0,1 \cdot m_{soluble};$$

$$m_9 = 58,35 + 0,1 \cdot 2,05 = 58,58 \frac{Kg}{día}$$

$$m_8 = m_{total} - m_9 \quad m_8;$$

$$m_8 = 60,43 - 58,58 = 1,84 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = 58,58 \frac{Kg}{día}; \quad m_8 = 1,84 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Manosa

$$m_{total} = 61,68 \frac{Kg}{día}; \quad m_{insoluble} = 51,03 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 10,64 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = 52,12 \frac{Kg}{día}; \quad m_8 = 9,56 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Arabinosa

$$m_{total} = 3,20 \frac{Kg}{día}; \quad m_{insoluble} = 1,85 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 1,35 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = 1,99 \frac{Kg}{día}; \quad m_8 = 1,21 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Galactosa

$$m_{total} = 5,43 \frac{Kg}{día}; \quad m_{insoluble} = 4,40 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 1,02 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = 4,51 \frac{Kg}{día}; \quad m_8 = 0,92 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia Otros

$$m_{total} = 119,28 \frac{Kg}{día}; \quad m_{insoluble} = 116,01 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 3,26 \frac{Kg}{día}$$

$$m_9 = 116,38 \frac{Kg}{día}; \quad m_8 = 2,89 \frac{Kg}{día}$$

Los datos de la composición del poso para cada corriente son recogidos en la **Tabla 9.11**.

Tabla 9.11 Resumen de la composición química de la corriente 8 y 9.

	Poso	C-8	C-9
	Total	16,43	233,58
Porcentajes	Glucosa	11,22	25,08
	Manosa	58,19	22,31
	Arabinosa	7,38	0,85
	Galactosa	5,60	1,93
	Otros	17,61	49,83
	Glucosa	1,84	58,58
	Manosa	9,56	52,12
	Arabinosa	1,21	1,99
	Galactosa	0,92	4,51
	Otros	2,89	116,38

Fuente: Elaboración propia

9.1.3 Mezclador 01.

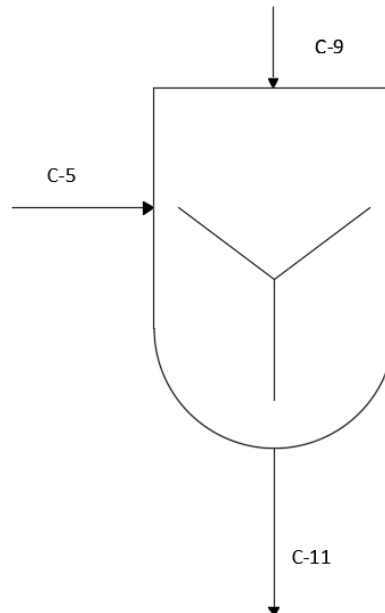


Figura 9.3 Mezclador 01; M-01
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.3** se muestra como equipo, un mezclador para retirar el porcentaje de peso soluble se procede a la adición de agua, esta agua también ayudara a disminuir la temperatura del poso.

Los parámetros conocidos en este equipo son recogidos en la **Tabla 9.12**, donde se utilizará para el lavado 1200 Kg/día de agua, este ha sido el valor mínimo elegido para que en el siguiente equipo F-01, no se produzca un espesor de capa mayor del permitido.

Tabla 9.12. Datos conocidos de M-01.

M-01	C-9	C-10	C-11
Caudal Total (Kg/día)	260,85	1.200,00	
Caudal Poso seco (Kg/día) m_1	233,58		
Caudal Agua (Kg/día), m_2	27,28	1.200,00	
T (°C)	99,62	20,00	
P (bar)	1,00	1,00	
H(KJ/Kg)	164,59	83,66	

Fuente: Elaboración propia

Balances de materia y energía:

Se realiza balance de energía y de materia total, para conocer la temperatura de la corriente de salida.

— Balance de materia a poso seco:

$$m_{19} + m_{110} = m_{111} ;$$

$$233,58 + 0 = m_{111} ;$$

$$m_{111} = 233,58 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance de materia al agua:

$$m_{29} + m_{210} = m_{211} ;$$

$$1.200,00 + 27,27 = m_{211} ;$$

$$m_{211} = 1.227,27 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance energético

$$m_{10} \cdot H_{10} + m_9 \cdot H_9 = m_{11} \cdot H_{11} ;$$

$$1.200,00 \cdot 83,66 + 260,85 \cdot 164,59 = 1.460,85 \cdot H_{11}$$

$$H_{11} = 98,11 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Para conocer la temperatura de salida se procede al siguiente cálculo.

$$\begin{aligned}
 H_{11} &= x_{111} \cdot H_{\text{poso}(98^{\circ}\text{C})} + x_{211} \cdot H_{\text{agua}(20^{\circ}\text{C})}; \\
 H_{11} &= \frac{(m_{111} \cdot cp_{\text{poso}(98^{\circ}\text{C})} + m_{211} \cdot cp_{\text{agua}(20^{\circ}\text{C})})}{m_{11}} \cdot (T_{11} - 0); \\
 98,11 &= \frac{233,58 \cdot 1,3556 + 127,27 \cdot 4,183}{1.460,85} \cdot (T_{11} - 0);
 \end{aligned}$$

$$\boxed{T_{11} = 26,30^{\circ}\text{C}}$$

Los resultados se presentan en la **Tabla 9.13**.

Tabla 9.13 Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-01).

	M-01	C-9	C-10	C-11
Caudal Total (Kg/día),m	260,85	1.200,00	1.460,85	
Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	233,58	-	233,58	
Caudal Agua (Kg/día), m ₂	27,28	1.200,00	1.227,28	
T (°C)	99,62	20,00	26,30	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	
H(KJ/Kg)	164,59	83,66	98,11	
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,895	-	0,160
	Agua x ₂	0,105	1,00	0,840

Fuente: Elaboración propia

9.1.4 Filtro 01, F-01.

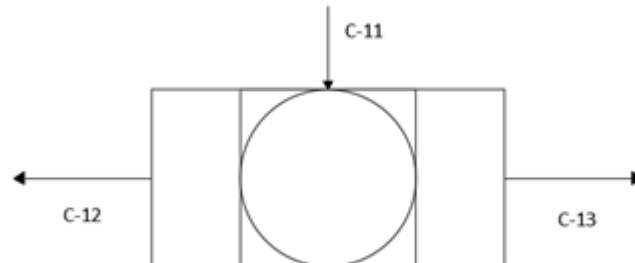


Figura 9.4 Filtro 01; F-01
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.4** se muestra como equipo, un filtro con él se podrá separar el resto de compuestos solubles de los solubles, estos compuestos solubles no tendrán presencia de mananoligosacáridos.

Los datos conocidos de estas corrientes son los que aparecen en la **Tabla 9.14**, se muestra como la corriente de entrada está definida y las corrientes de salida presentan el compuesto determinado.

Tabla 9.14 Datos conocidos de F-01.

	C-11	C-12	C-13
Caudal Total (Kg/día),m	1.460,85		
Caudal Poso seco, m_1	233,58		
Caudal de Agua, m_2	1.227,28		-
T (°C)	26,30	26,30	26,30
P (bar)	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

B. PROYECTO DE EJECUCIÓN
I MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIA

Para realizar su cálculo se procederán los balances de materia.

— Balance de materia Poso seco :

$$m_{111} = m_{112} + m_{113}$$

En la **Tabla 9.8** se puede apreciar el caudal de poso insoluble.

$$m_{113} = 231,75 \frac{Kg}{día};$$

$$233,58 = m_{112} + 231,75;$$

$m_{112} = 1,83 \frac{Kg}{día}$

Se conoce que el valor de humedad del poso no será menor del 10%

— Balance de materia al agua:

$$m_{211} = m_{212} + m_{213};$$

$$1.227,28 = m_{212} + (m_{113} \cdot 0.1);$$

$m_{213} = 18,54 \frac{kg}{día}; m_{212} = 1208,74 \frac{kg}{día}$
--

El balance de energía se considera despreciable ya que la diferencia de presiones que se generará será mínima.

Los resultados se plasmaran en la **Tabla 9.15**

Tabla 9.15 Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-01).

	F-01	C-11	C-12	C-13
	Caudal Total (Kg/día),m	1.460,85	1.210,56	250,29
	Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	233,58	1,83	231,75
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	1.227,28	1.208,74	18,54
	T (°C)	26,30	26,30	26,30
	P (bar)	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	98,11	109,89	41,15
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,16	0,002	0,926
	Agua x ₂	0,84	0,998	0,074

Fuente: Elaboración propia.

La composición del poso de café es la que corresponde con la información de composición dada en la **Tabla 9.8** de poso insoluble.

9.1.5 Mezclador 02, M-02.

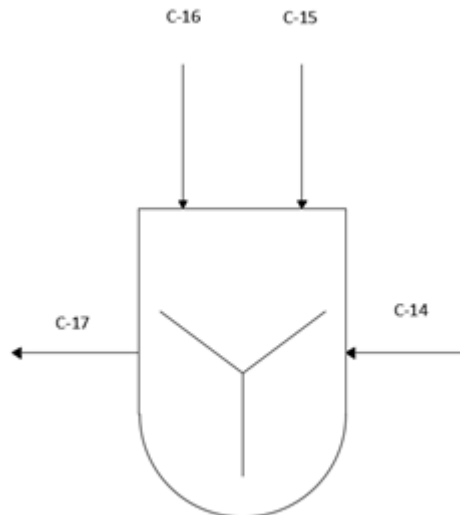


Figura 9.5 Mezclador 2; M-02.
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.5** se muestra como equipo, un mezclador este tiene como función la formación de un buffer de ácido cítrico, para mantener las condiciones de operación de las enzimas en el reactor.

El buffer debe presentar las siguientes características pH de 4,8 y 50 mM es conocida que el tampón citrato presenta un pK_a de 6,4 (**Ruzin et all, 1999**).

El tampón citrato está constituido como ácido el Ácido cítrico monohidratado $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ y como sal el citrato sódico $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$, ambos presentan las condiciones que aparecen en la **Tabla 9.16**.

Tabla 9.16 Características de los compuestos formadores del buffer.

Fórmula	Nombre	PM g/mol	densidad Kg/ m ³
$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	Ácido cítrico	210,12	1.665
$C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$	Citrato sódico	294,06	1.860

Fuente: Elaboración propia.

Cálculos previos:

Con estas condiciones se presentan las siguientes ecuaciones:

$$— pH = pKa + LOG \left(\frac{C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O}{C_6H_8O_7 \cdot H_2O} \right) \text{ ecuación de Henderson-Hasselbalch}$$

$$— M_{C_6H_8O_7} + M_{C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O} = 0,05$$

$M_{C_6H_8O_7 \cdot H_2O} = 0,0488 \text{ M} ;$	$M_{C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O} = 0,00123 \text{ M}$
---	---

Se suministrará con un caudal de agua de 4 m³/día, que entra a 60°C de H-1, esto permite calcular los valores de caudal másico de ambas corrientes.

$$— m_{16} = M_{C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O} \cdot m_{14} \cdot \frac{10^3 L}{1 m^3} \cdot PM_{C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O} \cdot \frac{1 Kg}{10^3 g}$$

$$m_{16} = 0,00123 \cdot 4 \frac{m^3}{día} \cdot \frac{10^3 L}{1 m^3} \cdot 294,06 \frac{g}{mol} \cdot \frac{1 Kg}{10^3 g}$$

$m_{16} = 1,44 \frac{kg}{día}$

$$\begin{aligned}
 \text{--- } m_{15} &= M_{C_6H_8O_7 \cdot H_2O} \cdot m_{14} \cdot \frac{10^3 L}{1 m^3} \cdot PM_{C_6H_8O_7 \cdot H_2O} \cdot \frac{1 Kg}{10^3 g} \\
 m_{15} &= 0,0488 \cdot 4 \frac{m^3}{día} \cdot \frac{10^3 L}{1 m^3} \cdot 210,12 \frac{g}{mol} \cdot \frac{1 Kg}{10^3 g} \\
 &\boxed{m_{15} = 41,00 \frac{kg}{día}}
 \end{aligned}$$

Tabla 9.17 Datos conocidos de M-02.

M-02	C-14	C-15	C-16	C-17
Caudal Total (Kg/día), m	3.932,80	41,00	1,44	
Caudal Agua (Kg/día), m ₂	3.932,80	-	-	
Caudal de Ácido cítrico, m ₅	-	41,00	-	
Caudal citrato sódico, m ₆	-		1,44	
T (°C)	60,00	20,00	20,00	
P(bar)	1,00	1,00	1,00	

Fuente: Elaboración propia

Balances de materia y energía:

— Balance de materia total:

$$m_{14} + m_{15} + m_{16} = m_{17}$$

$$3.932,80 + 41,00 + 1,44 = m_{17}$$

$$\boxed{m_{17} = 3.975,24 \frac{kg}{día}}$$

— Balance de materia al agua:

$$m_{214} = m_{217}$$

$$\boxed{m_{217} = 3.975,24 \frac{kg}{día}}$$

— Balance de materia al C₆H₈O₇ · H₂O

$$\boxed{m_{517} = 41,00 \frac{kg}{día}}$$

Los resultados se representan en la **Tabla 9.18**

Tabla 9.18 Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-02)

	M-02	C-14	C-15	C-16	C-17
	Caudal Total (Kg/día),m	3.932,80	40,99	1,44	3.975,23
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	3.932,80	-	-	3.932,80
	Caudal de ácido cítrico(Kg/día), m ₅	-	40,99	-	40,99
	Caudal de citrato sódico (Kg/día), m ₆	-		1,44	1,44
	T (°C)	60,00	20,00	20,00	60,00
	P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00
Fracción másica	Agua x ₂	1,00	-	-	0,990
	Ácido cítrico x ₅	-	1,00	-	0,010
	Citrato sódico, x ₆		-	1,00	TRAZAS

Fuente: Elaboración propia

9.1.6 Reactor enzimático

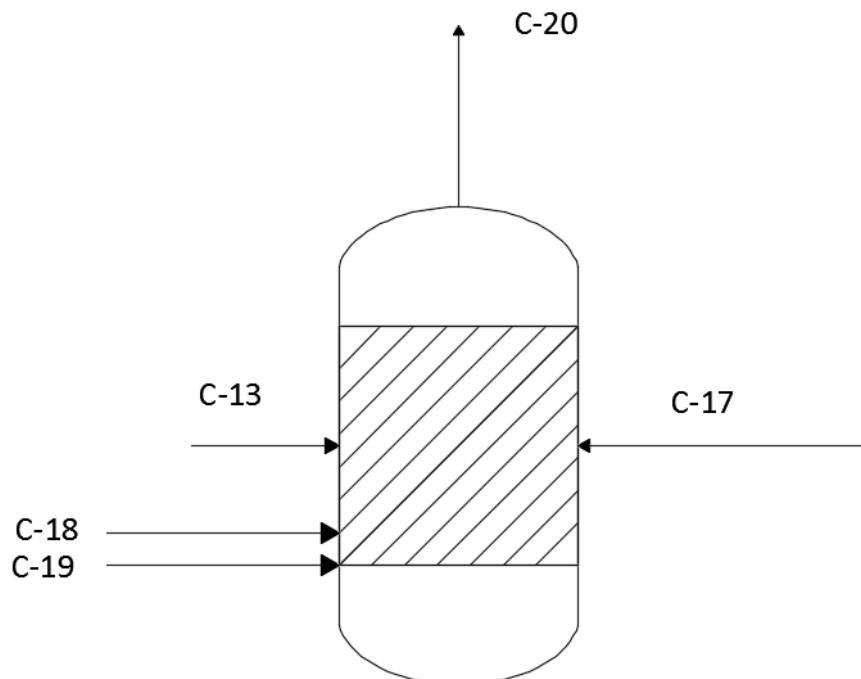


Figura 9.6 Reactor enzimático; R-02.

Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.6** se muestra el reactor enzimático, en este equipo se producirá la hidrólisis de la manosa a mananoligosacáridos, para ello se utilizan dos clases de enzima la Endo- β -1,4,D-mannanase y la Cellulase, para evitar la contaminación microbiológica se añade también azida de sodio.

Este reactor fue sometido a diversos experimentos en el artículo '**Chiyanzu et al** las mejores condiciones de funcionamiento para el propósito de la empresa y los resultados se muestran a continuación:

- $X_1=0,51$ w/w peso enzima/peso de poso
- $X_2=0,51$ w/w peso enzima/peso de poso
- Relación 11,07 Kg MOS/100 Kg poso inicial insoluble.
- Azida añadida =0,02 w/w peso Azida /peso de poso

Donde X_1 se refiere a Endo- β -1,4,D-mannanase y X_2 a Cellulase.

Con estos datos es posible calcular las necesidades de enzimas y de azida, según los siguientes cálculos:

$$m_{187} = 0,51 \frac{Kg \text{ enzima}}{Kg \text{ poso}} \cdot 250 \frac{Kg \text{ poso}}{día} = 1,275 \frac{Kg \text{ Endo} - \beta - 1,4, D - \text{mannanase}}{día}$$

$$m_{188} = 0,51 \frac{Kg \text{ enzima}}{Kg \text{ poso}} \cdot 250 \frac{Kg \text{ poso}}{día} = 1,275 \frac{Kg \text{ Cellulase}}{día}$$

$$m_{19,9} = 0,02 \frac{\text{Kg azida}}{\text{Kg poso}} \cdot 250 \frac{\text{Kg poso}}{\text{día}} = 0,05 \frac{\text{Kg Azida de sodio}}{\text{día}}$$

Los parámetros conocidos se visualizan en la **Tabla 9.19**.

Tabla 9.19 Datos conocidos de R-02.

R-02	C-13	C-17	C-18	C-19	C-20
Caudal Total (Kg/día),m	250,29	3.975,23	2,55	0,05	
Caudal de poso seco, m ₁	231,75	-	-	-	
Caudal de agua, m ₂	18,54	3.975,23	-	-	
Caudal de Ácido cítrico, m ₅	-	41,00	-	-	
Caudal de citrato sódico, m ₆	-	1,44	-	-	
Caudal de mananasa, m ₇	-	-	1,275	-	
Caudal de celulasa, m ₈	-	-	1,275	-	
Caudal de azida, m ₉	-	-	-	0,05	
T (°C)	26,30	60,00	20,00	20,00	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00	

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Se plantean los balances de materia de correspondiente para obtener la composición de la corriente C-20.

— **Balance de materia total**

$$m_{13} + m_{17} + m_{18} + m_{19} = m_{20};$$

$$250,29 + 3.975,23 + 2,55 + 0,05 = m_{25};$$

$$m_{20} = 4.228,12 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— **Balance de materia a poso seco:**

$$m_{113} + m_{117} + m_{118} + m_{119} = m_{120};$$

$$231,75 + 0 + 0 + 0 = m_{1,23};$$

$$m_{1,20} = 231,75 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia al agua:

$$m_{2,13} + m_{2,17} + m_{2,18} + m_{2,19} = m_{2,20};$$

$$18,54 + 3.932,80 + 0 + 0 = m_{2,20}$$

$$m_{2,20} = 3.951,34 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de Ácido cítrico:

$$m_{5,13} + m_{5,17} + m_{5,18} + m_{5,19} = m_{5,20};$$

$$0 + 41,00 + 0 + 0 = m_{5,20}$$

$$m_{5,20} = 41,00 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de Citrato sódico:

$$m_{6,13} + m_{6,17} + m_{6,18} + m_{6,19} = m_{6,20};$$

$$0 + 1,44 + 0 + 0 = m_{6,20}$$

$$m_{6,25} = 1,44 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de Mananasa:

$$m_{7,13} + m_{7,17} + m_{7,18} + m_{7,19} = m_{7,20};$$

$$0 + 0 + 1,275 + 0 = m_{7,20}$$

$$m_{7,20} = 1,275 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de Celulasa:

$$m_{8,13} + m_{8,17} + m_{8,18} + m_{8,19} = m_{8,20};$$

$$0 + 0 + 1,275 + 0 = m_{8,20}$$

$$m_{8,20} = 1,275 \frac{Kg}{día}$$

Estos balances permiten la definición de todas las corrientes como se puede apreciar en la **Tabla 9.20**.

Tabla 9.20 Resumen de las propiedades de cada corriente de (R-02)

	R-02	C-13	C-17	C-18	C-19	C-20
Caudal Total (Kg/día)	250,29	3.975,23	2,55	0,05	4.228,12	
Caudal Poso, m_1	231,75	0,00	-	-	231,75	
Caudal Agua (Kg/día), m_2	18,54	3.932,80	-	-	3.951,34	
Caudal de Ácido cítrico m_5	-	41,00	-	-	41,00	
Caudal citrato sódico m_6	-	1,44	-	-	1,44	
Caudal mananasa, m_7	-	-	1,28	-	1,28	
Caudal de celulasa m_8	-	-	1,28	-	1,28	
Caudal de azida m_9	-	-	-	0,05	0,05	
P(bar)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
T (°C)	26,30	60,00	20,00	20,00	60,00	
Fracción másica	Poso x_1	0,926	-	-	-	0,055
	Agua x_2	0,074	0,989	-	-	0,935
	Ácido cítrico x_5	-	0,010	-	-	0,01
	Citrato sódico x_6	-	TRAZAS	-	-	TRAZAS
	Mananasa x_7	-	-	0,50	-	TRAZAS
	Celulasa x_8	-	-	0,50	-	TRAZAS
	Azida x_9	-	-	-	1,00	TRAZAS

Fuente: Elaboración propia.

La composición del poso varía ya que se generan MOS, los datos aportados por el estudio para las condiciones elegidas se muestran en la **Tabla 9.21**

Tabla 9.21 Composición de la manosa después del R-02

Porcentaje	MOS	MOS 2	42,49
		MOS 3	2,81
		MOS 4	2,36
		MOS 5	2,66
		Total	50,32
	Manosa insolubilizada		49,68

Fuente: Elaboración propia.

Así la composición del será toda insoluble salvo la manosa, para su cálculo se procederá a su balance de materia.

— Balance de materia Manosa

$$51,03 = m_{insoluble} + m_{soluble} = 51,03 \cdot 0,5032 + m_{insoluble}$$

$$m_{insoluble} = 25,36 \frac{Kg}{día}; \quad m_{soluble} = 25,69 \frac{Kg}{día}$$

En la **Tabla 9.22 y 9.23** se representan las nuevas composiciones del poso, donde en la **Tabla 9.22** muestra todos los compuestos y la **9.23** la composición de la manosa soluble.

Tabla 9.22 Composición del poso en C-20.

	Poso	Soluble	Insoluble	Total
	Total	25,69	205,69	231,65
Porcentaje	Glucosa	-	28,33	25,19
	Manosa	100,00	12,31	22,03
	Arabinosa	-	0,90	0,80
	Galactosa	-	2,14	1,90
	Otros	-	56,33	50,08
	Glucosa	-	58,35	58,35
	Manosa	25,69	25,35	51,03
	Arabinosa	-	1,85	1,85
	Galactosa	-	4,40	4,40
	Otros	-	116,01	116,01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.23 Composición del poso en C-20.

	Poso	Soluble
	Total	25,69
Porcentaje	MOS 2	84,44
	MOS 3	5,58
	MOS 4	4,69
	MOS 5	5,29
	MOS 6	-
	MOS 2	21,69
	MOS 3	1,43
	MOS 4	1,20
	MOS 5	1,36
	MOS 6	-

Fuente: Elaboración propia.

La reacción de hidrólisis no es exotérmica ni endotérmica, luego el aporte de calor necesario para mantener el equipo funcionando a 60°C debe ser el únicamente el que compense las pérdidas, éste será calculado en diseño.

9.1.7 Filtro 02, F-02.

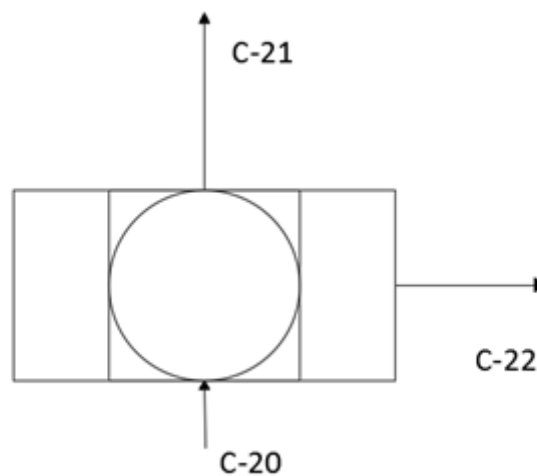


Figura 9.7 Filtro 02; F-02
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.7** se muestra como equipo, un filtro los compuestos solubles generados en R-02, de los insolubles.

Los datos conocidos de estas corrientes son los que aparecen en la **Tabla 9.24**, se muestra como la corriente de entrada está definida y las corrientes de salida presentan el compuesto determinado.

Tabla 9.24 Datos conocidos de F-02.

F-02	C-20	C-21	C-22
Caudal Total (Kg/día),m	4.228,12		
Caudal Poso seco,m ₁	231,75		
Caudal de Agua, m ₂	3.951,34		-
T (°C)	60,00	60,00	60,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Para realizar su cálculo se procederán los balances de materia.

— Balance de materia Poso seco :

$$m_{120} = m_{121} + m_{122}$$

En la **Tabla 9.21** se puede apreciar el caudal de poso insoluble.

$$\boxed{m_{21} = 206,06 \frac{Kg}{día}} ;$$

$$231,75 = m_{122} + 206,06;$$

$$\boxed{m_{122} = 25,69 \frac{Kg}{día}}$$

Se conoce que el valor de humedad del poso filtrado será entre 10% y 20%, se establece valor de 15.5%

— Balance de materia al agua:

$$m_{220} = m_{221} + m_{222};$$

$$3.951,34 = m_{222} + (m_{121} \cdot 0.15,5); m_{222} = 3.928,161 \frac{kg}{día}$$

$$\boxed{m_{221} = 37.84 \frac{Kg}{día}}$$

El balance de energía se considera despreciable ya que la diferencia de presiones que se generará será mínima.

Los resultados se plasmaran en la **Tabla 9.25**

Tabla 9.25 Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-02).

	F-02	C-20	C-21	C-22
	Caudal Total (Kg/día) ,m	4.225,62	243,90	3.984,23
	Caudal Poso, (Kg/día) ,m ₁	231,75	206,06	25,69
	Caudal Agua (Kg/día) ,m ₂	3.951,34	37,84	3.913,50
	Caudal de Ácido cítrico (Kg/día) ,m ₅	41,00	-	41,00
	Caudal citrato sódico (Kg/día) ,m ₆	1,44	-	1,44
	Caudal mananasa, (Kg/día) ,m ₇	1,28	-	1,28
	Caudal de celulasa (Kg/día) ,m ₈	1,28	-	1,28
	Caudal de azida (Kg/día) ,m ₉	0,05	-	0,05
	P(bar)	1,00	1,00	1,00
	T (°C)	60,00	60,00	60,00
Fracción másica	Poso , x ₁	0,055	0,845	0,64
	Agua , x ₂	0,935	0,155	98,22
	Ácido cítrico , x ₅	0,01	-	1,03
	Citrato sódico , x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Mananasa, x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa , x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida , x ₉	TRAZA	-	TRAZA

Fuente: Elaboración propia.

La composición del poso de café es la que corresponde con la información de composición dada en la **Tabla 9.21** de compuesto soluble e insoluble.

9.1.8 Secador 02, S-02.

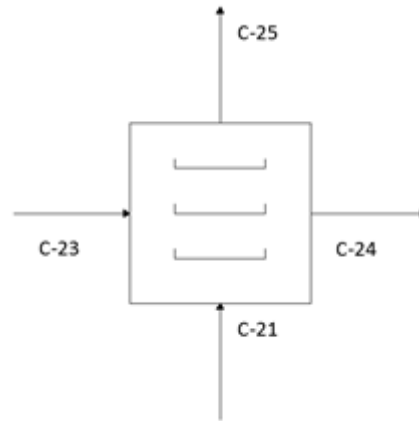


Figura 9.8 Secador, S-02
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.8** se muestra un secador de aire caliente, éste es utilizado para eliminar el agua de los posos insolubles, para producir este cambio de humedad se utilizará aire caliente.

Los parámetros conocidos en este equipo son recogidos en la **Tabla 9.26**, los cuales permitirán definir completamente las todas sus corrientes al aplicar los balances correspondientes.

Tabla 9.26. Datos conocidos de S-02.

	Secador	C-21	C-23	C-24	C-25
	Caudal Total (Kg/día), m	243,90			206,06
	T (°C)	60,00	95,00	60,00	80,00
	P(bar)	1,00	1,00	1,00	1,00
Fracción másica	Poso seco x_1	0,845	-		1,00
	Agua x_2	0,155	0,008		0,02
	Aire seco, x_3	-	0,992		-

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Se plantean los balances de materia correspondientes, en este caso el balance de materia total, el de posos seco y el del agua.

— **Balance de materia total**

$$m_{21} + m_{23} = m_{24} + m_{25};$$

$$243,90 + m_{23} = m_{24} + m_{25};$$

— **Balance de materia a poso seco:**

$$m_{21} \cdot x_{121} = m_{25};$$

$$243,90 \cdot 0,845 = m_{25};$$

— **Balance de materia al agua:**

$$m_{21} \cdot x_{221} + m_{23} \cdot x_{223} = m_{24} \cdot x_{224};$$

$$243,90 \cdot 0,155 + m_{23} \cdot 0,008 = m_{24} \cdot x_{224}$$

Para la realización del balance de energía se debe proceder el cálculo de las entalpías, para ello es necesario los datos tabulados de calor específico, que son recogidos en la **Tabla 9.2**, salvo el calor específico del agua a 60°C que es 4,182 KJ/Kg K

Las entalpías son calculadas con los datos de la **Tabla 9.2**:

$$\begin{aligned} \text{--- } H_{21} &= x_{121} \cdot H_{\text{poso}(60^{\circ}\text{C})} + x_{221} \cdot H_{\text{agua}(60^{\circ}\text{C})} \\ H_{21} &= 0,845 \cdot 1,36 \cdot (60 - 0) + 0,155 \cdot 4,183 \cdot (60 - 0); \end{aligned}$$

$$H_{21} = 61,81 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_{25} &= x_{125} \cdot H_{\text{poso}(80^{\circ}\text{C})} + x_{225} \cdot H_{\text{agua}(80^{\circ}\text{C})}; \\ H_{25} &= 0,98 \cdot 1,36 \cdot (80 - 0) + 0,02 \cdot 4,183 \cdot (80 - 20) \end{aligned}$$

$$H_{25} = 59,85 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_{23} &= x_{323} \cdot H_{\text{aire seco}(95^{\circ}\text{C})} + x_{223} \cdot H_{\text{agua}(95^{\circ}\text{C})}; \\ H_{23} &= 0,9920 \cdot 95,39 + 0,0080 \cdot 4,120 \cdot (95 - 0) \end{aligned}$$

$$H_{23} = 97,82 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } H_{24} &= x_{324} \cdot H_{\text{aire seco}(60^{\circ}\text{C})} + x_{224} \cdot H_{\text{agua}(60^{\circ}\text{C})}; \\ H_{24} &= (1 - x_{224}) \cdot 60,42 + x_{224} \cdot 4,182 \cdot (60 - 0) \end{aligned}$$

El balance de energía de este equipo será el siguiente.

— Balance de energía

$$m_{21} \cdot H_{21} + m_{23} \cdot H_{23} = m_{24} \cdot H_{24} + m_{25} \cdot H_{25}$$

$$243,90 \cdot 61,81 + m_{23} \cdot 97,82 = m_{24} \cdot H_{24} + m_{25} \cdot 59,85$$

Las incógnitas serán m_{23} , m_{24} , m_{25} , x_{224} y H_{24} :

Resolviendo estos 4 balances y la ecuación de la entalpia de la corriente 3, se presentan 5 ecuaciones, de la cual se obtienen los siguientes resultados:

$$m_{23} = 165,68 \frac{Kg}{día}$$

$$m_{24} = 199,27 \frac{Kg}{día}$$

$$m_{25} = 210,29 \frac{Kg}{día}$$

$$x_{224} = 0,1752 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg}$$

$$H_{24} = 93,81 \frac{KJ}{Kg}$$

La representación de todos los resultados se muestra en la **Tabla 9.27**

Tabla 9.27. Resumen de las propiedades de cada corriente del Secador (S-02).

	S-02	C-21	C-23	C-24	C-25
	Caudal Total (Kg/día),m	243,90	165,68	199,28	210,30
	Caudal Poso seco (Kg/día), m ₁	206,06	-	-	206,06
	Caudal Agua (Kg/día), m ₂	37,80	1,33	34,92	4,21
	Caudal Aire seco (Kg/día) m ₃	-	164,36	164,36	-
	T (°C)	60,00	95,00	40,00	80,00
	P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	61,81	97,82	93,82	59,85
Fracción másica	Poso seco x ₁	0,845	-	-	0,98
	Agua x ₂	0,155	0,008	0,175	0,02
	Aire seco, x ₃	-	0,992	0,824	-

Fuente: Elaboración propia.

9.1.9 Recirculación.

En el equipo M-03, se pretende que el equipo trabaje con un 80% v/v de etanol, para ello se produce una recirculación precedente de la columna de destilación, C-01, donde el destilado de esta se une en mezclador 04, M-04 con etanol obtenido de empresas anexas para llegar a las condiciones necesarias en M-03.

En la **Figura 9.9** se aprecia los equipos implicados en la recirculación para el cálculo mediante iteración se debe realizar el cálculo de cada uno de estos equipos.

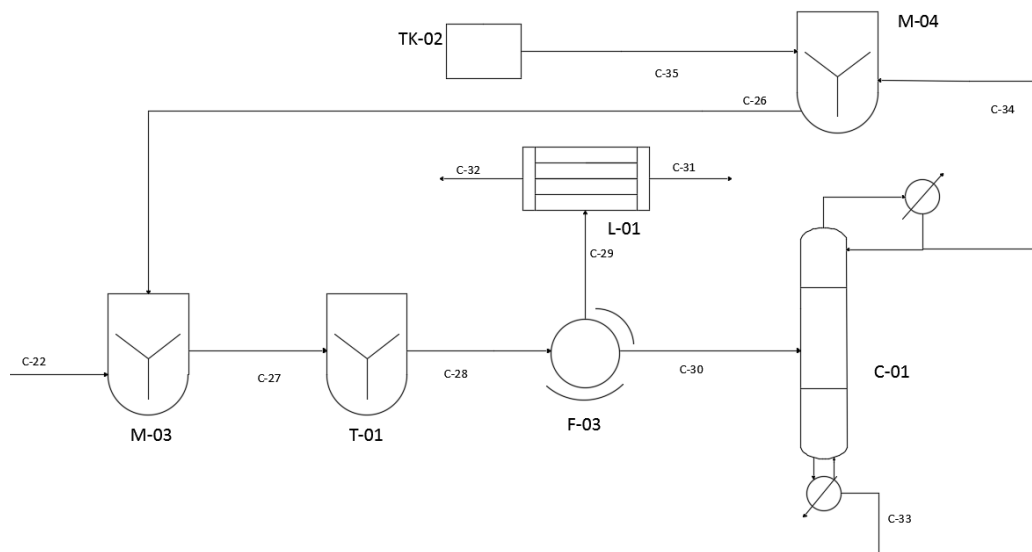


Figura 9.9 Equipos y corrientes implicados en la recirculación.
Fuente: Elaboración propia.

El cálculo se ha realizado suponiendo la concentración de etanol en la corriente C-26, es decir la concentración de etanol en el equipo M-04, con ese valor se puede pueden realizar los cálculos y comparar la concentración de C-35, si esta no coincide se elegirá.

En la **Tabla 9.28** se aprecia los cálculos seguidos y suposiciones iniciales.

Tabla 9.28. Resumen de las iteraciones seguidas .

Iteración	Concentración, C-26 Etanol, $x_{10,26}$	Concentración, C-35 Etanol, $x_{10,35}$
1	0.905	1,22
2	0.88	0,996
3	0.87	0,92

Fuente: Elaboración propia.

Se ve como con el valor de 0.87 se obtiene que será una concentración de etanol que será la misma a la que nos suministrarán otras empresas.

9.1.10 Mezclador 03, M-03.

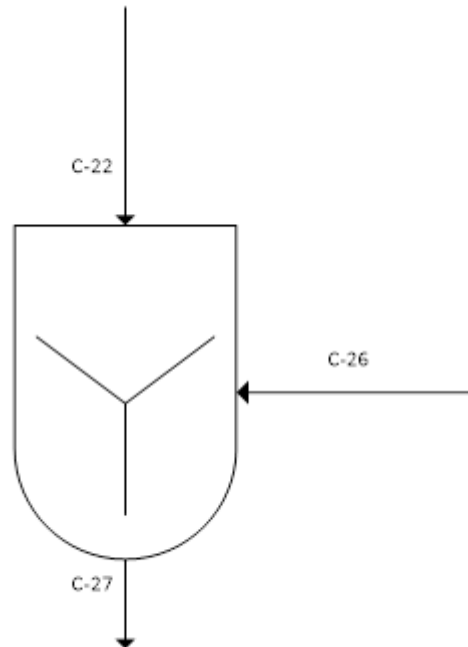


Figura 9.10 Mezclador-03, M-03
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.10** se muestra como equipo, un mezclador, este equipo permitirá mezclar el agua filtrada junto al material soluble, esta mezcla permitirá la precipitación de éstos.

Los parámetros conocidos en este equipo son recogidos en la **Tabla 9.29**, como se ha indicado en el **Apartado 9.1.9**, la fracción másica de etanol de C-26 es conocida al igual que la fracción másica de etanol de C-27.

Esta última se encuentra fijada, para que se produzca la precipitación de los compuestos, según (Kenny, F.J; 2010), se requiere una relación v/v de etanol de 0.8, el siguiente cálculo nos permitirá pasar la fracción volumétrica a fracción másica.

Para la relación de estos datos se requiere la $\rho_{\text{etanol } 60^{\circ}\text{C}}=753,25 \text{ Kg/m}^3$

$$x_{1027} = \frac{0.8 \cdot \rho_{\text{etanol}}}{0.8 \cdot \rho_{\text{etanol}} + 0.2 \cdot \rho_{\text{agua}}}$$

$$x_{1027} = \frac{0.8 \cdot 753,25}{0.8 \cdot 753,25 + 0.2 \cdot 983,199}$$

$$x_{1027} = 0,7540$$

Tabla 9.29. Datos conocidos de M-03.

	M-03	C-22	C-26	C-27
Caudal Total (Kg/día), m	3.984,23			
P(bar)	1,000	1,000	1,000	
T (°C)	60,000	60,000	60,00	
Fracción másica	Poso seco, x1	0,006		
	Agua x2	0,982	0,13	
	Ácido cítrico x5	0,010	-	
	Citrato sódico, x6	TRAZA	-	
	Manansa,x7	TRAZA	-	
	Celulasa,x8	TRAZA	-	
	Azida de sodio ,x9	TRAZA	-	
	Etanol, x10	-	0,87	0,754

Fuente: Elaboración propia

Balances de materia y energía:

Se realiza balance de energía y de materia total, para conocer la temperatura de la corriente de salida.

— Balance de materia total:

$$m_{22} + m_{26} = m_{27}$$

$$\boxed{3.984,326 + m_{26} = m_{27}}$$

— Balance de materia al etanol:

$$m_{1022} + m_{1026} = m_{1027} ;$$

$$m_{1022} + m_{26} \cdot x_{1026} = m_{27} \cdot x_{1027}$$

$$\boxed{0 + m_{26} \cdot 0.87 = m_{27} \cdot 0,754}$$

Resolviendo estas dos ecuaciones se obtiene:

$$\boxed{m_{26} = 25.889,546 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

$$\boxed{m_{27} = 29.873,772 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

— Balance de materia al agua:

$$m_{222} + m_{226} = m_{227} ;$$

$$m_{222} + m_{26} \cdot x_{226} = m_{227}$$

$$3.913,50 + 25.889,546 \cdot 0,13 = m_{227}$$

$$\boxed{m_{227} = 7.279,141 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}$$

El resto de balances de compuestos se realizará como el de poso de café, debido a su no presencia en la C-26.

— Balance de materia a poso seco:

$$m_{122} + m_{126} = m_{127} ;$$

$$25,690 + 0 = m_{127};$$

$$m_{127} = 25,690 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance energético

No será necesario debido a que todas las corrientes entran a 60°C, el cálculo de pérdidas debido al equipo se realizará en el **Apartado de Diseño**.

Los resultados se presentan en la **Tabla 9.30**.

Tabla 9.30 Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-03).

	M-03	C-22	C-26	C-27
Caudal Total (Kg/día), m	3.984,226	25.889,546	29.873,772	
Caudal Poso, m ₁	25,690	-	25,690	
Caudal Agua (Kg/día), m ₂	3.913,500	3.365,641	7.279,141	
Caudal de Ácido cítrico, m ₅	40,995	-	40,995	
Caudal citrato sódico, m ₆	1,441	-	1,441	
Caudal mananasa, m ₇	1,275	-	1,275	
Caudal de celulasa, m ₈	1,275	-	1,275	
Caudal de azida, m ₉	0,050	-	0,050	
Caudal etanol, m ₁₀	-	22.523,905	22.523,905	
P(bar)	1,000	1,000	1,000	
T (°C)	60,000	60,000	60,00	
H(KJ/Kg)	250,959	160,00	172,12	
Fracción másica	Poso seco, x ₁	0,006	-	TRAZA
	Agua x ₂	0,982	0,13	0,244
	Ácido cítrico x ₅	0,010	-	0,001
	Citrato sódico, x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa, x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa, x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio, x ₉	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x ₁₀	-	0,87	0,754

Fuente: Elaboración propia

La composición de posos se verá afectada, debido a que al mezclar en un 80% en volumen se produce la precipitación de las cadenas largas de mananoligosacáridos.

En la **Tabla 9.21** se aprecia que el caudal de MOS es de 25,69 Kg/día, con sus respectivos porcentajes.

En la **Tabla 9.31** se ve el porcentaje del tipo de MOS que ha precipitado:

Tabla 9.31 Porcentaje de precipitación de MOS

Tipo de MOS	Porcentaje de Precipitación
MOS 2	77
MOS 3	90
MOS 4	95
MOS 5	100

Fuente: Elaboración propia. (Kenny, F.J, 2010)

— Balance de materia MOS 2:

$$MOS\ 2_{total} = MOS\ 2_{precipitado} + MOS\ 2_{soluble} ;$$

$$MOS\ 2_{total} = MOS\ 2_{total} \cdot x_{precipitación} + MOS\ 2_{soluble}$$

$$21,69 = 21,69 \cdot 0,77 + MOS\ 2_{soluble};$$

$$MOS\ 2_{soluble} = 4,989 \frac{Kg}{día}$$

$$MOS\ 2_{precipitado} = 16,70 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia MOS 3:

$$MOS\ 3_{total} = MOS\ 3_{precipitado} + MOS\ 3_{soluble} ;$$

$$MOS\ 3_{total} = MOS\ 3_{total} \cdot x_{precipitación} + MOS\ 3_{soluble}$$

$$1,43 = 1,43 \cdot 0,90 + MOS\ 3_{soluble};$$

$$MOS\ 3_{soluble} = 0,143 \frac{Kg}{día}$$

$$MOS\ 3_{precipitado} = 1,287 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia MOS 4:

$$MOS\ 4_{total} = MOS\ 4_{precipitado} + MOS\ 4_{soluble} ;$$

$$MOS\ 4_{total} = MOS\ 4_{total} \cdot x_{precipitación} + MOS\ 4_{soluble}$$

$$1,20 = 1,20 \cdot 0,95 + MOS\ 4_{soluble};$$

$$\text{MOS } 4_{\text{soluble}} = 0,06 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{MOS } 4_{\text{precipitado}} = 1,14 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

— Balance de materia MOS 5:

$$\text{MOS } 5_{\text{total}} = \text{MOS } 5_{\text{precipitado}} + \text{MOS } 5_{\text{soluble}} ;$$

$$\text{MOS } 5_{\text{total}} = \text{MOS } 5_{\text{total}} \cdot x_{\text{precipitación}} + \text{MOS } 5_{\text{soluble}}$$

$$1,36 = 1,36 \cdot 1,00 + \text{MOS } 5_{\text{soluble}};$$

$$\text{MOS } 5_{\text{soluble}} = 0 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{MOS } 5_{\text{precipitado}} = 1,36 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Estos datos son recogidos en la **Tabla 9.32**

Tabla 9.32 Características MOS

	Poso	Soluble	Insoluble	Total
	Total	20,487	5,192	25,69
Caudales (Kg/día)	MOS 2	16,70	4,989	21,69
	MOS 3	1,287	0,143	1,43
	MOS 4	1,14	0,06	1,20
	MOS 5	1,36	0,00	1,36
Porcentaje	MOS 2	81,51	96,10	84,46
	MOS 4	6,28	2,75	5,57
	MOS 3	5,56	1,16	4,67
	MOS 5	6,64	0,00	5,30

Fuente: Elaboración propia

9.1.11 Tanque pulmón 01, T-01.

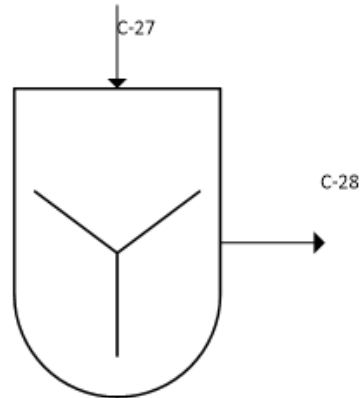


Figura 9.11 Tanque pulmón-01, T-01
Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 9.11** se muestra como equipo, un tanque pulmón que permite pasar el proceso de discontinuo a continuo.

Este equipo no necesita de la realización de balances ya que todo lo que entra sale, solo que la entrada es discontinua y la salida continua.

Los resultados se ilustran en la **Tabla 9.33**

Tabla 9.33 Resumen de las propiedades de cada corriente de (T-01).

	T-01	C-27	C-28
Caudal Total (Kg/día), m	29.873,772	29.873,772	29.873,772
Caudal Poso, m_1	25,690	25,690	25,690
Caudal Agua (Kg/día), m_2	7.279,141	7.279,141	7.279,141
Caudal de Ácido cítrico, m_5	40,995	40,995	40,995
Caudal citrato sódico, m_6	1,441	1,441	1,441
Caudal mananasa, m_7	1,275	1,275	1,275
Caudal de celulasa, m_8	1,275	1,275	1,275
Caudal de azida, m_9	0,050	0,050	0,050
Caudal etanol, m_{10}	22.523,905	22.523,905	22.523,905
P(bar)	1,000	1,000	1,000
T (°C)	60,00	60,00	60,00
H(KJ/Kg)	172,12	172,12	172,12
Fracción másica	Poso seco, x_1	TRAZA	TRAZA
	Agua x_2	0,244	0,244
	Ácido cítrico x_5	0,001	0,001
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	TRAZA
	Manansa, x_7	TRAZA	TRAZA
	Celulasa, x_8	TRAZA	TRAZA
	Azida de sodio, x_9	TRAZA	TRAZA
	Etanol, x_{10}	0,754	0,754

Fuente: Elaboración propia

9.1.12 Filtro 03, F-03.

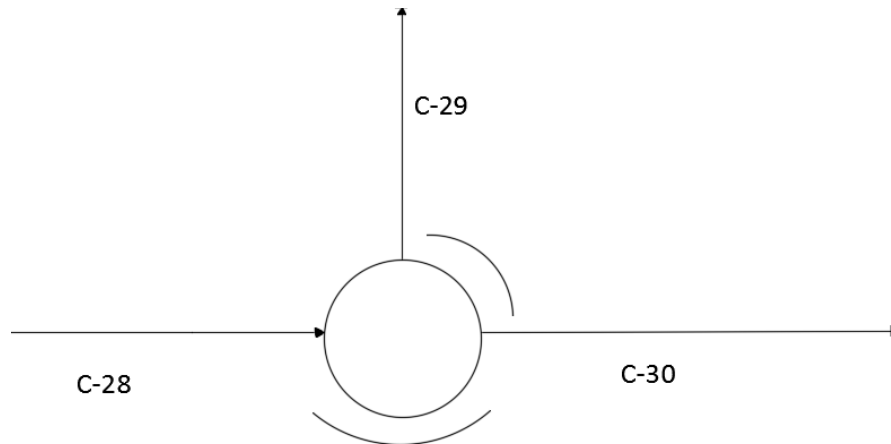


Figura 9.12 Filtro-03, F-03
Fuente: Elaboración propia

Datos conocidos:

En la **Figura 9.12** se muestra como equipo, un filtro continuo en el que se produce la separación de los mananoligosacáridos de los insolubles.

Los datos conocidos de estas corrientes son los que aparecen en la **Tabla 9.34**, se muestra como la corriente de entrada está definida y las corrientes de salida presentan el compuesto determinado.

Tabla 9.34 Datos conocidos de F-03.

F-03	C-28	C-29	C-30
Caudal Total (Kg/día),m	29.873,772		
Caudal de poso seco, m ₁	25,690		
Caudal de agua,m ₂	7.279,141		
Caudal de Ácido cítrico , m ₅	40,99		
Caudal de citrato sódico , m ₆	1,44		
Caudal de mananasa , m ₇	1,275		
Caudal de celulasa , m ₈	1,275		
Caudal de azida de sodio, m ₉	0,05		
caudal de etanol, m ₁₀	22.523,905		
T (°C)	60,00	60,00	60,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Para realizar su cálculo se procederán los balances de materia.

— **Balance de materia Poso seco :**

$$m_{128} = m_{129} + m_{130}$$

En la **Tabla 9.32** se puede apreciar el caudal de poso insoluble.

$$\boxed{m_{28} = 25,690 \frac{Kg}{día}} ;$$

$$25,690 = m_{129} + 5,203;$$

$$\boxed{m_{129} = 20,487 \frac{Kg}{día}}$$

Se conoce que el valor de humedad del poso no será menor del 10%

— Balance de materia al agua:

$$m_{228} = m_{229} + m_{230};$$

$$7.279,141 = m_{230} + (m_{129} \cdot 0.1); m_{230} = 7.277,092 \frac{kg}{día}$$

$$m_{229} = 2,0487 \frac{Kg}{día}$$

— Balance de materia al etanol:

$$m_{1028} = m_{1029} + m_{1030};$$

$$22.523,905 = m_{1030} + (m_{129} \cdot 0.1); m_{230} = 22.521,856 \frac{kg}{día}$$

$$m_{1029} = 2,0487 \frac{Kg}{día}$$

El balance de energía se considera despreciable ya que la diferencia de presiones que se generará será mínima.

Los resultados se plasmaran en la **Tabla 9.35**.

Tabla 9.35 Resumen de las propiedades de cada corriente de (F-03).

	F-03	C-28	C-29	C-30
	Caudal Total (Kg/día),m	29.873,772	24,584	29.849,187
	Caudal de poso seco, m ₁	25,690	20,487	5,203
	Caudal de agua,m ₂	7.279,141	2,0487	7.277,092
	Caudal de Ácido cítrico , m ₅	40,995	-	40,995
	Caudal de citrato sódico , m ₆	1,441	-	1,441
	Caudal de mananasa , m ₇	1,275	-	1,275
	Caudal de celulasa , m ₈	1,275	-	1,275
	Caudal de azida de sodio, m ₉	0,050	-	0,050
	caudal de etanol, m ₁₀	22.523,905	2,0487	22.521,856
	T (°C)	60,00	60,00	60,00
	P (bar)	1,00	1,00	1,00
	H(KJ/Kg)	172,12	101,11	171,71
Fracción másica	Poso seco, x ₁	TRAZA	0,833	TRAZA
	Agua x ₂	0,244	0,083	0,244
	Ácido cítrico x ₅	0,001	-	0,001
	Citrato sódico, x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa,x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa,x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio ,x ₉	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x ₁₀	0,754	0,083	0,754

Fuente: Elaboración propia.

La composición del poso de café es la que corresponde con la información de composición dada en la **Tabla 9.32** de compuesto soluble e insoluble.

9.1.13 Liofilizador 01, L-01

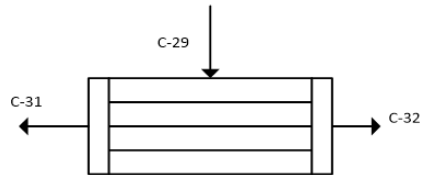


Figura 9.13 Liofilizador, L-01
Fuente: Elaboración propia

Datos conocidos:

En la **Figura 9.13** se ilustra un Liofilizador, permite reducir la humedad de los MOS, esto genera unas mejores características del producto y durabilidad del mismo.

Balances de materia y energía:

Los cálculos de balances de materia y energía son realizados con el simulador (Super Pro Designer) y sus resultados se plasman en la **Tabla 9.36**.

Tabla 9.36 Resumen de las propiedades de cada corriente de (L-01).

L-01	C-29	C-31	C-32
Caudal Total (Kg/día),m	24,584	3,019	21,565
Caudal de poso seco, m_1	20,487	-	20,487
Caudal de agua, m_2	2,049	1,509	0,539
caudal de etanol, m_{10}	2,049	1,509	0,539
T (°C)	60,00	12,00	12,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00
H(KJ/Kg)	101,11	39,75	16,79
Fracción másica	Poso seco, x_1	0,833	-
	Agua x_2	0,083	0,50
	Etanol, x_{10}	0,083	0,50

Fuente: Elaboración propia

9.1.14 Columna de destilación, C-01.

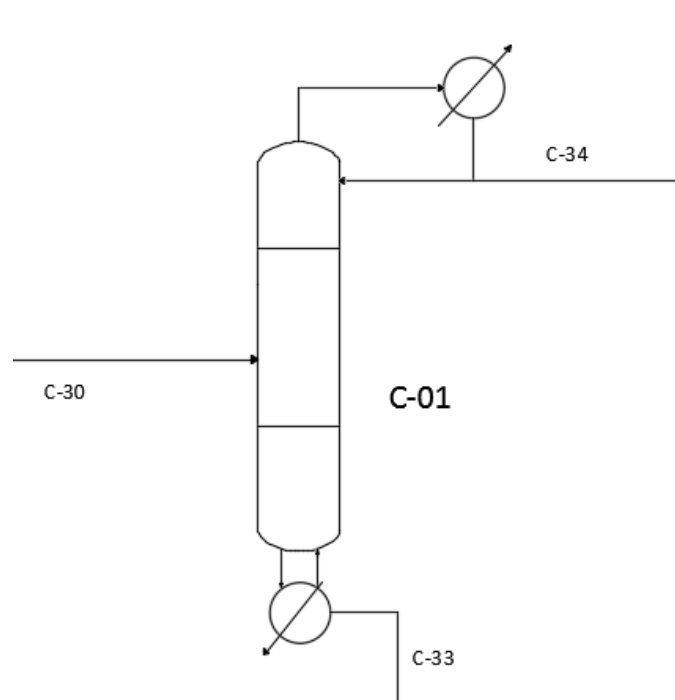


Figura 9.14 Columna de destilación, C-01

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones previas.

En la **Figura 9.14**, se muestra la columna de destilación que permitirá separar el etanol y el agua.

En la entrada a la columna hay una mezcla de varios compuestos pero las concentraciones de los compuestos distintos al etanol y el agua, se consideran despreciables y las salidas de estos compuestos irán al residuo.

Considerando para los cálculos de la columna, una mezcla de alimentación etanol- agua, se obtiene información de esta mezcla.

En la mezcla etanol- agua es imposible retirar la totalidad del agua debido a sus propiedades físico- químicas a presión atmosférica. Esto se debe a la formación de un mezcla azeotrópica, esta mezcla se puede apreciar en las **Figuras 9.15 y 9.16** donde se trazan las curvas con las fracciones molares del vapor (y) y del líquido de etanol en equilibrio (x).

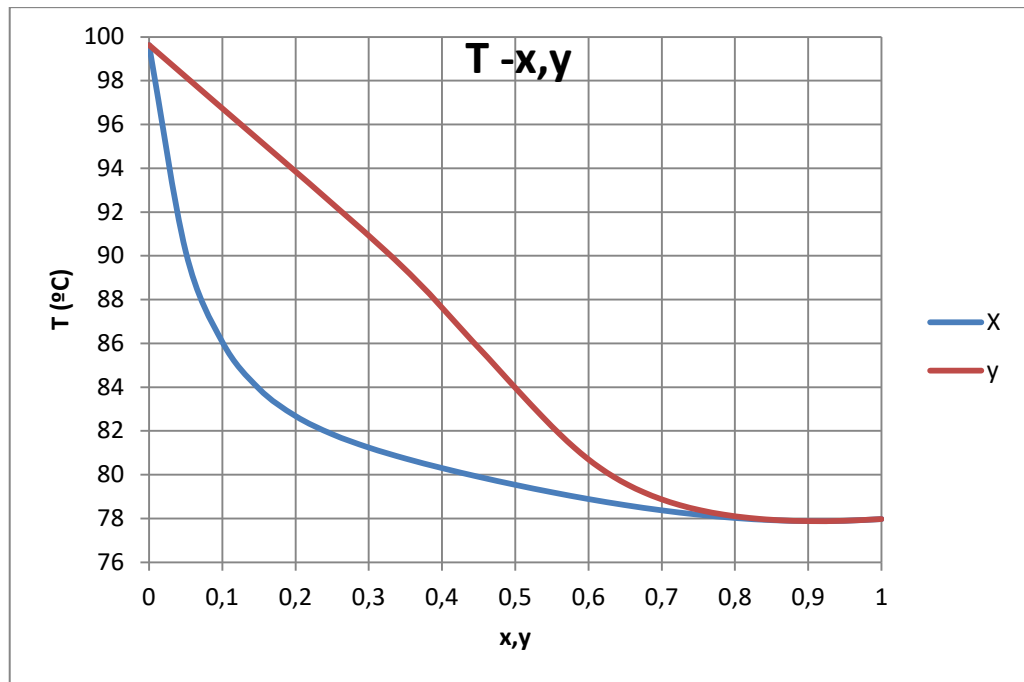


Figura 9.15 Representación de las fracciones líquidas y de vapor del etanol en función de la temperatura.

Fuente: Elaboración propia. Datos aportados por Chemcad

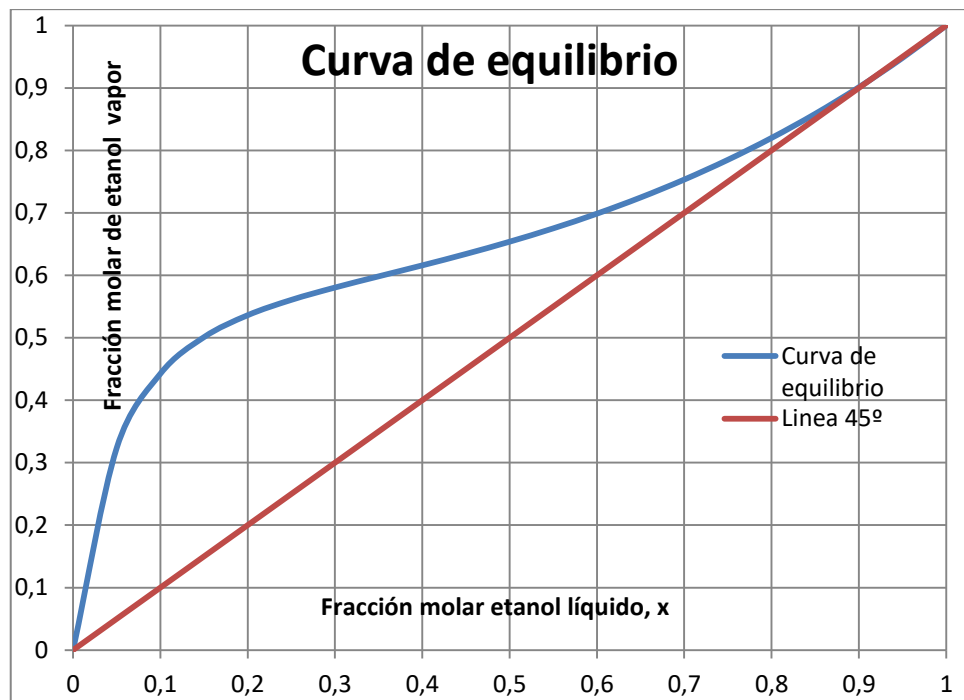


Figura 9.16 Curva de equilibrio etanol agua.

Fuente: Elaboración propia. Datos aportados por Chemcad

Observando las anteriores figuras se aprecia un azeótropo para las condiciones de 1 bar en el rango de 0.9 a 0.95 fracción molar de etanol y sobre unos 78°C.

Estas condiciones hacen que las mejores condiciones de funcionamiento sean obtener un destilado de etanol a 0.85.

Simulación.

Para el correcto funcionamiento de la columna se utilizará el programa de simulación Chemcad, que permitirá obtener los resultados de la columna para realizar dicha simulación se parten de estas condiciones, **Tabla 9.36**

Tabla 9.36 Datos de partida C-01.

Representación	Parámetros	Resultado	Unidades
F	Caudal de alimentación	29.815,65	Kg/día
F	Caudal de alimentación	893,715	Kmol/día
X_F	Concentración inicial, fracción molar	54,70	%
X_D	Concentración destilado, fracción molar	85,00	%

Fuente: Elaboración propia.

La simulación de Chemcad se debe realizar recurriendo a la simulación de una columna rigurosa como SCDS pero el procedimiento a seguir en este diseño será primero la simulación de una columna SHORTCUT menos rigurosa y la posterior simulación en SCDS.

En el programa de simulación se selecciona los componentes de la **Tabla 9.36** y los modelos termodinámicos, el asistente «Thermodynamics Wizard» abrirá el modelo que más se ajusta al proceso y sus condiciones de presión y temperatura. Para las condiciones de la alimentación se obtiene K: NRTL y H:LATE.

1. Inicialización columna SHORTCUT

Se selecciona el modo 2 2 Design; FUG with Fenske feed tray location, en el que se debe introducir la siguiente información.

— Elección del compuesto clave ligero y clave pesado:

Representando la presión de vapor del etanol y agua para el rango de operación de la columna se aprecia, que el compuesto ligero es el etanol frente agua que será el pesado.

— Valores de LK_{Split} y HK_{Split} :

El cálculo del LK_{Split} y HK_{Split} se realizará siguiendo el siguiente procedimiento que permitirá obtener la relación de los dos.

Los moles en el destilado del clave ligero x_D serán:

$$— x_d = \frac{mol\ etanol \cdot LKS}{mol\ etanol\ alimentación \cdot LKS + mol\ agua\ alimentación \cdot HKS}$$

$$— x_D = \frac{488,89 \cdot LKS}{488,89 \cdot LKS + 404,82 \cdot HKS}$$

$$— x_D \cdot (488,89 \cdot LKS + 404,82 \cdot HKS) = 488,89 \cdot LKS$$

$$— X_D = 0,85$$

$$— 416,17 \cdot LKS + 344,36 \cdot HKS = 488,89 \cdot LKS$$

$$— HKS = \frac{(488,89 - 416,17) \cdot LKS}{344,36}$$

$$— HKS = 0.2132 LKS$$

La relación obtenida permite obtener una relación de HKS y LKS que permite obtener la relación de x_D deseada. Para los cálculos se fijara un valor de LKS que debe ser alto entre 0.85 y 1, así que fijando un valor de 1 se obtiene un HKS de 0.2132.

— Cálculo R/R_{\min}

Con estos datos solo falta introducir el valor de R/R_{\min} para ello se hace un estudio de sensibilidad que relacione esta variable con el número de etapas y el calor de la caldera, como se aprecia en las **Figuras 9.17 y 9.18**

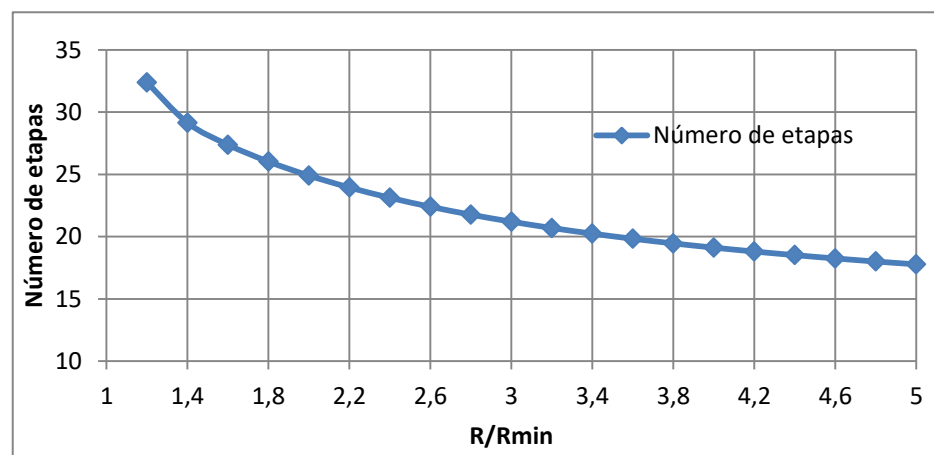


Figura 9.17 Seguimiento del número de etapas de la columna en función R/R_{\min}

Fuente: Elaboración propia simulación Chemcad

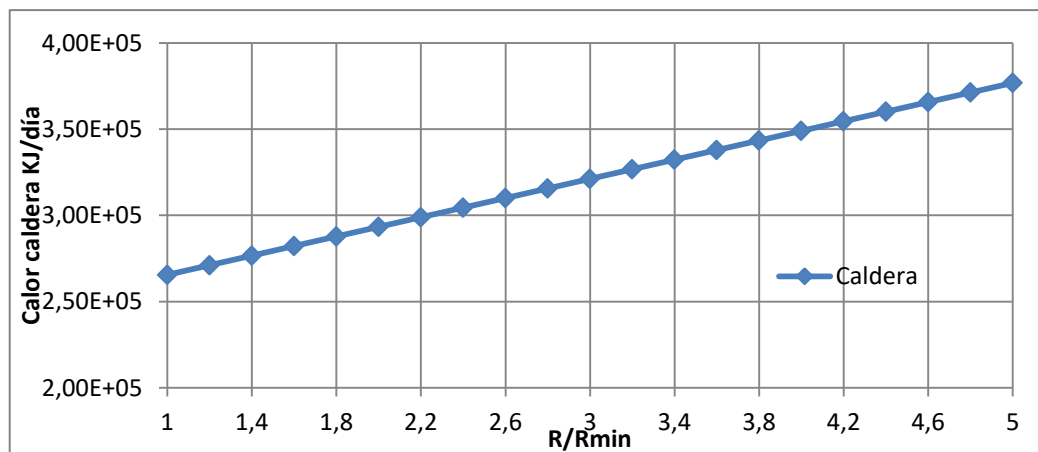


Figura 9.18 Seguimiento del calor de la caldera en función R/R_{\min}

Fuente: Elaboración propia simulación Chemcad

Se aprecia que el mejor valor es 2,2 ya que se aprecia un punto de inflexión en el descenso de número de etapas y cada vez reduce menos.

2. Ejecución de la columna SHORTCUT

Se obtienen los siguientes resultados, **Tabla 9.37**

Tabla 9.37 Ejecución columna Shortcut.

Numero etapas	25
Calor caldera	3,09E+07 KJ/día
Calor condensador	-2,87E+07 KJ/día
Etapas de Alimentación	3,7841
Razón de Reflujo mínima	0,273

Fuente: Elaboración propia

3. Cálculo de la columna SCDS.

Con los datos aportados anteriormente es posible, realizar la ejecución en un tipo de columna más realista, además se incluye una eficacia de plato de 0.87 al realizar la simulación se obtienen los siguientes resultados

Tabla 9.38 Resumen de las propiedades de cada corriente de (C-01).

	C-01	C-30	C-34	C-33
Caudal Total (Kg/día),m	29.849,19	21.792,245	8.056,94	
Caudal de poso seco, m ₁	5,203	-	5,20	
Caudal de agua, m ₂	7.277,0922	3.057,776	4.235,10	
Caudal de Ácido cítrico , m ₅	40,995	-	40,995	
Caudal de citrato sódico , m ₆	1,441	-	1,441	
Caudal de mananasa , m ₇	1,275	-	1,275	
Caudal de celulasa , m ₈	1,275	-	1,275	
Caudal de azida de sodio, m ₉	0,05	-	0,05	
Caudal de etanol, m ₁₀	22.521,856	18.734,468	3.788,311	
T (°C)	60,00	78,35	81,72	
P (bar)	1,00	1,00	1,00	
H (KJ/Kg)	171,71	210,32	273,05	
Fracción másica	Poso seco, x ₁	TRAZA	-	TRAZA
	Agua x ₂	0,244	0,140	0,526
	Ácido cítrico x ₅	0,001	-	0,005
	Citrato sódico, x ₆	TRAZA	-	TRAZA
	Manansa, x ₇	TRAZA	-	TRAZA
	Celulasa, x ₈	TRAZA	-	TRAZA
	Azida de sodio , x ₉	TRAZA	-	TRAZA
	Etanol, x ₁₀	0,754	0,857	0,470

Fuente: Elaboración propia

9.1.15 Mezclador 04, M-04.

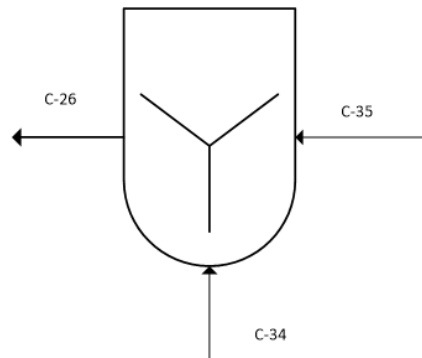


Figura 9.18 Mezclador-04, M-04
Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.18** se muestra como equipo, un mezclador, que permitirá reponer el etanol perdido para mantener las características del M-03 constantes. Su carga procedente de C-01 será continua y su descarga discontinua.

Los parámetros conocidos en este equipo son recogidos en la **Tabla 9.39**, conociéndose todas las características de las corrientes C-34 y C-26.

Tabla 9.39. Datos conocidos de M-04.

	M-04	C-34	C-35	C-26
	Caudal Total (Kg/día), m	21.792,24		25.889,55
	P(bar)	1,00	1,00	1,000
	T (°C)	78,35		60,000
Fracción másica	Agua x2	0,14		0,13
	Etanol, x10	0,86		0,87

Fuente: Elaboración propia

Balances de materia y energía:

Se realiza balance de energía y de materia total, para conocer la temperatura de la corriente de salida.

— **Balance de materia total:**

$$m_{34} + m_{35} = m_{26}$$

$$21.792,24 + m_{35} = 25.889,55$$

$$\boxed{m_{35} = 4.097,30}$$

— **Balance de materia al etanol:**

$$m_{1034} + m_{1035} = m_{1026} ;$$

$$18.734,47 + m_{1035} = 22.523,90$$

$$\boxed{m_{1035} = 3.789,44}$$

— **Balance energético.**

$$m_{34} \cdot H_{34} + m_{35} \cdot H_{35} = m_{26} \cdot H_{26};$$

$$21.792,24 \cdot 210,32 + 4.097,30 \cdot H_{35} = 25.889,55 \cdot 160,00$$

$$\boxed{H_{35} = 107,77 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

Para conocer la temperatura de salida se procede al siguiente cálculo.

$$— H_{35} = x_{235} \cdot H_{agua} + x_{1035} \cdot H_{etanol};$$

$$H_{35} = \frac{(m_{235} \cdot cp_{agua} + m_{1035} \cdot cp_{etanol})}{m_{11}} \cdot (T_{35} - 0);$$

$$\boxed{107,77 = \frac{3.789,44 \cdot 2,44 + 307,86 \cdot 4,183}{4.097,30} \cdot (T_{35} - 0);}$$

$$\boxed{T_{11} = 42 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Los resultados se presentan en la **Tabla 9.40**.

Tabla 9.40 Resumen de las propiedades de cada corriente de (M-04).

M-04	C-34	C-35	C-26
Caudal Total (Kg/día),m	21.792,24	4.097,30	25.889,55
Caudal de agua, m ₂	3.057,78	307,86	3.365,64
caudal de etanol, m ₁₀	18.734,47	3.789,44	22.523,29
T (°C)	78,35	42,00	60,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00
H(KJ/Kg)	210,32	107,77	160
Agua x ₂	0,14	0,08	0,13
Etanol, x ₁₀	0,86	0,92	0,87

Fuente: Elaboración propia

9.1.16 Intercambiador de calor, H-01.

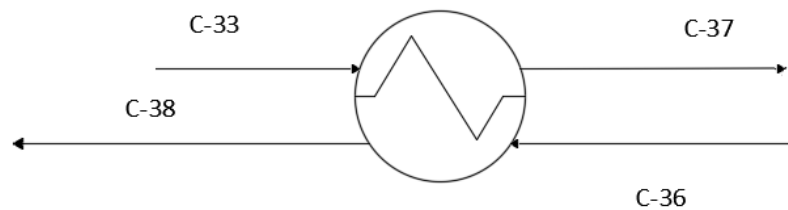


Figura 9.19 Intercambiador de calor 1; H-01

Fuente: Elaboración propia.

Datos conocidos:

En la **Figura 9.19** se muestra Intercambiador de calor- 01, este equipo se utiliza para preparar las condiciones necesarias para el acondicionamiento del

reactor biológico es necesario obtener agua de 2 m³/día a 60 °C. Para ello se utilizara la corriente 33, destilado del almacenado que se ha mantenido en T-02.

Todos los parámetros son conocidos salvo la temperatura de C-38, esto se puede apreciar en la **Tabla 9.41**

Tabla 9.41 Datos conocidos de H-01.

H-01	C-33	C-36	C-37	C-38
Caudal Total (Kg/día),m	8.056,40	3.932,80	8.056,40	3.932,80
Caudal de poso seco, m ₁	5,20	-	5,20	-
Caudal de agua, m ₂	4.235,10	3.932,80	4.235,10	3.932,80
Caudal de Ácido cítrico , m ₅	40,99	-	-	-
Caudal de citrato sódico , m ₆	1,44	-	1,44	-
Caudal de mananasa , m ₇	1,28	-	1,28	-
Caudal de celulasa , m ₈	1,28	-	1,28	-
Caudal de azida de sodio, m ₉	0,05	-	0,05	-
caudal de etanol, m ₁₀	3.788,31	-	3.788,31	-
T (°C)	81,72	20,00	81,72	60,00
P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Balances de materia y energía:

Con los datos de la **Tabla 9.41** se procede al cálculo de los balances:

— **Balance de materia al agua:**

$$m_{36} = m_{38}; \quad 3.932,80 = m_{38}$$

— Balance de energía de la corriente que se calienta:

$$Q = m_{38} \cdot cp_{H_2O} \cdot (T_{38} - T_{36}) ;$$

$$Q = 3.932,80 \cdot 4,183 \cdot (60 - 20) ;$$

$$Q = 6,58 \cdot 10^5 \frac{KJ}{día}$$

— Balance de energía de la corriente que se enfría:

$$Q = m_{33} \cdot cp_{36} \cdot (T_{33} - T_{37})$$

$$Q = m_{33} \cdot (cp_{10} \cdot x_{10_{33}} + cp_2 \cdot x_{2_{33}}) \cdot (T_{37} - T_{37})$$

$$6,58 \cdot 10^5 = 8.066,40 \cdot (2,44 \cdot 0,47 + 4,182 \cdot 0,525) \cdot (78,35 - T_{37})$$

$$T_{37} = 53,94^{\circ}C$$

Los resultados de los anteriores balances se representan en la **Tabla 9.42**

Tabla 9.42 Resumen de las propiedades de cada corriente de (H-01).

	H-01	C-33	C-36	C-37	C-38
	Caudal Total (Kg/día),m	8.056,94	3.932,80	8.056,94	3.932,80
	Caudal de poso seco, m_1	5,20	-	5,20	-
	Caudal de agua, m_2	4.235,10	3.932,80	4.235,10	3.932,80
	Caudal de Ácido cítrico , m_5	40,99	-	40,99	-
	Caudal de citrato sódico , m_6	1,44	-	1,44	-
	Caudal de manansa , m_7	1,28	-	1,28	-
	Caudal de celulasa , m_8	1,28	-	1,28	-
	Caudal de azida de sodio, m_9	0,05	-	0,05	-
	caudal de etanol, m_{10}	3.788,31	-	3.788,31	-
	T (°C)	81,72	20,00	53,94	60,00
	P (bar)	1,00	1,00	1,00	1,00
	H (KJ/Kg)	273,075	83,62	221,21	250,86
Fracción másica	Poso seco, x_1	TRAZA	-	TRAZA	-
	Agua x_2	0,525	1,00	0,525	1,00
	Ácido cítrico x_5	0,005	-	0,005	-
	Citrato sódico, x_6	TRAZA	-	TRAZA	-
	Manansa, x_7	TRAZA	-	TRAZA	-
	Celulasa, x_8	TRAZA	-	TRAZA	-
	Ázida de sodio , x_9	TRAZA	-	TRAZA	-
	Etanol, x_{10}	0,470	-	0,470	-

Fuente: Elaboración propia

9.1.17 Tanque pulmón 02, T-02.

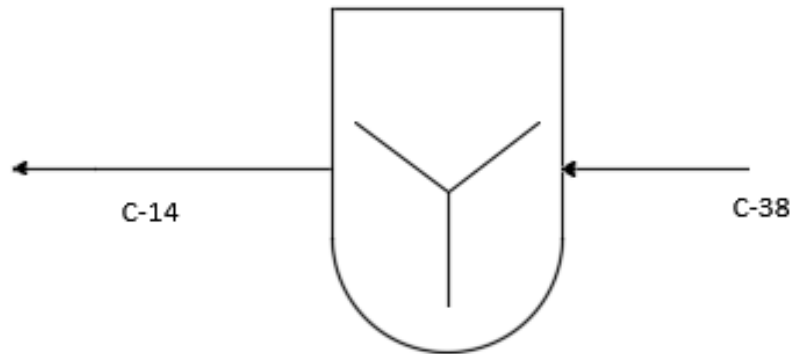


Figura 9.20 Tanque pulmón 2, T-02
Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 9.20** se muestra como equipo, un tanque pulmón que permite pasar el proceso de discontinuo a continuo.

Este equipo no necesita de la realización de balances ya que todo lo que entra sale, solo que la entrada es discontinua y la salida continua.

Los resultados se ilustran en la **Tabla 9.43**:

Tabla 9.43 Resumen de las propiedades de cada corriente de (T-02).

	T-02	C-38	C-14
	Caudal Total (Kg/día),m	3.932,80	3.932,80
	Caudal de agua,m ₂	3.932,80	3.932,80
	T (°C)	60,00	60,00
	P (bar)	1,00	1,00
	H (KJ/Kg)	250,86	250,86
Fracción másica	Agua x ₂	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

9.2 Anexos de Diseño de equipos.

9.2.1 Reactor enzimático, R-02.

Para la realización del diseño del reactor enzimático se realizará en tres apartados: diseño funcional, mecánico y energético.

Antes de la realización del diseño se tendrán a tener en cuenta las siguientes consideraciones previas:

- Tipo de funcionamiento, el equipo trabajará en discontinuo.
- La mezcla será de un líquido con un sólido que es parte soluble y otra insoluble. Los sólidos se añaden habitualmente en el líquido en un tanque agitado, esta agitación evita la formación de lodos, luego será un reactor discontinuo perfectamente agitado.
- Los líquidos y sólidos se mezclan generalmente a presión atmosférica, para hacer el manejo y el flujo del sólido más fácil.
- El reactor se considera mezcla, luego tendrá las mismas características en cualquier punto del mismo.
- La temperatura de funcionamiento será de 60°C para el correcto funcionamiento de la hidrólisis.
- La reacción de hidrólisis no desprenderá calor, luego no se considera exotérmica ni endotérmica.
- El material de construcción elegido es acero inoxidable 304, debido a sus buenas prestaciones mecánicas y evitar la corrosión en el interior del equipo.

El peso en operación se le debe sumar éste el peso de la carga.

9. Diseño agitador

Este equipo necesita de un sistema de mezclado, para evitar remolinos y formación del vórtice, se instalan deflectores verticales perpendiculares a la pared del reactor. En reactores pequeños como este son suficientes 4 placas deflectoras.

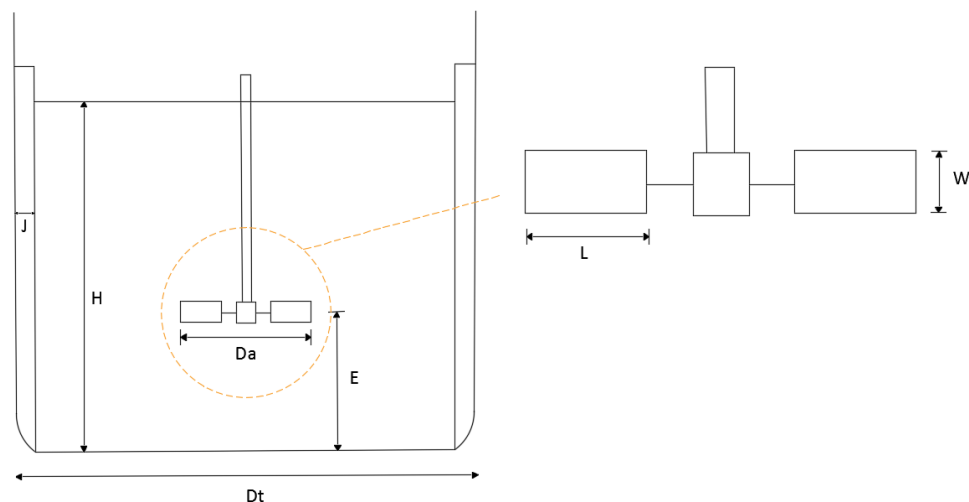


Figura 9.23. Dimensiones del sistema de agitación.

Fuente: Elaboración propia

- **Las ecuaciones 9.11** para conocer las dimensiones del agitador son las siguientes, para ello conociendo el D_t , que corresponde al valor antes calculado de $D_{\text{ext cuerpo}} = 1,7909 \text{ m}$.

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}; \frac{H}{D_t} = 1; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad (9.11)$$

Diseño funcional:

En este apartado se determinará el volumen del equipo y la densidad y la viscosidad de la mezcla en su interior.

1. Determinación del volumen del equipo.

El caudal de entrada determinado en los balances de materia y energía es de 4.225,62 Kg/día con un 93,51 % de agua a 60°C, 5,48 %de posos, 0,97% de ácido cítrico y 0,03 de citrato sódico, así que se procede al cálculo del volumen de densidades de estos compuestos anteriormente tabuladas.

$$V_{R-2} = \left(\frac{4.225,62 \cdot \frac{93,51}{100} \text{ Kg agua}}{983,199 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} + \frac{4.225,62 \cdot \frac{0,97}{100} \text{ Kg ácido cítrico}}{1665 \frac{\text{Kg ácido cítrico}}{\text{m}^3}} + \frac{4.225,62 \cdot \frac{0,03}{100} \text{ Kg citrato sódico}}{1860 \frac{\text{Kg citrato sódico}}{\text{m}^3}} + \frac{4.225,62 \cdot \frac{5,48}{100} \text{ Kg poso}}{520,00 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$\boxed{V_{R-2} = 4,49 \text{ m}^3}$$

2. Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.

La densidad se procederá a su cálculo mediante los datos conocidos de volumen total y masa total, dando como resultado 941,12 Kg/m³.

Otro parámetro importante es la viscosidad, para ello se calculará según los estudios de (**Sobolík, 2002**), este estudio es una aproximación ya que la materia de trabajo del estudio es poso de cable no café soluble.

$$\eta = \exp(a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2 + \frac{a_4 + a_5 \cdot x^2}{T + 273,15}) \text{ Para soluciones de café (20 - 80°C)}$$

(9.1), (Sobolík, 2002)

Dónde:

- η : viscosidad (mPa*s)
- x: fracción másica de sólidos
- T: Temperatura (°C)
- a1, a2, a3, a4, a5: Parámetros del modelo.
- a1 = -7,030
- a2 = 1,014
- a3 = -38,684
- a4 = 2163,867
- a5 = 16062,858

Otorgando un valor de $6,3728 \cdot 10^{-4}$ Pa s

Diseño mecánico:

Una vez concluido el diseño funcional se procede al diseño mecánico, en él se procederá al diseño de los agitadores, al cálculo de las dimensiones del equipo (altura, diámetro, espesores), cálculo de la presión de diseño.

1. Determinación del tipo de agitador.

Con los valores obtenidos de volumen y viscosidad se puede determinar el tipo de agitador, para el equipo, este se determina con la **Figura 9.21**.

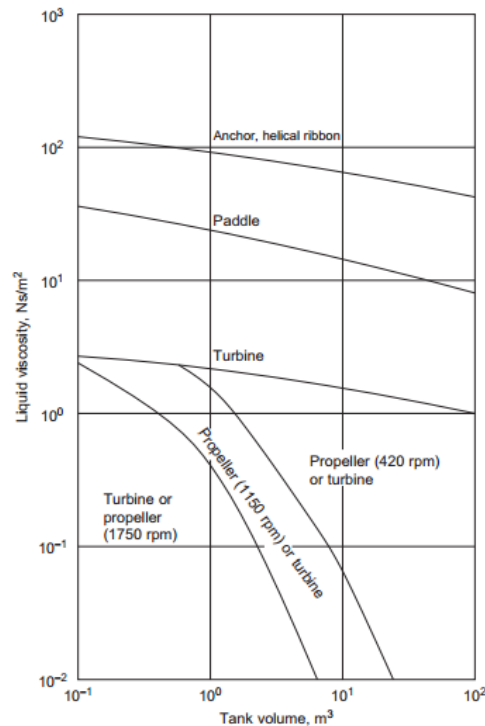


Figura 9.21. Tipo de agitadores según viscosidad.
Fuente: Sinnott (2012)

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, debido a sus valores de viscosidad del líquido y el volumen del tanque, este caso reactor.

2. Determinación del diámetro y altura efectivos.

El reactor será cilíndrico se determinara de la **ecuación 9.2**, donde H es la altura y D el diámetro del mezclador.

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} \quad (9.2)$$

Se utilizarán agitadores de hélice se considera que el diámetro es igual a la altura y se obtiene la **Ecuación (9.3)**

$$V = \frac{\pi D^3}{4} \quad (9.3)$$

Realizando estas operaciones se obtiene que el diámetro y la altura efectivos sean de 1,788 m.

3. Presión de diseño.

Para calcular la presión de diseño del reactor se sumará la presión de operación del equipo a la presión hidrostática, está es la que ejerce el líquido del reactor, también se suma el 15% del total por motivos de seguridad, el valor obtenido será el utilizado como presión de diseño.

El cálculo se realizará mediante la **Ecuación 9.4** que recoge las consideraciones anunciadas.

$$P_{diseño} = P_{trabajo} + \rho \cdot g \cdot H_{útil} + \frac{(P_{trabajo} + \rho \cdot g \cdot H_{útil}) \cdot 15}{100} \quad (9.4)$$

$$P_{diseño} = 101325 \text{ Pa} + 941,11 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,788\text{m} + \frac{(101325 \text{ Pa} + 941,11 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,788) \cdot 15}{100}$$

$$P_{diseño} = 1,355 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

4. Temperatura de diseño.

Se considera que la temperatura de diseño es 60°C, para mantener la temperatura en el reactor constante, se dispondrá de una resistencia en su interior, pero se diseñara un aislante para que no sea necesario el uso de la resistencia.

5. Propiedades del material de construcción.

Conocer el material de construcción de un equipo es muy importante para su diseño, debido a que gracias a él se conocen propiedades del equipo como el espesor.

Las propiedades a considerar son:

5.1 Límite elástico.

En la siguiente **Figura 9.22**, se muestra el límite elástico, S y como depende del material y de la temperatura del equipo.

Material	Tensile strength (N/mm ²)	Design stress at temperature °C (N/mm ²)									
		0 to 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Carbon steel (semi-killed or silicon killed)	360	135	125	115	105	95	85	80	70		
Carbon-manganese steel (semi-killed or silicon killed)	460	180	170	150	140	130	115	105	100		
Carbon-molybdenum steel, 0.5 per cent Mo	450	180	170	145	140	130	120	110	110		
Low alloy steel (Ni, Cr, Mo, V)	550	240	240	240	240	240	235	230	220	190	170
Stainless steel 18Cr/8Ni unstabilised (304)	510	165	145	130	115	110	105	100	100	95	90
Stainless steel 18Cr/8Ni Ti stabilised (321)	540	165	150	140	135	130	130	125	120	120	115
Stainless steel 18Cr/8Ni Mo 2½ per cent (316)	520	175	150	135	120	115	110	105	105	100	95

Figura 9.22. Valores de límite elástico para distintos materiales y temperaturas.

Fuente: Sinnott (2012)

Considerando el acero 304 y temperatura de operación de 60°C, se obtiene mediante interpolación un valor de $S=162,5 \text{ N/mm}^2$.

5.2 Factor de soldadura, E

El valor de límite elástico se verá afectado por zonas de soldadura en el reactor, así que se introduce una reducción del límite elástico, mediante el factor de soldadura, E este factor normalmente se considera 0.85. Esta reducción se genera mediante la multiplicación del límite elástico por este factor.

5.3 Sobreespesor de corrosión, C1.

Para evitar problemas de corrosión en el equipo se debe introducir el factor de sobreespesor de corrosión, C1, este valor es igual al espesor máximo corroído en el espacio de 10 años, normalmente se considera en el rango entre 1-6 mm. Se ha decidido utilizar en este reactor el valor de 2 mm.

5.4 Tolerancia de fabricación, C2

Otro factor a tener en cuenta es el de tolerancia de fabricación, C2 este se genera en las partes del equipo donde sufre deformación, como ocurre en los fondos toriesféricos, que son zonas donde se pierde espesor, así que en estas zonas se debe añadir un sobreespesor que equivale al 10% del espesor previamente calculado.

$$C2 = \text{espesor} \cdot 0,1$$

5.5 Velocidad o presión del viento

Como el reactor se encuentra en el interior no se tendrá en cuenta.

5.6 Coeficiente sísmico.

En esta planta se considera que no hay actividad sísmica y por lo tanto no se tiene en cuenta el coeficiente sísmico para el diseño de los tanques.

6. *Cálculo del espesor.*

Se procederá al cálculo del espesor de pared de un cuerpo cilíndrico con la **Ecuación 9.5**

$$espesor\ pared = \frac{P_{diseño} \cdot D_{efectivo}}{2 \cdot S \cdot E - 1,2 \cdot P_{diseño}} + C1 \quad (9.5)$$

$$espesor\ pared = \frac{1,355 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 1,788\ m}{2 \cdot 162,5 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{10^6 mm^2}{m^2} \cdot 0,85 - 1,2 \cdot 1,355 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}} + 0,002\ m$$

$$espesor\ pared = 2,878 \cdot 10^{-3}\ m = 2,878\ mm$$

El cálculo del espesor de fondo se realizará aplicando fondos helicoidales, **Ecuación 9.6**, y sustituyendo C2 **Ecuación 9.7**.

$$espesor\ fondo = \frac{P_{diseño} \cdot D_{efectivo}}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P_{diseño}} + C1 + C2 \quad (9.6)$$

$$espesor\ fondo = \frac{P_{diseño} \cdot D_{efectivo}}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P_{diseño}} + C1 + espesor \cdot 0,1 \quad (9.7)$$

$$espesor\ fondo = \frac{1,355 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 1,788\ m}{2 \cdot 162,25 \frac{N}{mm^2} \frac{10^6 mm^2}{m^2} \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 1,355 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}} + 0,002\ m + 2,878 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1$$

$$espesor\ fondo = 3,165 \cdot 10^{-3} m = 3,165\ mm$$

7. Sobredimensionamiento del equipo

Las medidas del volumen se deben someter a un sobredimensionamiento del 30 % por seguridad se obtienen los siguientes valores:

$$V_{R-2} = V \cdot 1,3 = \frac{\pi D_{efectiva}^2 H_{total}}{4} \quad (9.8)$$

$$V_{R-2} = 5,837\ m^3; D_{efectiva} = 1,788\ m\ H_{total} = 2,325\ m$$

A la altura total se le añade el espesor de fondo dos veces quedando un valor de 2,331 m

8. Peso del equipo

El peso del equipo vacío, es otro factor bastante importante, se obtiene como la suma del peso del cuerpo del equipo y la de los dos fondos, para ello es necesario considerar la densidad del acero que es 7.900 Kg/m^3 con la densidad del acero.

Se debe calcular los diámetros interiores y exteriores del cuerpo y del fondo.

$$\text{— } D_{ext \text{ cuerpo}} = 1,788 + 2,877 \cdot 10^{-3} = 1,7909 \text{ m}$$

$$\text{— } D_{ext \text{ cabeza}} = 1,788 + 3,165 \cdot 10^{-3} = 1,7912 \text{ m}$$

Las ecuaciones 9.9 y 9.10 del peso del cuerpo y de la cabeza son las siguientes:

$$\text{— } peso \text{ cuerpo} = \pi \cdot H \text{ fondo} \cdot \left(\frac{D_{ext \text{ cuerpo}}^2}{2} - \frac{D_{int \text{ cuerpo}}^2}{2} \right) \cdot \rho_{acero} \quad (9.9)$$

$$peso \text{ cuerpo} = \pi \cdot 2,33 \cdot \left(\frac{1,7909^2}{2} - \frac{1,788^2}{2} \right) \cdot 7900 = 297,88 \text{ Kg}$$

$$\text{— } peso \text{ cabeza} = \left((0,0809 \cdot D_{ext \text{ cabeza}}^3) - (0,0809 \cdot D_{int \text{ cabeza}}^3) \right) \cdot \rho_{acero} \quad (9.10)$$

$$peso \text{ cabeza} = \left((0,0809 \cdot 1,7909^3) - (0,0809 \cdot 1,788^3) \right) \cdot 7900 = 19,43 \text{ Kg}$$

Con estos resultados el cálculo del peso final será el peso del cuerpo más dos veces el de la cabeza otorgando un valor de 336,76 Kg.

Tomando estos datos en consideración se procede al cálculo y estos se muestran en la siguiente tabla.

Potencia del agitador.

Según la **Figura 9.24** de requerimientos de potencia para agitadores del libro, se procede a los cálculos.

Figura 9.24 Requerimientos de potencia en función del tipo de mezcla

Table 15.5 Power Requirements—Baffled Agitated Tanks		
Agitation	Applications	Power, kW/m³
Mild	Blending, mixing	0.04–0.10
	Homogeneous reactions	0.01–0.03
Medium	Heat transfer	0.03–1.0
	Liquid-liquid mixing	1.0–1.5
Severe	Slurry suspension	1.5–2.0
	Gas absorption	1.5–2.0
	Emulsions	1.5–2.0
Violent	Fine slurry suspension	>2.0

Fuente: Diseño en Ingeniería Química

De esta figura y considerando agitación severa para suspensiones, se toma el valor mínimo del rango así que 2 kW/m³.

La potencia necesaria de los agitadores se determinará multiplicando el volumen útil por 2 kW/m³, se obtiene una potencia de **8,98 KW**.

10. Tabla Resumen.

Tabla 9.44 Resumen del diseño mecánico del Reactor 02 (R-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,355
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento ,h	18
Horario funcionamiento	14:30 a 8:30
Tiempo de carga, h	0,8
Tiempo de descarga, h	1
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,788
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,791
Altura efectiva, m	1,788
Altura total, m	2,33
Volumen efectivo, m ³	4,49
Volumen total, m ³	5,837
Espesores	
Espesor pared, mm	2,878
Espesor fondo superior, mm	3,165
Espesor fondo inferior, mm	3,165
Pesos	
Peso pared ,Kg	297,88
Peso cabeza, Kg	19,435
Peso relleno, Kg	4.225,62
Equipo vacío, Kg	336,76
Equipo operación, Kg	4.562,38
Diseño del agitador	
D_t, m	1,788
D_a, m	0,596
H, m	1,788
J, m	0,149
E, m	0,596
W, m	0,119
L, m	0,149
Tipo de Agitación	Severa para suspensiones
Potencia, KW	8,98

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

El reactor se mantiene a 60°C, mientras que la temperatura exterior está por debajo.

Sabiendo que si la temperatura desciende la efectividad de las enzimas disminuye la efectividad de la reacción.

Por esta razón, es necesario el uso de un sistema de calentamiento o de aislamiento para mantener la temperatura.

Se calcula el calor que se cede desde el exterior considerando la temperatura del exterior será de 20°C

1. Calor perdido por el reactor.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (9.12)$$

Dónde:

- Q: calor cedido (W)
- U: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2 \cdot K$)
- A: área de transferencia de calor (m^2)
- ΔT : diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior (°C)

Cálculo de U:

1. Coeficiente individual de convección interior del agua al ser compuesto mayoritario. Se utiliza un valor típico de $h_i = 500 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
2. Coeficiente de conducción del acero. $k = 50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
3. Coeficiente individual de convección exterior del aire. Se utiliza un valor típico del aire $h_e = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_e} \quad (9.13)$$

Donde:

— Ax es el espesor

Despejando de la **Ecuación 9.13** se obtiene $U=9,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cálculo área

$$\begin{aligned} A_{lateral} &= \pi \cdot D \cdot H = 13,10 \text{ m}^2 \\ A_{cabezal} &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = 2,51 \text{ m}^2 \\ A_{total} &= 18,11 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Resolviendo la **Ecuación 9.12** se obtiene $Q=7.100 \text{ W}$, que son en las 18 horas 460.082,603 KJ.

2. Cálculo de la temperatura al final de la operación.

La temperatura a las 18 horas de funcionamiento de R-02 sería:

$$Q = m \cdot cp \cdot (T_{inicio} - T_{fin});$$
$$460.082,603 = 4.225,62 \cdot 4,182 \cdot (60 - T_{fin})$$
$$\boxed{T_{fin} = 34^{\circ}\text{C}}$$

Estas pérdidas son considerables lo que hace necesario la instalación de aislamiento.

3. Cálculo del sistema aislamiento

Se considera que mantener el interior a 59°C, durante las 18 °C, sería un gran aislamiento, para ello se instala un aislamiento de lana de vidrio k=0,033.

Primero se calcula el valor de calor que se permite perder.

$$Q = m \cdot cp \cdot (T_{inicio} - T_{fin}); \quad (9.13)$$
$$Q = 4.225,62 \cdot 4,182 \cdot (60 - 59) = 17.671,551 \text{ KJ}$$

Esos valores son referenciados a 18 horas de funcionamiento:

$$Q = 17.671,551 \frac{\text{KJ}}{1 \text{ ciclo}} \cdot \frac{1 \text{ ciclo}}{18 \text{ h}} = 981,75 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} = 272,70 \text{ W}$$

Calor perdido por el reactor.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (9.12)$$

Cálculo de U

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{\Delta x_{aislante}}{k_{aislante}} + \frac{1}{h_e}$$

Dónde:

- Coeficiente de fibra de vidrio. $k_{aislante} = 0.033 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

Cálculo área

$$A_{lateral} = \pi \cdot (D + 2\Delta x_{aislante}) \cdot H$$
$$A_{cabezal} = \frac{\pi}{4} \cdot (D + 2\Delta x_{aislante})^2$$

Despejando $\Delta x_{aislante}$ de la primera **Ecuación 9.12** donde ΔT será 40°C y calor perdido por el tanque debe ser igual que el calor que se permite perder se obtiene $\Delta x_{aislante} = 97 \text{ mm}$, es decir $9,7 \text{ cm}$ de fibra de vidrio.

4. Sistema de seguridad adicional.

Como medida de seguridad y para evitar perder lote, se instalará una resistencia portable de 7.100 W , por si se producen pérdidas.

Tabla 9.45 Resumen del diseño energético del Reactor 02 (R-02)

Calor perdido sin sistema de calefacción	7.100 W
Temperatura final	34°C
Necesidad de sistema de aislamiento	Sí
Sistema de aislamiento	
Espesor aislamiento (fibra de vidrio)	9.7 cm
Resistencia de seguridad	7.100 W

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2 Secador 1, S-01.

Para realizar el diseño de un secador lo primero que se debe elegir es el tipo de secador, esta decisión influirá en sus dimensiones, para ello se consultará la **Figura 9.25**, permite determinar cuál es la mejor elección.

Table 10.7. Dryer selection

Mode of operation	Generic type	Feed condition			Specific dryer types	Jacketed	Suitable for heat-sensitive materials	Suitable for vacuum service	Retention or cycle time	Heat transfer method	Capacity	Typical evaporation capacity	
		1	2	3									
Batch	Stationary				1. Shelf					Radiant and conduction	Limited	0.15-1.0 kg/hr ² heat transfer area	
					2. Cabinet	Yes	Yes	Yes	6.48 h				
					3. Compartment								
					Truck	No	Yes	No	6.48 h	Convection	Limited		0.15-1.0
					1. Kettle	Yes	No	Yes	3.12 h	Conduction	Limited		1.5-15
					2. Pan								
		Drum				Rotary shell	Yes	Yes	Yes	4.48 h	Conduction	Limited	0.5-12
					Rotary internal	Yes	Yes	Yes	4.48 h	Conduction	Limited	0.5-12	
					Double cone	Yes	Yes	Yes	3.12 h	Conduction	Limited	0.5-12	
					1. Single drum								
			2. Double drum	No	Yes	Yes	Very short	Conduction	Medium		5-50		
			3. Twin drum										
Continuous	Rotary				Rotary direct heat	No	No	No	Long	Convection	High	3-110 kg/hr ³ dryer volume	
					Rotary, indirect heat	No	No	No	Long	Conduction	Medium		15-200
					Rotary, steam tube	No	Depends on material	No	Long	Conduction	High		15-200
					Rotary, direct-indirect heat	No	No	No	Long	Conduction	High		50-150
					Louver	No	Depends on material	No	Long	Convection	High		5-240
					Tunnel belt, screen	No	Yes	No	Long	Convection	Medium		1.5-35
		Conveyor				Rotary shelf	Yes	Depends on material	No	Medium	Conduction	Medium	0.5-10
					Trough	Yes	Depends on material	Yes	Varies	Conduction	Medium	0.5-15	
					Vibrating	Yes	Depends on material	No	Medium	Convection	Medium	0.5-100	
					Turbo	No	Depends on material	No	Medium	Convection	Medium	1-10	
	Suspended particle				Spray	No	Yes	No	Short	Convection	High	1.5-50	
				Flash	No	Yes	No	Short	Convection	High	-		
				Fluid bed	No	Yes	No	Short	Convection	Medium	-		

← → = applicable to feed conditions noted

Key to feed conditions:

1. Solutions, colloidal suspensions and emulsions, pumpable solids suspensions, pastes and sludges.
2. Free-flowing powders, granular, crystalline or fibrous solids that can withstand mechanical handling.
3. Solids incapable of withstanding mechanical handling.

Figura 9.25 Tipos de secadores

Fuente: Sinnott (2012)

La planta trabajará en discontinuo y el material a secar será poso de café, la composición de éste caracterizar en los siguientes grupos, según la **Figura 9.25**:

- Polvos, gránulos, sólidos cristalinos o fibrosos que pueden soportar una manipulación mecánica de flujo libre.
- Soluciones, suspensiones coloidales y emulsiones, suspensiones de sólidos que se pueden bombear, pastas y lodos.

Las características del material a secar y el trabajo en discontinuo determinan que el mejor secador, es el de bandejas, cuyas particularidades se desarrollan en esta Figura también.

Determinación del cálculo del área de filtrado.

Según los datos apartados en los balances y energía, 226,13 Kg/día de agua se evaporan en el secador, gracias a la capacidad de evaporación del secador de bandejas se puede calcular el área de secado.

El tiempo de ciclo será de 3.12 horas y la capacidad de evaporación del secador aparece en un rango entre 15 y 1,5 Kg/h m², para el cálculo se tomará el valor más restrictivo, que en este caso pertenece al valor mínimo 1,5 Kg/h m².

$$A = \frac{m_{\text{agua evaporada}}}{\text{capacidad evaporación}} \quad (9.15)$$

$$A = \frac{226,13 \text{ Kg} \cdot \frac{1 \text{ ciclo}}{3.12 \text{ h}}}{1,5 \frac{\text{Kg}}{\text{h m}^2}} = 48,32 \text{ m}^2$$

Determinación del equipo ideal catalogado.

Con el valor de área de secado se elige el secador de bandejas más acorde, del catálogo, **Tabla 9.46** de la empresa Beltomatic, en él se aprecia algunas características del secador.

Tabla 9.46 Catálogo de Secadores de Bandejas y sus especificaciones.

Modelo	Número de carros	Tamaño Bandejas (m)	Número de bandejas	Espacio entre bandejas (mm)	Área m ²
TR1-66	1	1,68 x 0,66	18	25,4	19,93
TR2-66	2	3,36 x 0,66	18	25,4	39,86
TR3-66	3	5,04 x 0,66	18	25,4	59,78
TR4-66	4	6,72 x 0,66	18	25,4	79,71
TR6-66	6	8,40 x 0,66	18	25,4	119,57
TR8-66	8	10,08 x 0,66	18	25,4	159,42
TR12-66	12	20,16x 0,66	18	25,4	239,13
TR16-66	16	26,88 x 0,66	18	25,4	318,84

Fuente: Beltomatic. Elaboración propia.

Se elegirá el área de filtrado inmediatamente superior en este caso TR3-66, luego el equipo trabajará con 3 carros.

La descripción del equipo finalmente será recogida a continuación en la **Tabla 9.47**

Tabla 9.47 Resumen del diseño del secador (S-01).

S-01	
Tiempo de funcionamiento, horas	3.12
Horario funcionamiento	5:00 /8:07
Funcionamientos al día	1
Capacidad de evaporación, Kg/h m ²	1,5
Área requerida, m ²	48,32
Modelo	TR3-66
Número de carros	3
Número de Bandejas por carro	18
Tamaño de Bandejas, m	5,04 x 0,66
Espacio entre Bandejas, mm	25,4
Área, m ²	59,78

Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Reactor de pretratamiento de vapor, R-01.

Para proceder el diseño de un equipo, menos conocido se debe proceder a la descripción del mismo.

Según la **Figura 9.26**, este reactor es un recipiente a presión que contiene una cámara de reacción, rodeada por una camisa de vapor. La biomasa, en este caso el poso de café es introducido a través de una válvula neumática para ser mezclado con el vapor. Después del tiempo transcurrido, la válvula de escape se abre, provocando la caída rápida de la presión en un tiempo muy corto. Un condensador de agua está conectado con la cámara de expansión para eliminar como residuo líquido los compuestos orgánicos volátiles producidos en el proceso.

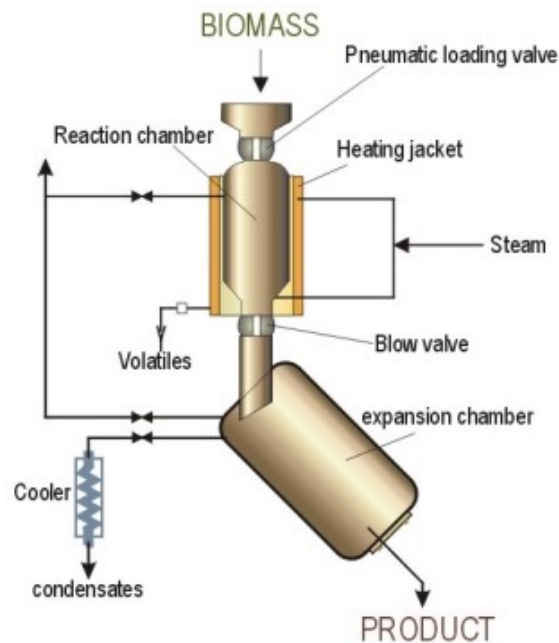


Figura 9.26: Descripción del reactor de pretratamiento de vapor reactor:
Fuente: ENEA

Una vez conocido el equipo se procede al diseño, para ello es necesario conocer que trabajará en discontinuo, el caudal de entrada, que ha sido calculado en la parte de balances y el tiempo de reacción que según el artículo (**Chiyanzu et al, 2014**) es de 12 minutos.

Este equipo tiene la peculiaridad de que para mantener las condiciones constantes se necesita un aporte de vapor, que ocupe todo el equipo, aparte de los caudales de entrada

Diseño de la cámara de reacción:

Diseño funcional

1. Cálculo del volumen.

El diseño se inicia con cálculo del volumen de cámara de reacción, para ello se inicia con el paso de caudal másico a volumétrico, usando las densidades calculadas en balances de materia y energía.

$$V_{R-1A} = \left(\frac{277,78 \text{ Kg poso}}{546,0 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{38,23 \text{ Kg vapor}}{15,15 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{R-1A} = 3,06 \text{ m}^3$$

Este volumen variará en función de la condensación del vapor, se calcula el caso más desfavorable, en el que todo sea vapor.

2. Cálculo de la densidad

La densidad será de 103,27 Kg/m³, con los datos de volumen total y caudal total.

Diseño mecánico:

Se realizará como en el **apartado 9.2.1** aunque en éste no se necesitará de agitadores.

Tabla 9.48 Resumen del diseño del reactor (R-01A).

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	34,52
Temperatura de diseño, °C	233,89
Tiempo funcionamiento, min	12
Horario funcionamiento	8:30-8:42
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,574
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,596
Altura efectiva, m	1,574
Altura total, m	2,093
Volumen efectivo, m ³	3,06
Volumen total, m ³	3,978
Espesores	
Espesor pared, mm	21,961
Espesor fondo superior, mm	23,907
Espesor fondo inferior, mm	23,907
Pesos	
Peso pared, Kg	1.807,939
Peso cabeza, Kg	115,229
Peso relleno, Kg	316,27
Equipo vacío, Kg	2.038,397
Equipo operación, Kg	2.354,67

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

Se debe mantener el interior a 190°C, durante los 12 minutos de funcionamiento, para ello se instala una camisa de calefacción por la que circulara el vapor saturado a 30 bares.

— Cálculo del calor perdido Q_{perdido} :

Se procede como el caso del reactor enzimático y sin considerar aislamiento, como es el mismo material, el valor de las constantes de calor sigue siendo el mismo, solo cambiara las áreas y el gradiente térmico.

Tabla 9.49 Cálculos de pérdidas(R-01A).

Área cuerpo, m ²	10,349
Área cabeza, m ²	1,945
Área total, m ²	14,238
Flujo calor Q_{perdido} , W	23.628
Tiempo funcionamiento ,min	12
Q, KJ	17.012

Fuente: Elaboración propia.

— Características del flujo calefactor:

Tabla 9.50 Características del fluido calefactor.

ΔH , KJ/Kg	1.794,97
P, bar	30,000
T, °C	233,89

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el balance de energía, donde se considera que el calor perdido por el equipo debe ser igual que el ganado, durante los 12 min:

$$Q = m_{calefactor} \cdot \Delta H \quad (9.16)$$

$$m_{calefactor} = 9,48 \text{ Kg}$$

Diseño de la cámara de expansión:

Diseño funcional

1. Cálculo del volumen.

$$V_{R-1B} = \left(\frac{250 \text{ Kg poso}}{520 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{11,46 \text{ Kg vapor}}{0,590 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{m}^3}} + \frac{54,55 \text{ Kg agua}}{958,656 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{R-1B} = 19,96 \text{ m}^3$$

2. Cálculo de la densidad

La densidad será de 15,83 Kg/m³, con los datos de volumen total y caudal total.

Diseño mecánico:

Se realizará como el reactor enzimático salvo que en éste no se necesitará de agitadores.

Tabla 9.51 Resumen del diseño de la cámara de expansión (R-01B).

Diseño Mecánico (R-01B)	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,1705
Temperatura de diseño, °C	99,63
Tiempo funcionamiento, min	12
Horario funcionamiento	8:42-8:45
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	2,940
$D_{ext\ cuerpo}, m$	2,943
Altura efectiva, m	2,940
Altura total, m	3,829
Volumen efectivo, m ³	19,96
Volumen total, m ³	25,948
Espesores	
Espesor pared, mm	3,246
Espesor fondo superior, mm	3,570
Espesor fondo inferior, mm	3,570
Pesos	
Peso pared, Kg	907,569
Peso cabeza, Kg	59,246
Peso relleno, Kg	316,27
Equipo vacío, Kg	1.026,06
Equipo operación, Kg	1.342,33

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

Al ser un recipiente de recogida de producto, de la cámara de reacción no se considerara debido a su corto tiempo de funcionamiento.

9.2.4 Mezclador 01, M-01.

Para la realización del diseño de un mezclador, se debe conocer los siguientes factores, en el resto de equipos los factores serán similares.

- Tipo de funcionamiento, el equipo trabajará en discontinuo.
- La mezcla será de un líquido con un sólido que es parte soluble y otra insoluble. Los sólidos se añaden habitualmente en el líquido en un tanque agitado, esta agitación evita la formación de lodos
- El grado de mezcla requerido, es hasta que se disuelva completamente los compuestos solubles, que hayan podido quedar adheridos a los compuestos solubles.
- Las propiedades físicas serán las del agua y de los posos que han sido ya mencionadas en otros equipos.
- Los líquidos y sólidos se mezclan generalmente a presión atmosférica, para hacer el manejo y el flujo del sólido más fácil.

Una vez conocido los factores se inicia la secuencia de cálculo del diseño que será igual a la seguida en el cálculo del reactor enzimático.

Diseño funcional:

En este apartado se determinará el volumen del equipo y la densidad y la viscosidad de la mezcla en su interior.

1. *Determinación del volumen del equipo.*

Se inicia el cálculo del volumen del mezclado, el caudal de entrada será de 1.460,85 Kg/día con un 84,01 % de agua y 15,99 % de poso.

$$V_{M-01} = \left(\frac{1.460,85 \cdot \frac{15,99}{100} \text{ Kg poso}}{520 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{1.460,85 \cdot \frac{84,01}{100} \text{ Kg agua}}{995,65 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$\boxed{V_{M-01} = 1,682 \text{ m}^3}$$

2. *Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.*

La densidad de la mezcla, se puede calcular con el valor del volumen y de la masa y será de 868,52 Kg/ m³

La viscosidad se determinará usando la ecuación de viscosidad del café usado en el **apartado 9.2.1** siendo el resultado de 0,0021 Pa*s.

Diseño mecánico:

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, y se procede al cálculo de las características igual que se ha diseñado el reactor enzimático obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9.52 Resumen del diseño mecánico del Mezclador 01 (M-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,292
Temperatura de diseño, °C	26,3
Tiempo funcionamiento, h	1,00
Horario de funcionamiento	9:05 a 10:05
Tiempo de carga, min	20
Tiempo de descarga, min	20
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,292
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,289
Altura efectiva, m	1,289
Altura total, m	1,681
Volumen efectivo, m ³	1,682
Volumen total, m ³	2,187
Espesores	
Espesor pared, mm	2,603
Espesor fondo superior, mm	2,863
Espesor fondo inferior, mm	2,863
Pesos	
Peso pared, Kg	140,152
Peso cabeza, Kg	9,140
Peso relleno, Kg	1.460,850
Equipo vacío, Kg	158,433
Equipo operación, Kg	1.619,283
Agitadores (tipo hélice)	
D_t, m	1,289
D_a, m	0,430
H, m	1,289
J, m	0,107
E, m	0,430
W, m	0,086
L, m	0,107
Tipo de potencia	Agitación severa para suspensiones
Potencia(KW)	3,36

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

El mezclador trabaja en torno a 26,3°C, durante 1 hora, mientras que la temperatura exterior será considerada de 20.

— Cálculo del calor perdido Q_{perdido} :

Tabla 9.53 Resumen del cálculo de calor perdido (M-01)

Área cuerpo, m ²	6,81
Área cabeza, m ²	1,30
Área total, m ²	9,42
Flujo calor Q_{perdido} , W	581,44
Tiempo funcionamiento, h	1,00
Q, KJ	2.093,17

Fuente: Elaboración propia

— La temperatura de salida de la corriente.

Para los cálculos es necesario el valor capacidad calorífica del poso:

$$cp_{\text{medio}} = x_{111} \cdot cp_{\text{poso}} + x_{211} \cdot cp_{\text{agua}(26,3)}$$

$$cp_{\text{medio}} = 0,1599 \cdot 1,356 + 0,8401 \cdot 4,1831 = 3,73 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg K}}$$

Cálculo T_{final} .

$$Q = m \cdot cp_{\text{medio}} \cdot (T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}})$$

$$2.093,17 = 1.460,85 \cdot 3,73 \cdot (26,3 - T_{\text{final}})$$

$$\boxed{T_{\text{final}} = 25,92^{\circ}\text{C}}$$

Las pérdidas no son considerables, y como dependen de la temperatura exterior no se instalará aislante a este equipo pero se procederá, a la vigilancia.

9.2.5 Filtro 01, F-01

El equipo empleado, para los procedimientos de filtrado serán los filtros tipo Nutsche.

Se utilizan éstos, ya que son los más utilizados en procesos discontinuos en la industria farmacéutica.

El funcionamiento de este equipo consiste en un recipiente con un falso fondo poroso, el cual actúa como medio filtrante. La suspensión se introduce en el recipiente y por una combinación de vacío y gravedad se produce la separación.

Para la realización del diseño de estos equipos se consideran, los siguientes datos aportados por el programa de simulación (**Super Pro Designer**):

- % LOD, porcentaje de la cantidad de compuestos volátiles en una muestra de la torta, medidos en una prueba de secado.
Lógicamente al ser un porcentaje se encuentra en un rango de 0-100 y se tomara como valor 30%.
- El máximo espesor de torta recomendable para el equipo será de 15 cm, si el valor otorgado, en la simulación es mayor se debe cambiar las condiciones del equipo.

- Se considerará un tiempo de instalación para cada ciclo de 0 minutos, debido a que el proceso es discontinuo y se realizará el filtrado en un solo ciclo.
- Tiempo de filtración, será de 240 minutos, es decir 4 horas.
- Filtrado de flujo, J será el caudal volumétrico de flujo por área de filtrado, se considera para la realización de los cálculos el valor de 0,2 m³/m²h.

Cálculos:

- El volumen de la carga será el mismo que el del Mezclador 01,682 m³.
- Las fracciones de rechazo serán las siguientes.

Para el poso de café:

$$\% \text{Rechazo}_1 = \frac{m_{113}}{m_{111}} \cdot 100 \quad (9.16)$$

$$\% \text{Rechazo}_1 = \frac{231,75 \frac{kg}{día}}{233,58 \frac{Kg}{día}} \cdot 100$$

$$\boxed{\% \text{Rechazo}_1 = 99,21\%}$$

Para el agua:

$$\% \text{Rechazo}_2 = \frac{m_{213}}{m_{211}} \cdot 100 \quad (9.16)$$

$$\% \text{Rechazo}_2 = \frac{18,54 \frac{kg}{día}}{1.227,28 \frac{Kg}{día}} \cdot 100$$

$$\boxed{\% \text{Rechazo}_2 = 1,511\%}$$

— Área, se calcula siguiendo la **Ecuación 9.17** utilizada por el simulador.

$$A = \frac{V}{J \cdot tp} \quad (9.17)$$

$$A = \frac{1,682}{0,2 \cdot 4}$$

$$A = 2,10 \text{ m}^2$$

— Diámetro, si el área de filtrado es circular, se puede calcular el diámetro de ésta.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (9.18)$$

Obteniéndose:

$$\boxed{D = 1,635 \text{ m}}$$

— Altura efectiva, se procede el cálculo con los datos de volumen y área.

$$V_{efectiva} = A \cdot h_{efectiva} \quad (9.19)$$

$$h_{efectiva} = \frac{V_{efectiva}}{A}$$

$$h_{efectiva} = \frac{1,682}{2,10}$$

$$\boxed{h_{efectiva} = 0,8 \text{ m}}$$

— Sobredimensionando del volumen y la altura :

$$V = V_{efectiva} \cdot 1,3 ; h = \frac{V}{A} = \frac{2,187}{2,10} = 0,8 \text{ m}$$

$$V = 2,187 \text{ m}^3 ; h = 1,04 \text{ m}$$

- Espesor de torta formado es de 14,25 cm, obtenido de la simulación.
- La potencia simulada fue de 0,1528 KW.

Tabla 9.54 Resumen del diseño del Filtro 01 (F-01)

Filtro 01	
Tiempo de funcionamiento, horas	4
Tiempo de carga, horas	0,33
Funcionamientos al día	1
Horario funcionamiento	10:20 a 14:20
% LOD	30
J, flujo de filtrado, m ³ /m ² h.	0,2
Volumen efectivo, m ³	1,682
Volumen, m ³	2,187
Área, m ²	2,10
h efectiva, m	0,8
h, m	1,04
Espesor máximo de la torta, cm	15
Espesor de la torta formado, cm	14,25
Potencia, KW	0,1528

Fuente: Elaboración propia

9.2.6 Mezclador 02, M-02.

El mezclador será también un equipo discontinuo y la dinámica de cálculo será la misma que se ha utilizado en el **apartado 9.2.1.**

Diseño funcional.

1. Determinación del volumen del equipo.

Se inicia el cálculo del volumen del mezclado, el caudal de entrada será de 3.975,23 Kg/día con un 98,93 % de agua, 1,03 % de ácido cítrico y 0,04% de citrato sódico.

Las densidades de los compuestos formados del buffer se encuentran en la **Tabla 9.16** y la densidad del agua es de 983,199 Kg/m³.

$$V_{M-02} = \left(\frac{3.975,23 \cdot \frac{98,93}{100} \text{ Kg agua}}{983,199 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} + \frac{3.975,23 \cdot \frac{1,03}{100} \text{ Kg ácido cítrico}}{1665 \frac{\text{Kg ácido cítrico}}{\text{m}^3}} + \frac{3.975,23 \cdot \frac{0,04}{100} \text{ Kg citrato sódico}}{1860 \frac{\text{Kg citrato sódico}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$\boxed{V_{M-02} = 4,025 \text{ m}^3}$$

2. Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.

La densidad de la mezcla, se puede calcular con el valor del volumen y de la masa y será de $987,53 \text{ Kg/ m}^3$, se puede observar que es muy parecida a la del agua, así que la viscosidad se considerará la del agua a 60°C , que es de $4,66 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Diseño mecánico

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, y se procede al cálculo de las características:

Tabla 9.55 Resumen del diseño del Mezclador (M-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,357
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	6
Tiempo de carga, h	48 min
Tiempo de descarga, h	48 min
Horario funcionamiento	7:42 a13:42
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,724
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,727
Altura efectiva, m	1,724
Altura total, m	2,248
Volumen efectivo, m ³	4,025
Volumen total, m ³	5,233
Espesores	
Espesor pared, mm	2,848
Espesor fondo superior, mm	3,132
Espesor fondo inferior, mm	3,132
Pesos	
Peso pared, Kg	274,087
Peso cabeza, Kg	17,882
Peso relleno, Kg	3.975,230
Equipo vacío, Kg	309,852
Equipo operación, Kg	4.285,082
Agitadores	
D_t, m	1,724
D_a, m	0,575
H, m	1,724
J, m	0,114
E, m	0,575
W, m	0,115
L, m	0,114
Tipo de potencia	Agitación severa para líquidos
Potencia(KW)	8,05

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

El mezclador trabaja a 60°C, durante 6 horas, esta temperatura se debe mantener constante, para que el buffer se produzca en las condiciones adecuadas.

Cálculo de pérdidas:

Se puede comprobar las pérdidas que sufrirá el mezclador, para 20°C de temperatura exterior, este necesitará de aislante ya que sin él la temperatura cae, como se aprecia en la siguiente **Tabla 9.56**.

Tabla 9.56 Resumen del cálculo de calor perdido en (M-02)

Área cuerpo	12,17	m ²
Área cabezal	2,33	m ²
Área total	16,84	m ²
Q perdido	6.601,34	W
Q perdido	142.588,96	KJ
T final 6 horas	51,43	°C

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del aislante del espesor.

Como es un proceso más delicado y la temperatura cae unos 11 °C, se instala una camisa de fibra de vidrio para que mantenga la temperatura en el rango de pérdidas de un grado.

Procediendo como en los datos del reactor se obtiene:

Un espesor de aislante de 29,20 mm y una pérdida de calor de 16.632 KJ

9.2.7 Filtro 02, F-02.

Se procede igual que en los cálculos del apartado 9.2.5, así se obtiene:

- El volumen de la carga será el mismo que el de R-02 4,49 m³.
- Las fracciones de rechazo serán las siguientes.

Para el poso de café:

$$\% \text{Rechazo}_1 = \frac{m_{121}}{m_{120}} \cdot 100 \text{ (9.16)}$$
$$\% \text{Rechazo}_1 = \frac{206,06 \frac{kg}{día}}{231,75 \frac{Kg}{día}} \cdot 100 = 88,91\%$$

Para el agua:

$$\% \text{Rechazo}_2 = \frac{m_{221}}{m_{220}} \cdot 100 \text{ (9.16)}$$
$$\% \text{Rechazo}_2 = \frac{20,606 \frac{kg}{día}}{3.951,34 \frac{Kg}{día}} \cdot 100 = 0.5214\%$$

Tabla 9.57 Resumen del diseño del Filtro 02 (F-02)

Filtro 02	
Tiempo de funcionamiento, horas	4
Tiempo de carga, horas	1
Funcionamientos al día	1
Horario funcionamiento	9:30 a 13:30
% LOD	30
J, flujo de filtrado, m ³ /m ² h.	0,2
Volumen efectivo, m ³	4,49
Volumen, m ³	5,837
Área, m ²	5,613
Área máxima, m ²	6,00
h efectiva, m	0,8
h, m	1,04
Espesor máximo de la torta, cm	15
Espesor de la torta formado, cm	3,95
Potencia, KW	0,4958

Fuente: Elaboración propia

9.2.8 Secador 02, S-02

Se sigue con el mismo procedimiento que el **Apartado 9.2.2**, se considera que el secador de bandejas, es el más indicado por los mismos motivos que S-01.

Según los datos apartados en los balances y energía 24,58 Kg/día de agua se evaporan en el secador, gracias a la capacidad de evaporación del secador de bandejas se puede calcular el área de secado.

$$A = \frac{m_{\text{agua evaporada}}}{\text{capacidad evaporación}} \quad (9.15)$$

$$A = \frac{33,59 \text{ Kg} \cdot \frac{1 \text{ ciclo}}{3,12 \text{ h}}}{1,5 \frac{\text{Kg}}{\text{h m}^2}} = 7,18 \text{ m}^2$$

La descripción del equipo finalmente será recogida a continuación.

Tabla 9.58 Resumen del diseño del secador (S-02).

S-02	
Tiempo de funcionamiento, horas	3.12
Horario funcionamiento	13:40 /16:47
Funcionamientos al día	1
Capacidad de evaporación, Kg/h m ²	1,5
Área requerida, m ²	7,18
Modelo	TR1-66
Número de carros	1
Número de Bandejas por carro	18
Tamaño de Bandejas, m	1,68 x 0,66
Espacio entre Bandejas, mm	25,4
Área, m ²	19,93

Fuente: Elaboración propia.

Se podrá utilizar un carro de los 3 utilizados en el secador 1, variando la corriente de aire y ahorrándose un equipo.

9.2.9 Mezclador 03, M-03.

Este mezclador será también un equipo discontinuo y la dinámica de cálculo será la misma que se ha utilizado en el punto 9.2.1.

1. Determinación del volumen del equipo.

$$V_{M-03} = \frac{29.873,772 \text{ Kg} \cdot 0,244}{983,199 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} + \frac{29.873,772 \text{ Kg} \cdot 0,754}{753,25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} + \frac{29.873,772 \text{ Kg} \cdot 0,01}{1665 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{M-03} = 37,50 \text{ m}^3$$

2. Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.

La densidad de la mezcla, se puede calcular con el valor del volumen y de la masa y será de $796,62 \text{ Kg/m}^3$, la viscosidad será de $9,24 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Diseño mecánico

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, y se procede al cálculo de las características:

Tabla 9.58 Resumen del diseño del Mezclador (M-03)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,491
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	1
Tiempo de carga, h	4
Tiempo de descarga, h	2
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,628
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,632
Altura efectiva, m	3,628
Altura total, m	4,725
Volumen efectivo, m ³	37,50
Volumen total, m ³	48,75
Espesores	
Espesor pared, mm	3,960
Espesor fondo superior, mm	4,355
Espesor fondo inferior, mm	4,355
Pesos	
Peso pared, Kg	1.685,431
Peso cabeza, Kg	110,016
Peso relleno, Kg	29.873,77
Equipo vacío, Kg	1.905,463
Equipo operación, Kg	31.778,523
Sistema de Agitación	
D_t, m	3,628
D_a, m	1,209
H, m	3,628
J, m	0,302
E, m	1,209
W, m	0,242
L, m	0,302
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	56,25

Fuente: Elaboración propia

Diseño energético:

El mezclador trabaja a 60°C, durante 1 hora.

Se puede comprobar las pérdidas que sufrirá el mezclador, para 20°C de temperatura exterior, este necesitará de aislante ya que sin él la temperatura cae, como se aprecia en la siguiente **Tabla 9.59**.

Tabla 9.59 Resumen del cálculo de calor perdido en (M-03)

Área cuerpo	53,85	m ²
Área cabezal	10,34	m ²
Área total	74,52	m ²
Q perdido	29.202,33	W
Q perdido	105.128,40	KJ
T final 1 horas	59,16	°C

Fuente: Elaboración propia

La temperatura no cae, en exceso no llega a un grado luego no es necesario un control exhaustivo de la temperatura.

9.2.10 Tanque pulmón, T-01.

Este equipo debería tener la misma capacidad que M-03, y el mismo diseño pero se debe sobredimensionar en un 10% para evitar que el equipo se quede sin volumen.

Diseño mecánico

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, y se procede al cálculo de las características:

Tabla 9.60 Resumen del diseño del Tanque pulmón (T-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,502
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Tiempo de carga, h	2
Tiempo de descarga, h	24
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,745
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,749
Altura efectiva, m	3,745
Altura total, m	4,877
Volumen efectivo, m ³	41,25
Volumen total, m ³	53,625
Espesores	
Espesor pared, mm	4,037
Espesor fondo superior, mm	4,440
Espesor fondo inferior, mm	4,44
Pesos	
Peso pared, Kg	1.831,117
Peso cabeza, Kg	119,527
Peso relleno, Kg	32.860,366
Equipo vacío, Kg	2.070,171
Equipo operación, Kg	34.930,537
Sistema de agitación	
Dt, m	3,745
Da, m	1,248
H, m	3,745
J, m	0,312
E, m	1,248
W, m	0,250
L, m	0,312
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	61,88

Fuente: Elaboración propia

9.2.11 Filtro 3, F-03.

Este filtro a diferencia de los anteriores trabaja en continuo, también será un filtro a vacío y se diseñara según **(Perry, 2007)**, éste nos otorgará una serie de Figuras y Tablas que se muestran a continuación y permitirán la realización del diseño.

1. *Elección del tipo de filtro;*

Según la **Figura 9.27** se elige el filtro más apropiado y se anotan los datos que aparecen en dicha figura.

TABLE 18-9 Typical Equipment Factors for Cycle Design

Filter type	% of cycle					Req'd. for cake discharge
	Submergence		Total under active vac. or pres.	Max. for washing	Max. for dewatering only	
	Apparent	Max. effective				
Drum						
Standard scraper	35	30	80	29	50-60	20
Roll discharge	35	30	80	29	50-60	20
Belt	35	30	75	29	45-50	25
Coil or string	35	30	75	29	45-50	25
Precoat	35,55	35,55	93	30	60,40	5
Horizontal belt	As req'd.	As req'd.	Lengthen as req'd.	As req'd.	As req'd.	0
Horizontal table	As req'd.	As req'd.	80	As req'd.	As req'd.	20
Tilting pan	As req'd.	As req'd.	75	As req'd.	As req'd.	25
Disc	35	28	75	None	45	25

Figura 9.27 Tipos de filtros y sus características.

Fuente (Perry, 2007)

La elección es filtro de vacío de cuchilla estándar porque es el que tiene el espesor de la torta mínimo menos restrictivo.

2. Se determina el espesor mínimo de la torta de filtrado,

Esta característica depende del tipo de filtro elegido en el paso 1, ya que la **Figura 9.28**, permite obtener el espesor mínimo a partir del tipo de filtro.

TABLE 18-8 Minimum Cake Thickness for Discharge

Filter type	Minimum design thickness	
	mm	in
Drum		
Belt	3-5	1/8-3/16
Roll discharge	1	1/32
Std. scraper	6	1/4
Coil	3-5	1/8-3/16
String discharge	6	1/4
Precoat	0-3 max.	0-1/8 max.
Horizontal belt	3-5	1/8-3/16
Horizontal table	20	3/4
Tilting pan	20-25	3/4-1
Disc	10-13	3/8-1/2

Figura 9.28. Espesor mínimo de la torta filtrada para distintos filtros.

Fuente (Perry, 2007)

En la Figura se aprecia que el valor será de 6 cm, como la **Figura 9.28** da información del espesor mínimo este se sobredimensiona sobre un 25% obteniendo un valor de espesor de la torta de 7,5 cm

3. Para calcular el peso de torta seca por unidad de área y por ciclo, **W** se utiliza la **Figura 9.29**, introduciendo en la gráfica el espesor de la torta.

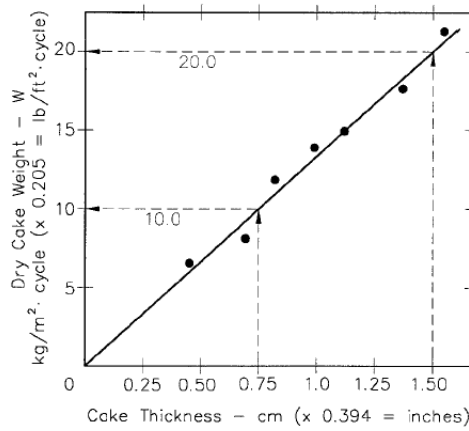


FIG. 18-111 Dry cake weight vs. cake thickness.

Figura 9.29. Gráfica que relaciona el espesor de la torta con el peso de torta seca por unidad de área y por ciclo.

Fuente (Perry, 2007)

Se obtiene un valor de $W = 10 \text{ Kg/m}^2 \text{ ciclo}$.

- El cálculo del tiempo de formación de la torta, θ_f seguirá el mismo procedimiento que el paso 3, pero introduciendo en la **Figura 9.30** el peso de torta de unidad de área por ciclo se obtiene el tiempo de formación.

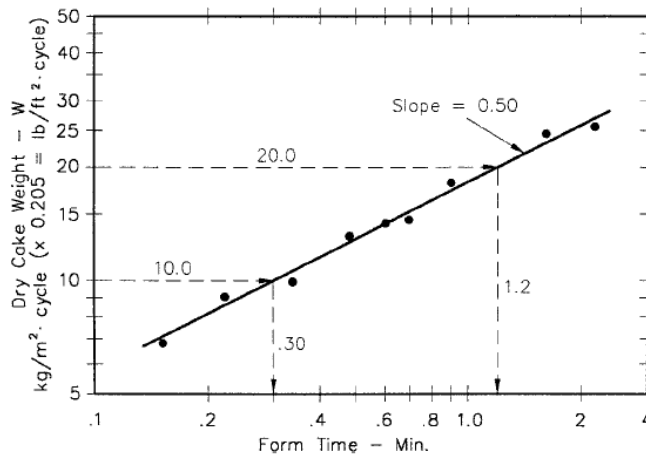


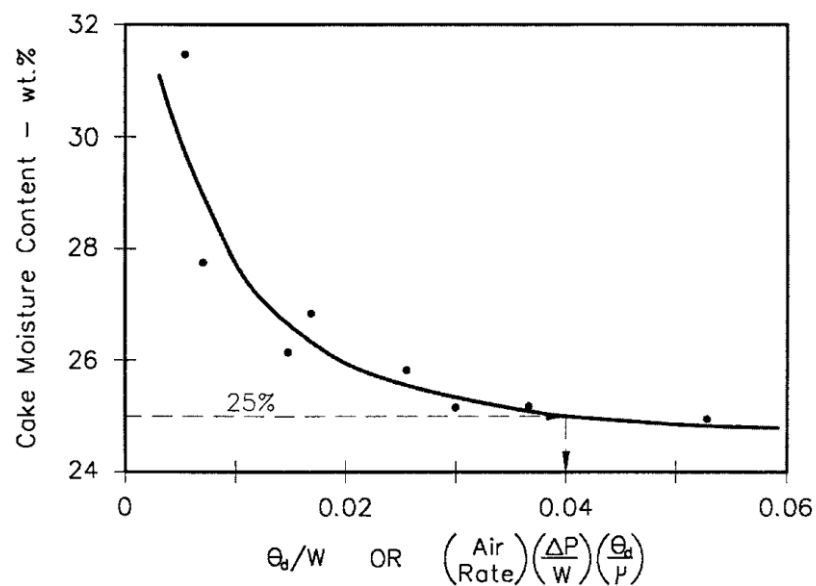
FIG. 18-112 Dry cake weight vs. form time.

Figura 9.30. Gráfica que relaciona el espesor de la torta con el peso de torta seca por unidad de área y por ciclo.

Fuente (Perry, 2007)

Despejando se obtiene θ_f de 0,3 minutos.

5. El tiempo de secado de la torta, θ_d se puede determinar utilizando la **Figura 9.31** y el valor del peso de la torta, W . En la Figura 9.31 se tendrá relación entre el porcentaje del contenido de la humedad y la relación θ_d/W .



18-115 Cake moisture correlation.

Figura 9.31. Gráfica que relaciona el contenido de humedad de la torta con la relación entre el tiempo de secado y el peso de la torta.

Fuente (Perry, 2007)

De la **Figura 9.31** se obtiene que para un contenido de humedad de 25% se obtenga un θ_d/W de 0.04.

Conociendo W el valor de θ_d será de 0.4 min

6. El tiempo de duración del ciclo se calcula según la etapa controlante, las etapas son la formación de la torta y la de secado:
- Tiempo de duración del ciclo en función de la formación de la torta, para su cálculo se tiene en cuenta el porcentaje del tiempo de duración del ciclo, (max. effective submergence) que viene recogido en la **Figura 9.27** , y para el filtro elegido es de 30% es decir 0.3

$$CT_{formación} = \frac{\theta_f}{\text{max. effective submergence}}; (9.16)$$

Despejando de la **Ecuación 9.16** se obtiene $CT_{formación}$ de 1min/ciclo.

- Tiempo de duración del ciclo en función del tiempo de secado, para su cálculo se tiene en cuenta el porcentaje del tiempo de duración del ciclo, (max. for dewatering) que viene recogido en la **Figura 9.27** , y para el filtro elegido es de 50% a 60% eligiendo el más restrictivo se inicia el cálculo con la **Ecuación 9.17**.

$$CT_{secado} = \frac{\theta_d}{\text{max. for dewatering}}; (9.17)$$

Despejando de la **Ecuación 9.17** se obtiene CT_{secado} de 0.67 min/ciclo.

Comparando ambos valores se aprecia que el tiempo que controla es el de formación luego $CT=CT_{formación}$.

7. Determinación del factor de escalonamiento, es necesario para obtener la velocidad de filtración, este factor depende de 3 aspectos:
- Factor de escalamiento de la velocidad: se le otorga un valor de 0.8, para filtros que no emplean lavado continuo del medio de filtración.
 - Factor de escalamiento relacionado con la descarga de la torta: Si se supone que se descargara totalmente se le otorga un valor de 1.
 - Factor de escalamiento del área real: El área real suele ser entre 0.94 y 0.97 veces el área nominal, luego este valor tendrá un valor de 0.955

Esto genera un factor de escalonamiento de 0.764

8. El cálculo de la velocidad de filtración se realizará con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Velocidad de filtración} &= \left(\frac{W}{CT} F \right) \quad (9.18) \\ \text{Velocidad de filtración} &= \frac{10 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{ciclo}}}{1 \frac{\text{min}}{\text{ciclo}}} 0,794 = 7,94 \frac{\text{Kg}}{\text{min m}^2} = \end{aligned}$$

9. El área de filtración se obtiene de dividir el caudal másico de entrada al filtro entre la velocidad de filtración.

$$A = \frac{m_{28}}{\text{Velocidadde filtración}} \quad (9.19)$$

$$A = \frac{29.873,772 \frac{Kg}{día}}{11.433,6 \frac{Kg}{día m^2}} = 2,61 m^2$$

Tabla 9.60 Resumen del diseño del Filtro 03 (F-03)

Diseño F-03	Final
Espesor mínimo de la torta, mm	6
Espesor de la torta, mm	7,5
Peso de torta seca por unidad de área y por ciclo, (W), Kg/m ² ciclo	10
Tiempo de formación de la torta, min	0,3
max. effective submergence, ciclo	0,3
tiempo de duración del ciclo, min/ciclo	1
F	0,764
Velocidad de filtración, Kg/díam ²	11.001,6
Caudal de entrada Kg/día	29.873,772
Área de filtración, m ²	2,61

Fuente: Elaboración propia

Este equipo se dimensionará en función de catálogo por ello basándose en el catálogo del Grupo TEFSA **Figura 9.32** como el área era de 2,61 m², se toma el valor de área inmediatamente superior 2,90 m².

Tipo de filtro	Area filtrante m ²	Diámetro del tambor mm	Anchura del tambor mm	Número de celdas	Longitud A mm	Anchura B mm	Altura C mm	Peso en servicio Tm	Consumo energético Kw
TSF		mm	mm		mm	mm	mm		
5,1/55 5,2/1,55	0,25	520	155	16	1900	850	1000	0,5	0,5
9,2/2,5 9,2/5,0 9,2/7,5 9,2/10 9,2/15 9,2/20	0,72 1,45 2,15 2,90 4,3 5,8	920	250 500 750 1000 1500 2000	14	2050 2300 2550 2800 3300 3800	2050	1700	2,0 2,3 2,6 2,9 3,5 4,1	1,5
13,1/10 13,1/15 13,1/20 13,1/25 13,1/30	4 6 8 10 12	1310	1000 1500 2000 2500 3000	14	2900 3400 3900 4300 4700	2300	2000	3,5 4,5 5,5 6,5 7,5	3,0
20,9/15 20,9/20 20,9/20 20,9/30	10 13 16 19	2090	1500 2000 2500 3000	16	3500 4000 4500 5000	3700	2800	9,5 10,5 12,5 13,5	4,4
26,2/25 20,9/30 26,2/35 26,2/40	20 25 29 33	2620	2500 3000 3500 4000	20	4900 5400 5900 6400	4100	3500	17 19 21 23	6,0
31,4/30 31,4/35 31,4/40 31,4/45 31,4/50 31,4/55 31,4/60	30 35 40 45 50 55 60	3140	3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000	24	5400 5900 6400 6900 7400 7900 8400	4700	4000	24 27 30 33 36 39 42	8,0
36,6/60 36,6/65	59 75	3660	6000 6500	28	8250 9250	5700	4200	56 59	8,0
41,8/75	100	4180	7500	32	9850	6000	5300	68	11,0

Figura 9.32. Catálogo de filtros rotatorios a vacío Grupo TEFSA.

Fuente (Grupo TEFSA)

Tabla 9.60Carasteristicas Filtro 03 Catalogado (F-03)

Diseño F-03	Dimensiones
Tipo de filtro	9,2/10
Área filtrante, m ²	2,90
Diámetro del tambor, mm	920
Anchura del tambor, mm	1.000
Número de celdas	14
Longitud, mm	2.800
Anchura, mm	2.050
Altura, mm	1.700
Peso servicio, Tm	2,9
Consumo energético, Kw	1,5

Fuente: Elaboración propia

9.2.12 Liofilizador 01, L-01.

El diseño se ha realizado como con el balance en el simulador, en éste se tienen las siguientes consideraciones:

- El caudal de sublimación (mm/h) es el caudal de flujo de componentes disolventes, se considera el valor de 1 mm/h.
- Temperatura de la torta seca se considera el valor de 70°C.
- Espesor de la torta humedad 15 mm.
- Máximo espesor de la torta humedad 25 mm.
- Máxima capacidad de sublimación por ciclo es por valor por defecto de 600 Kg.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 9.61 Resumen del diseño del Liofilizador 1 (L-01)

Liofilizador 1	
Tiempo de funcionamiento, horas	15
Funcionamientos al día	1
% LOD	5
% LOD inicial	16,6
Espesor máximo de la torta, mm	25
Espesor de la torta formado, mm	15
Capacidad de sublimación, Kg	3,019
Máxima capacidad de sublimación, Kg	600
Área, m ²	1,246
Espesor de la torta formado, cm	15

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos se puede ver en catálogo el Liofilizador cuyas características coincidan con el diseño para ello.

Tabla 9.62 Tipos de liofilizadores de laboratorio de la empresa CoolVacuum

CARACTERÍSTICAS	Unidades	Liomicrón	Liolabor
Número de bandejas	ud	3/4/6	4/5/6
Dimensiones de bandejas	mm	200/240	300 x 340 x 25
Área útil total	m ²	0,12/0.18/0.27	0,4/1.2
Interdistancia mínima	mm	100	70
Rango de temperatura en bandejas	°C	Opcional	-60 a +80
Capacidad del condensador en 24 horas	Kg	4/6	10/15/30
Temp. final del condensador	°C	<-55° / <-80°	-80
Potencia eléctrica	kW	800/1100	1500/4000
Alimentación	V/Hz	230/1/50	230/400
Caudal de la bomba de vacío	m ³ /h	9/12	9/12
Peso	Kg	50/100	700/1000
Dimensiones Ancho	mm	420/680	700/700
Alto	mm	360+430/400+430	1230/1400
Fondo	Mm	565/830	850/850

Fuente: Elaboración propia.

Del catálogo se puede destacar que se utilizará un Liofilizador de laboratorio tipo Liolabor con sus características de dimensiones.

9.2.13 Columna de destilación 01, C-01.

Para llevar a cabo el diseño se recogen los siguientes datos en la **Tabla 9.62**, junto a sus representaciones, para que sea más fácil el seguimiento de éste.

Tabla 9.62 Consideraciones previas de las columnas y su representación.

Representación	Parámetros	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades
D	Caudal de destilado	21.792,24	Kg/día	908,01	Kg/h
D	Caudal de destilado	577,14	Kmol/día	24,048	Kmol/h
W	Caudal de residuo	8.066,40	Kg/día	336,10	Kg/h
W	Caudal de residuo	317,638	Kmol/día	13,23	Kmol/h
x_D	Fracción molar etanol destilado	70,56	%		
X_w	Fracción molar etanol residuo	25,92	%		
R	Razón de reflujo	2.2			

Fuente: Elaboración propia

— Cálculo del flujo de vapor en la parte superior de la columna, V Flujo de condensado en la parte superior de la columna, L

$$V = [R + 1] \cdot D \quad (9.20)$$

$$V = [2.2 + 1] \cdot 908,1$$

$$V = 2.905,63 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$L = R \cdot D \quad (9.21)$$

$$L = 2.2 \cdot 908,1$$

$$L = 1.997,62 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

— Características de la columna de destilación.

Para realizar el diseño de la columna aparte de los datos aportados se necesita conocer las características de la columna de destilación.

El relleno de la columna será de anillos Pall de metal debido a que estos permiten trabajar con una alta capacidad de flujo, su resistencia al flujo es pequeña y tienen una gran eficiencia en la transferencia de masa.

Según la comercializadora de empaques (**Chemicalpacking**), el anillo Pall metal es un empaque de estructura abierta en forma de anillo cuya altura es igual a su diámetro y viene con 5 lógulas hacia el interior en cada piso. Usualmente, la estructura abierta es el 30% de toda la superficie de la pared. Con varias ventanas alrededor, el anillo de Pall de metal permite que los gases y líquidos de la columna empacada transiten libremente hacia la parte inferior a través de estas ventanas

Tabla 9.63 Características de distintos tipos anillos Pall.

Tipo	D*H*δ mm	Área de la superficie específica, a m ² /m ³	Volumen vacío ε m ³ /m ³	Densidad aparente Kg/m ³	Cantidad de masa n/m ³	Factor de secado del empaque m ⁽⁻¹⁾
φ16	16×16×0.4	362	0.95	396	214000	423
φ25	25×25×0.5	219	0.95	393	51940	255
φ38	38×38×0.6	146	0.96	318	15180	165
φ50	50×50×0.8	109	0.96	314	6500	124
φ76	76×76×1.0	71	0.96	308	1830	80

Fuente: Elaboración propia

Se eligió el tipo φ25 por ser uno de los más usados comercialmente, con estos datos iniciales se puede proceder al cálculo del diseño de una columna empacada. Su diseño se basa en cálculos del diámetro de la columna, la altura del

paquete y las caídas de presión en el punto de operación y en el punto de inundación.

1. Determinación del diámetro de la columna.

— Relación de flujo en el punto de Inundación.

$$\lambda_o = \frac{L \cdot \rho_v}{V \cdot \rho_L} \quad (9.22)$$

Donde:

ρ_v = Densidad de vapor 1,21 Kg/m³

ρ_L = Densidad de líquido 786 Kg/m³

Se obtiene que $\lambda_o = 0,001058$

— Líquido Retenido $h_{L,FI}$ en el Punto de Inundación

$$h_{L,FI} = \frac{\sqrt{1,44 \lambda_o^2 + 0,8 \lambda_o(1 - \lambda_o) - 1,2\lambda_o}}{0,4(1 - \lambda_o)} \quad (9.23)$$

$$h_{L,FI} = 0,06954 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$$

— Líquido Retenido h_L basado en una columna vacía

$$h_L = h_{L,FI} \cdot \varepsilon$$

Dónde:

ε = Volumen vacío $\text{m}^3/\text{m}^3 = 0,95$

$$h_L = 0,06954 \cdot 0,95 = 0,066\text{m}^3\text{m}^{-3}$$

— Diámetro Hidráulico del lecho empacado, dh

$$dh = 4 \cdot \frac{\varepsilon}{a} \quad (9.24)$$

Dónde:

a = Área de la superficie específica, m^2/m^3

$$dh = 4 \cdot \frac{0.95}{219} = 0,0174$$

— Diámetro de las gotas formadas, dT

$$dT = \sqrt{\frac{\sigma}{\Delta\rho \cdot g}} \quad (9.25)$$

Dónde:

σ : tensión superficial del líquido para sistemas de gas / líquido valor obtenido 0,0253 mNm – 1

$$dT = \sqrt{\frac{0,0253}{(789 - 1,21) \cdot 9,81}} = 0,00181m$$

— Velocidad del vapor en el Punto de Inundación.

$$\mu_{V,Fl} = 0,56\psi_{Fl}^{-1/6} \left[\frac{dh}{dT} \right]^{1/4} \cdot \varepsilon^{6/5} \left[\frac{dT \cdot \Delta\rho \cdot g}{\rho_v} \right]^{1/2} \cdot [1 - h_{L,Fl}]^{3.5} \quad (9.26)$$

Dónde :

ψ_{Fl} = Coeficiente de resistencia para un flujo de fase gaseosa en el Punto de Inundación. 2,42m

$$\mu_{V,Fl} = 2,11 \frac{m}{s}$$

— Velocidad de vapor

$$\mu_v = \mu_{v,Fl} \cdot \frac{F_v}{F_{v,Fl}} \quad (9.27)$$

$$\frac{F_v}{F_{v,Fl}} = \text{capacidad relativa vapor} = 0,8$$

$$\mu_v = 2,11 \cdot 0,8 = 1,69 \frac{m}{s}$$

— Área de la Sección Transversal

$$As = \frac{V}{\rho_v \cdot \mu_v} \quad (9.28)$$

$$As = \frac{2.905,63 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{1,21 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,69 \frac{m}{s}}$$

$$As = 0,394 m^2$$

— Diámetro de la Columna Empacada

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot As}{\pi}} \quad (9.29)$$

$$d_s = 0,71m$$

2. Determinación de la Capacidad de Vapor

— Factor de Capacidad de Vapor en el Punto de Inundación

$$F_{v,FI} = \mu_{v,FI} \cdot \sqrt{\rho_v} \quad (9.30)$$

$$F_{v,FI} = 2,11 \cdot \sqrt{1,21}$$

$$F_{v,FI} = 2,32 \frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$$

— Factor de Capacidad de Vapor

$$F_v = \mu_v \cdot \sqrt{\rho_v} \quad (9.31)$$

$$F_v = 1,69 \cdot \sqrt{1,21}$$

$$F_v = 1,85 \frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$$

— Determinación de la Carga Específica del Líquido

$$\mu_L = \frac{L}{\rho_l \cdot A s} \quad (9.32)$$

$$\mu_L = \frac{1.997,62 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{789 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,3942 m^2}$$

$$\mu_L = 0,00177 \frac{m^3}{m^2 h}$$

— Número de Reynolds del Líquido

$$Re_L = \frac{\mu_L \cdot \rho_L}{\eta_L \cdot a} \quad (9.33)$$

$$\eta_L = 5,33 \cdot 10^{-3} \frac{Kg}{m \cdot s} \text{ Dato obtenido por Chemcad}$$

$$Re_L = \frac{0,00177 \cdot 789}{5,33 \cdot 10^{-4} \cdot 219}$$

$$\boxed{Re_L = 12,02}$$

3. Determinación de la Altura de la Columna

— Diámetro de la Partícula

$$dp = 6 \cdot \frac{1 - \varepsilon}{a} \quad (9.34)$$

$$dp = 6 \cdot \frac{1 - 0,95}{219}$$

$$\boxed{dp = 0,00137m}$$

— Factor de Pared

$$K = \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1 - \varepsilon} \cdot \frac{dp}{ds}\right)^{-1} \quad (9.35)$$

$$K = \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1 - 0,95} \cdot \frac{0,00137}{0,71}\right)^{-1}$$

$$\boxed{K = 0,975}$$

— Número de Reynolds modificado de vapor

$$Rev = \frac{\mu_v \cdot dp}{(1 - \varepsilon)v_v} \cdot K \quad (9.36)$$

Dónde:

$$v_v = \text{Viscosidad dinámica del vapor } \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right) = 9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Rev = \frac{1,69 \cdot 0,00137}{(1 - 0,95)9 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,975$$

$$\boxed{Rev = 5.001}$$

— Caída de Presión a través de una columna empacada irrigada

$$\frac{\Delta P_o}{H} = \left(\frac{725,6}{Rev} + 3,203\right) \cdot (1 - \varphi_p) \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{F_v^2}{d_p \cdot 0,95} \quad (9.37)$$

Dónde:

$$\varphi_p = \text{Factor de forma del empaque seco } 0,28$$

$$\frac{\Delta p_o}{H} = \left(\frac{725,6}{5001} + 3,203\right) \cdot (1 - 0,28) \cdot \frac{1 - 0,95}{0,95^3} \cdot \frac{1,85^2}{0,00137 \cdot 0,95} = 372,63 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

— Cálculo de la Caída de presión esperada.

Simulando en las condiciones de operación se obtiene que;

$$\Delta P: \text{Caída de presión esperada} = 8.027,10 \text{ Pa}$$

— Cálculo de la Altura de la Torre empacada en función de la Caída de presión a través de una columna empacada irrigada.

$$H = \frac{8.027,10 \text{ Pa}}{372,63 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}} = 21,54 \text{ m}$$

— Cálculo de HTEP (Height of Packing Equivalent to one Transfer Unit)

Según varios métodos empíricos hay una regla tradicional que dice que HETP = Diámetro de la Columna.

Luego HETP= 0,71 m

En la **Tabla 9.64** se ilustra un resumen de los cálculos realizados y del diseño de la columna.

Tabla 9.64 Resumen del diseño de la columna 1, (C-1)

Representación	Parámetros	Resultado	Unidades
D	Caudal de destilado	908,01	Kg/h
W	Caudal de residuo	336,10	Kg/h
x_D	Fracción molar etanol destilado	70,56	%
X_w	Fracción molar etanol residuo	25,92	%
N_{etapas}	Numero etapas	25	
$Q_{caldera}$	Calor caldera	3,09E+07	KJ/día
$Q_{condensador}$	Calor condensador	-2,87E+07	KJ/día
Etapa alimentación	Etapa de Alimentación	3,7841	
λ_o	Relación de flujo en el punto de Inundación	0,001058	-
$h_{L,FI}$	Líquido Retenido en el Punto de Inundación	0,06954	$m^3 m^{-3}$
h_L	Líquido Retenido basado en una columna vacía	0,066	$m^3 m^{-3}$
Dh	Diámetro Hidráulico del lecho empacado	0,0174	
dT	Diámetro de las gotas formadas	0,00181	m
$\mu_{V,FI}$	Velocidad del vapor en el Punto de Inundación	2,11	m/s
μ_v	Velocidad de vapor	1,69	m/s
As	Área de la Sección Transversal	0,394	m^2
d_s	Diámetro de la Columna Empacada	0,71	m
$F_{v,FI}$	Factor de Capacidad de Vapor en el Punto de Inundación	2,32	$\frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$
F_v	Factor de Capacidad de Vapor	1,85	$\frac{m}{s} \cdot \frac{Kg}{m^3}$
μ_L	Determinación de la Carga Específica del Líquido	0,00177	$\frac{m^3}{m^2 h}$
Re_L	Número de Reynolds del Líquido	12,02	
dp	Diámetro de la Partícula	0,00137	m
K	Factor pared	0,975	
Rev	Número de Reynolds modificado de vapor	5.001	
$\frac{\Delta p_o}{H}$	Caída de Presión a través de una columna empacada irrigada	372,63	$\frac{Pa}{m}$
Δp_o	Caída de presión esperada	8.027,10	Pa
H	Altura de la Torre empacada	21,54	m
HETP	Height of Packing Equivalent to one Transfer Unit	0,71	m
Características del relleno anillos Pall			
D*H* δ	Dimensiones	25×25×0.5	mm
A	Área de la superficie específica	219	m^2/m^3
E	Volumen vacío	0,95	
	Densidad aparente	393	Kg/m^3
	Cantidad de masa	51.940	n/m^3
	Factor de secado del empaque	255	m^{-1}

Fuente: Elaboración propia

9.2.14 Mezclador0 4, M-04.

Se vuelve a calcular como el resto de mezcladores.

1. Determinación del volumen del equipo.

$$V_{M-4} = \frac{25.889,55 \text{ Kg} \cdot 0,13}{983,199 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} + \frac{25.889,55 \text{ Kg} \cdot 0,87}{753,25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{M-4} = 33,325 \text{ m}^3$$

2. Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.

La densidad de la mezcla, se puede calcular con el valor del volumen y de la masa y será de $776,87 \text{ Kg/m}^3$, la viscosidad será de del $9,24 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}^*$.

Diseño mecánico

Se determina que el mejor agitador será el tipo hélice, y se procede al cálculo de las características:

Tabla 9.65 Resumen del diseño del Mezclador (M-04)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,471
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	3,492
$D_{ext\ cuerpo}, m$	3,488
Altura efectiva, m	3,488
Altura total, m	4,543
Volumen efectivo, m ³	33,325
Volumen total, m ³	43,323
Espesores	
Espesor pared, mm	3,858
Espesor fondo superior, mm	4,243
Espesor fondo inferior, mm	4,243
Pesos	
Peso pared, Kg	1.518,090
Peso cabeza, Kg	99,093
Peso relleno, Kg	25.889,550
Equipo vacío, Kg	1.716,276
Equipo operación, Kg	27.605,826
Sistema de Agitación	
D_t, m	3,488
D_a, m	1,163
H, m	3,488
J, m	0,291
E, m	1,163
W, m	0,233
L, m	0,291
Tipo de potencia	Agitación media entre líquidos
Potencia(KW)	49,98

Fuente: Elaboración propia

9.2.15 Intercambiador de calor 01, H-01.

Este intercambiador de calor será de carcasa y tubos en forma de U, éste será a contracorriente y presentará una relación 1:1.

Se seguirá la siguiente secuencia de cálculo.

- 1) Con los datos de los balances se puede obtener el calor necesario y la temperatura media logarítmica.

Calor necesario

$$Q = 6,58 \cdot 10^5 \frac{KJ}{día} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hora funcionamiento}} = 2,74 \cdot 10^4 \frac{KJ}{hora} = 7,62 \cdot 10^3 W$$

Temperatura media logarítmica

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_e - t_s) - (T_s - t_e)}{\ln \left(\frac{T_e - t_s}{T_s - t_e} \right)} \quad (9.38)$$

Dónde:

ΔT_{lm} = temperatura media logarítmica

T_e = temperatura entrada fluido caliente

T_s = temperatura salida fluido caliente

t_s = temperatura salida fluido frío

t_e = temperatura entrada fluido frío

$$\Delta T_{lm} = \frac{(81,72 - 60) - (53,94 - 20)}{\ln\left(\frac{81,72 - 60}{53,94 - 20}\right)} = 27,38$$

La temperatura media logarítmica se debe corregir con un factor de corrección, éste es se calcula a partir de los siguientes parámetros.

$$R = \frac{T_e - T_s}{t_s - t_e} \quad (9.39)$$
$$R = 0,694;$$

$$S = \frac{t_s - t_e}{T_e - t_s} \quad (9.40)$$
$$S = 0,648$$

Introduciendo estos valores en la **Figura 9.33** se despeja factor de corrección, F.

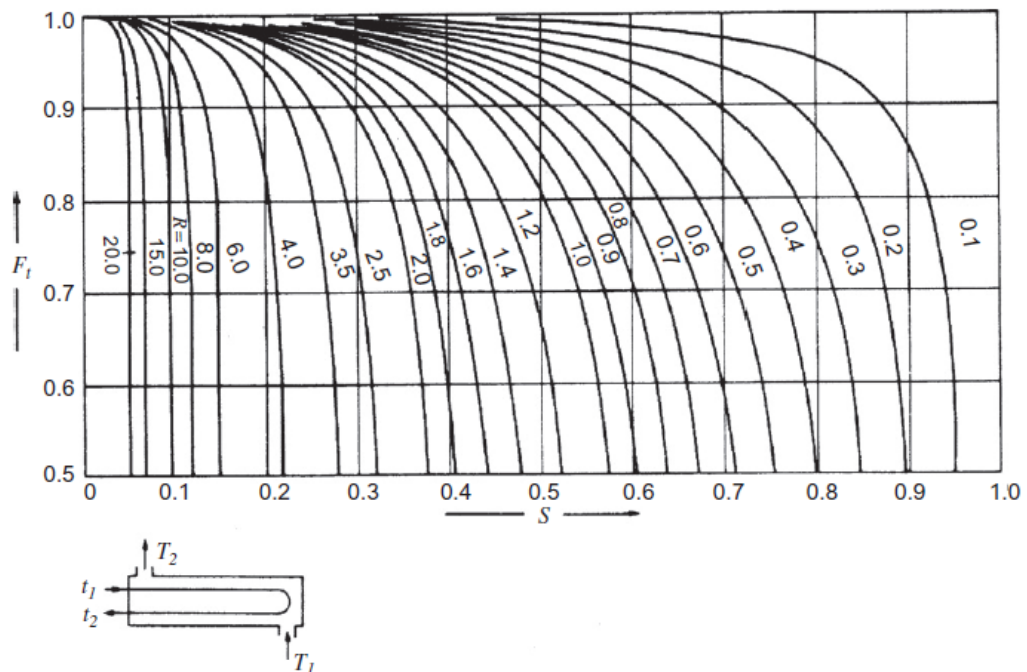


Figura 9.33. Representación del factor de corrección en función de los parámetros R y S .
Fuente: Sinnott (2012)

Se obtiene que F sea 0,657 luego $\Delta T_{lm} = 17,98$

2) Coeficiente de transferencia de calor total, U .

El valor de U se encuentra tabulado según el tipo de fluido caliente y frío, esto se puede apreciar en la **Figura 9.34**, la cual permitirá obtener el valor de U .

Table 19.1 Typical Overall Coefficients—cont'd		
Shell and Tube Exchangers		
Hot Fluid	Cold Fluid	U (W/m ² °C)
Organics (some noncondensables)	Water	500–700
Vacuum condensers	Water	200–500
<i>Vaporizers</i>		
Steam	Aqueous solutions	1000–1500
Steam	Light organics	900–1200
Steam	Heavy organics	600–900

Figura 9.34. Representación Coeficiente de transferencia de calor total para diversos fluidos.
Fuente: Sinnott (2012)

El valor de U está en el rango de 500 – 700 W/m²C, luego se tomará el valor más restrictivo este caso de 500 para obtener el valor de A .

- 3) Cálculo de la superficie de intercambio, A ., para ello se utilizará la **Ecuación 9.12** anteriormente utilizada para el cálculo del aislamiento del reactor.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \quad (9.12)$$

$$\frac{Q}{U \cdot \Delta T_{lm}} = A; \quad A = \frac{7,62 \cdot 10^3}{500 \cdot 17,98} = 0,556 m^2$$

Las dimensiones características del intercambiador según (Sinnott, 2012) para el tubo son de 19,05 mm de diámetro exterior de 19,05 mm y 5 metros de longitud, el área de tubo será la siguiente:

$$A = \pi \cdot D \cdot L \quad (9.41)$$

$$A = 0,29 m^2$$

El número de tubo necesario se obtendrá de dividir el área de transmisión necesaria entre el área de un tubo, dando lugar a 1,91 tubos, luego son 2.

El cálculo del diámetro del haz necesita el aporte de la **Figura 9.35**, debido a que los parámetros K_1 y n_1 son desconocidos, y son necesarios para el cálculo de la **Ecuación 9.42**.

$$D_b = D_{externo} \cdot \left(\frac{N_t}{k_1}\right)^{\frac{1}{n_1}} \quad (9.42)$$

Table 19.4 Constants for Use in Equation 19.3					
Triangular Pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. Passes	1	2	4	6	8
K_1	0.319	0.249	0.175	0.0743	0.0365
n_1	2.142	2.207	2.285	2.499	2.675
Square Pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. Passes	1	2	4	6	8
K_1	0.215	0.156	0.158	0.0402	0.0331
n_1	2.207	2.291	2.263	2.617	2.643

Figura 9.35. Constantes para el cálculo de la Ecuación 9.42.
Fuente: Sinnott (2012)

Al considerar un único paso y espaciado triangular se obtiene que $K_1=0.319$ y $n_1=2.142$.

Despejando de la **Ecuación 9.42** se obtiene que el diámetro de haz sea de 44,88 mm, como el intercambiador es en forma de U será necesario añadirle una constante que será obtenida de la siguiente **Figura 9.36**.

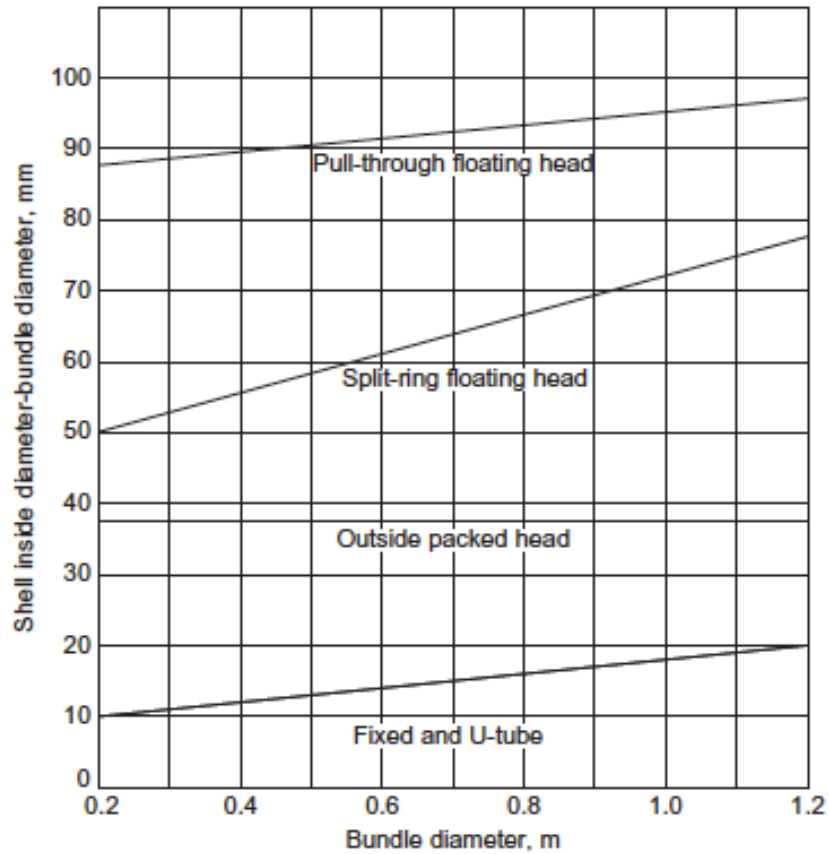


Figura 9.36. Constante de aumento del Diámetro de haz para diversos tipos de intercambiadores
Fuente: Sinnott (2012)

El valor de esta constante será de 10 mm luego el diámetro de haz será de 144,88 mm

Los datos obtenidos del diseño del intercambiador se recogen en la **Tabla 9.66**:

Tabla 9.66 Resumen del diseño del Intercambiador (H-01)

H-01	
Área de intercambio (m ²)	0,556
Diámetro interior de tubos(mm)	14,83
Diámetro exterior de tubos(mm)	19,05
Longitud de los tubos (m)	5
Numero de tubos	2
Diámetro interior carcasa (mm)	144,88
Calor (KJ/día)	6,58 · 10 ⁵

Fuente; Elaboración propia.

9.2.16 Tanque pulmón 02, T-02.

Este equipo se volverá a dimensionar con un 10% para evitar su vaciado completo, ya que su descarga es discontinua.

El proceso de cálculo será igual que el resto de tanques.

1. Determinación del volumen del equipo.

$$V_{T-02} = \left(\frac{3.975,23 \text{ Kg agua}}{983,199 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{T-02} = 4,00 \text{ m}^3$$

2. Cálculo de la densidad y viscosidad de la mezcla.

La densidad es de $987,53 \text{ Kg/m}^3$, se puede observar que es muy parecida a la del agua, así que la viscosidad se considerará la del agua a 60°C , que es de $4,66 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Diseño mecánico

Tabla 9.67 Resumen del diseño del Tanque pulmón (T-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,362
Temperatura de diseño, °C	60
Tiempo funcionamiento, h	24
Dimensiones	
$D_{int \text{ cuerpo, } m}$	1,776
$D_{ext \text{ cuerpo, } m}$	1,779
Altura efectiva, m	1,776
Altura total, m	2,315
Volumen efectivo, m^3	4,400
Volumen total, m^3	5,720
Espesores	
Espesor pared, mm	2,876
Espesor fondo superior, mm	3,164
Espesor fondo inferior, mm	3,164
Pesos	
Peso pared, Kg	293,768
Peso cabeza, Kg	19,167
Peso relleno, Kg	4.326,080
Equipo vacío, Kg	332,102
Equipo operación, Kg	4.658,182

Fuente: Elaboración propia

9.2.17 Tanque almacenamiento 1, TK-1.

En este tanque se procederá al almacenamiento de los posos del café estos se almacenarán durante dos cargas, es decir dos periodos, debido a la cercanía de la empresa suministradora.

Con estos valores y los datos de densidad de los posos del café ya referenciados se procede al diseño como un tanque normal.

1. Determinación del volumen del equipo.

La carga en un día es 500 Kg, al tener disponibilidad de 2 cargas se parte de 1.000 Kg/día, su composición será de 50% poso seco y 50% agua.

$$V_{TK-1} = \left(\frac{1.000 \cdot \frac{50}{100} \text{ Kg poso}}{520 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{1.000 \cdot \frac{50}{100} \text{ Kg agua}}{995,65 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{TK-1} = 1,462\text{m}^3$$

Tabla 9.68 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 01 (TK-01)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,260
Temperatura de diseño, °C	20
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,230
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,233
Altura efectiva, m	1,230
Altura total, m	1,605
Volumen efectivo, m ³	1,462
Volumen total, m ³	1,901
Espesores	
Espesor pared, mm	2,561
Espesor fondo superior, mm	2,817
Espesor fondo inferior, mm	2,817
Pesos	
Peso pared ,Kg	125,656
Peso cabeza, Kg	8,195
Peso relleno, Kg	1.000
Equipo vacío, Kg	142,045
Equipo operación, Kg	1.142,045

Fuente: Elaboración propia

9.2.18 Tanque almacenamiento 2, TK-02.

En este tanque se procederá al almacenamiento del etanol de las empresas que lo obtienen como residuo, se almacenarán durante 15 cargas, es decir 15 días.

Con estos valores y los datos de densidad de etanol y agua ya referenciados se procede al diseño como un tanque normal.

1. *Determinación del volumen del equipo.*

La carga en un día es 4.097,3 Kg, al tener disponibilidad de 15 cargas se parte de 61.459,5 Kg, su composición será de 92% etanol y 8% agua.

$$V_{TK-2} = \left(\frac{61.459,5 \cdot \frac{92}{100} \text{ Kg poso}}{789 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{61.459,5 \cdot \frac{8}{100} \text{ Kg agua}}{995,65 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{TK-2} = 76,59 \text{ m}^3$$

Tabla 9.69 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 02 (TK-02)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,582
Temperatura de diseño, °C	20
Dimensiones	
$D_{int \text{ cuerpo, m}}$	4,603
$D_{ext \text{ cuerpo, m}}$	4,607
Altura efectiva, m	4,603
Altura total, m	5,994
Volumen efectivo, m ³	76,589
Volumen total, m ³	99,566
Espesores	
Espesor pared, mm	4,638
Espesor fondo superior, mm	5,100
Espesor fondo inferior, mm	5,100
Pesos	
Peso pared, Kg	3.177,044
Peso cabeza, Kg	207,389
Peso relleno, Kg	61.459,500
Equipo vacío, Kg	3.591,822
Equipo operación, Kg	65.051,322

Fuente: Elaboración propia

9.2.19 Tanque almacenamiento 3, TK-03.

En este equipo se almacenará el agua que se introducirá en el intercambiador de calor, para evitar problemas de corte de agua, se instalará este equipo que tendrá una capacidad de 4,4 m³ a 20°C.

Diseño mecánico

Tabla 9.70 Resumen del diseño del Tanque de almacenamiento (TK-03)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,362
Temperatura de diseño, °C	20
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	1,776
$D_{ext\ cuerpo}, m$	1,779
Altura efectiva, m	1,776
Altura total, m	2,315
Volumen efectivo, m ³	4,400
Volumen total, m ³	5,720
Espesores	
Espesor pared, mm	2,876
Espesor fondo superior, mm	3,164
Espesor fondo inferior, mm	3,164
Pesos	
Peso pared ,Kg	293,768
Peso cabeza, Kg	19,167
Peso relleno, Kg	4.326,080
Equipo vacío, Kg	332,102
Equipo operación, Kg	4.658,182

Fuente: Elaboración propia

9.2.20 Tanque almacenamiento 4, TK-04.

En este tanque se procederá al almacenamiento del residuo de la columna, después de aprovechar su energía para calentar el agua, se almacenará durante 7cargas, es decir una semana.

Con estos valores y los datos de densidad de etanol y agua ya referenciados se procede al diseño como un tanque normal.

1. Determinación del volumen del equipo.

La carga en un día es 8.056,94 Kg, al tener disponibilidad de 7 cargas se parte de 56.398,58 Kg, su composición será de 47% etanol y 53% agua.

$$V_{TK-04} = \left(\frac{61.459,5 \cdot \frac{47}{100} \text{ Kg etanol}}{789 \frac{\text{Kg etanol}}{\text{m}^3}} + \frac{61.459,5 \cdot \frac{53}{100} \text{ Kg agua}}{998,32 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{TK-04} = 63,54 \text{ m}^3$$

Tabla 9.71 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 04 (TK-04)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,598
Temperatura de diseño, °C	53,94
Dimensiones	
$D_{int \text{ cuerpo, m}}$	4,325
$D_{ext \text{ cuerpo, m}}$	4,330
Altura efectiva, m	4,325
Altura total, m	5,632
Volumen efectivo, m ³	63,54
Volumen total, m ³	82,602
Espesores	
Espesor pared, mm	4,504
Espesor fondo superior, mm	4,953
Espesor fondo inferior, mm	4,953
Pesos	
Peso pared, Kg	2.724,520
Peso cabeza, Kg	177,844
Peso relleno, Kg	56.398,580
Equipo vacío, Kg	3.080,208
Equipo operación, Kg	59.478,788

Fuente: Elaboración propia

9.2.21 Tanque almacenamiento 5, TK-05.

En este tanque se procederá al almacenamiento del residuo líquido del reactor a vapor del filtro 1, se almacenará durante 7cargas, es decir una semana.

Con estos valores y los datos de densidad de poso y agua ya referenciados se procede al diseño como un tanque normal.

1. *Determinación del volumen del equipo.*

La carga en un día es 60,62 y 1.210,56 Kg al día, al tener disponibilidad de 7 cargas se parte de 8.898,26 Kg, su composición será de 97% agua y 3% poso.

$$V_{TK-05} = \left(\frac{8.898,26 \cdot \frac{3}{100} \text{ Kg poso}}{520 \frac{\text{Kg poso}}{\text{m}^3}} + \frac{8.898,26 \cdot \frac{97}{100} \text{ Kg agua}}{998,32 \frac{\text{Kg agua}}{\text{m}^3}} \right)$$

$$V_{TK-05} = 8,913 \text{ m}^3$$

Tabla 9.72 Resumen del diseño del Tanque almacenamiento 05 (TK-05)

Diseño Mecánico	Valor
Material	AISI 304
Presión de diseño, bar	1,418
Temperatura de diseño, °C	26,3
Dimensiones	
$D_{int\ cuerpo}, m$	2,247
$D_{ext\ cuerpo}, m$	2,250
Altura efectiva, m	2,247
Altura total, m	2,928
Volumen efectivo, m ³	8,913
Volumen total, m ³	11,587
Espesores	
Espesor pared, mm	3,154
Espesor fondo superior, mm	3,469
Espesor fondo inferior, mm	3,469
Pesos	
Peso pared ,Kg	515,564
Peso cabeza, Kg	33,644
Peso relleno, Kg	8.898,260
Equipo vacío, Kg	582,853
Equipo operación, Kg	9.481,113

Fuente: Elaboración propia

9.3 Anexo de cálculo de tuberías.

Para realizar el diseño de las tuberías, se dividen las líneas del proceso en tramos, un tramo es una porción de línea comprendida entre dos equipos consecutivos.

Con esta información se deduce que la información de los equipos es indispensable para los cálculos, así que el diseño se realizará de las corrientes de equipos diseñados, dejando excluidas corrientes de servicios auxiliares y saneamiento, mientras que las corrientes de abastecimiento se dimensionaran en su apartado.

Otras corrientes al ser sólidos tampoco circularan por tuberías y su transporte se realizará a través de cintas transportadoras.

Una vez excluidas estos tramos, el resto se designaran por los equipos que constituyen su inicio y su fin. En la **Tabla 9.73** se muestra las tuberías que se diseñaran.

Tabla 9.73. Designación de las tuberías del proceso.

Equipos	Número de corriente
R-01/TK-5	C-8
M-01/ F-01	C-11
F-01/TK-5	C-12
T-02/M-02	C-14
M-02/R-02	C-17
R-02/F-02	C-20
F-02/M-03	C-22
M-04/M-03	C-26
M-03/T-01	C-27
T-01/F-03	C-28
F-03/C-01	C-30
C1/H-01	C-33
C1/M-04	C-34
TK-2/ M-04	C-35
TK-3/H-01	C-36
H-01/TK-4	C-37
H-01/T-02	C-38

Fuente: Elaboración propia.

Una vez designadas las corrientes, se presentan en la **Tabla 9.74** las características de volumen, densidad y viscosidad de ellas, que serán de utilidad en su diseño y serán calculadas como se calcularon en el diseño de equipos.

Tabla 9.74 Características de las tuberías del proceso

Equipos	m, Kg	ρ , Kg/m ³	μ , Pa s	V, m ³
R-01/TK-5	60,62	700,00	5,87E-04	0,0866
M-01/ F-01	1.460,85	869,29	2,10E-03	1,68
F-01/TK-5	1210,56	995,33	1,22E-03	1,22
T-02/M-02	3.932,80	983,2	4,67E-04	4,00
M-02/R-02	3.975,23	987,54	4,67E-04	4,03
R-02/F-02	4.225,62	941,11	6,37E-04	4,49
F-02/M-03	3.984,23	984,53	5,88E-04	4,05
M-04/M-03	25.889,54	776,82	5,68E-04	33,33
M-03/T-01	29.873,77	799,33	5,54E-04	37,37
T-01/F-03	29.873,77	799,33	5,54E-04	37,37
F-03/C-1	29.849,19	799,5	5,54E-04	37,35
C1/ H-01	8.056,95	861,3	5,19E-04	9,37
C1/M-04	21.792,24	778,76	5,66E-04	27,98
TK-2/M-04	4.097,30	766,67	5,74E-04	5,34
TK-3-/H-01	3.932,80	998.232	1.00E-03	3,94
H-01/ TK-4	8.056,95	861,3	5,19E-04	9,37
H-01/T-02	3.932,80	983,2	4,67E-04	4,00

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de cálculo de diámetro tuberías:

1. Cálculo del caudal volumétrico:

Para el cálculo del caudal volumétrico se necesitan los tiempos de carga y descarga de estos equipos, han sido calculados teniendo en cuenta que una homogeneidad de diámetros, esto puede ser bueno para reparaciones, el cálculo del caudal sería dividir este tiempo entre el tiempo.

Tabla 9.75 Cálculo de caudal volumétrico.

Equipos	Tiempo de carga/ descarga / funcionamiento	Q, m ³ /s
R-01/TK-5	0,5	4,81E-05
M-01/ F-01	0,33	1,41E-03
F-01/TK-5	4.00	1,39E-03
T-02/M-02	0,80	1,39E-03
M-02/R-02	0,80	1,40E-03
R-02/F-02	1,00	1,25E-03
F-02/M-03	4,00	2,81E-04
M-04/M-03	2,00	4,63E-03
M-03/T-01	2,00	5,19E-03
T-01/F-03	24,00	4,33E-04
F-03/C-01	24,00	4,32E-04
C1/ H-01	24,00	1,08E-04
C1/M-04	24,00	3,24E-04
TK-2/M-04	1,00	1,48E-03
TK-3-/H-01	24,00	4,56E-05
H-01/ TK-4	24,00	1,08E-04
H-01/T-02	24,00	4,63E-05

Fuente: Elaboración propia.

2. Cálculo de la velocidad óptima

Una vez calculado el caudal, se procede al cálculo de la velocidad óptima en lugar de la densidad para ello se tiene en cuenta la siguiente **Tabla 9.76**.

Tabla 9.76 Relación entre densidad y fluido.

Densidad del fluido Kg/m ³	Velocidad m/s
1600	2,4
800	3,0
160	4,9
16	9,4
0,16	18,00
0,016	34,00

Fuente: Elaboración propia. **Diseño de Ingeniería Química**

Los valores de velocidad para fluidos son interpolados en función de la densidad, para aquellos que no aparecen en la **Tabla 9.76**, estos resultados se mostrarán junto a los diámetros en la **Tabla 9.77**.

3. Cálculo del diámetro óptimo.

Los diámetros se calculan de la **Ecuación 9.43**:

$$v = \frac{Q}{\text{sección}} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{óptimo}}^2} \quad (9.43)$$

Dónde:

- $v = \text{velocidad de óptima} \frac{m}{s}$
- $Q = \text{caudal volumetrico} \frac{m^3}{s}$
- $D_{\text{óptimo}} = \text{caudal volumetrico} \frac{m^3}{s}$

En la **Tabla 9.77** se recogerán los valores óptimos tanto en velocidad como en diámetro.

Tabla 9.77 Cálculo de diámetro y velocidad óptima.

Equipos	v óptima m/s	D óptimo, m	D óptimo, mm	D óptimo, Pulgadas
R-01/TK-5	3,27	4,33E-03	4,33	0,17
M-01/ F-01	3,12	2,40E-02	24,03	0,95
F-01/TK-5	3,03	5,97E-03	5,97	0,24
T-02/M-02	3,04	2,41E-02	24,14	0,95
M-02/R-02	3,03	2,42E-02	24,24	0,95
R-02/F-02	3,06	2,28E-02	22,76	0,90
F-02/M-03	3,03	1,09E-02	10,86	0,43
M-04/M-03	3,20	4,29E-02	42,94	1,69
M-03/T-01	3,18	4,56E-02	45,61	1,80
T-01/F-03	3,18	1,32E-02	13,17	0,52
F-03/C-01	3,18	1,32E-02	13,16	0,52
C1/ H-01	3,12	6,65E-03	6,65	0,26
C1/M-04	3,19	1,14E-02	11,36	0,45
TK-2/M-04	3,21	2,43E-02	24,28	0,96
TK-3-/H-01	3,03	4,38E-03	4,38	0,17
H-01/ TK-4	3,12	6,65E-03	6,65	0,26
H-01/ T-02	3,04	4,41E-03	4,41	0,17

Fuente: Elaboración propia

4. Selección del material.

Estas tuberías no presentan condiciones drásticas de operación, el poso no ocasiona daños a la tubería y el etanol es compatible con el acero, así que se utilizará acero comercial.

El catálogo de acero se encuentra en la **Figura 9.37**:

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS
A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010

V.M.T.A

Medida Nominal de la Tubería (pulg)		Diámetro Ext (mm)	Espesor (mm)	Diámetro Interior (mm)	Medida Nominal de la Tubería (pulg)		Diámetro Ext (mm)	Espesor (mm)	Diámetro Interior (mm)
Cedula 10	14	355,6	6,35	342,9	Cedula 80	1 1/2	48,3	5,08	38,1
	16	406,4	6,35	393,7		2	60,3	5,54	49,2
	18	457,2	6,35	444,5		2 1/2	73	7,01	59,0
	20	508,0	6,35	495,3		3	88,9	7,62	73,7
	24	609,6	6,35	596,9		3 1/2	101,6	8,08	85,4
Cedula 20	30	762,0	7,92	746,2	4	114,3	8,56	97,2	
	8	219,1	6,35	206,4	5	141,3	9,52	122,3	
	10	273,0	6,35	260,3	6	168,3	10,97	146,4	
	12	323,9	6,35	311,2	8	219,1	12,7	193,7	
	14	355,6	7,92	339,8	10	273,0	15,09	242,8	
	16	406,4	7,92	390,6	12	323,9	17,47	289,0	
	18	457,2	7,92	441,4	14	355,6	19,05	317,5	
	20	508,0	9,52	489,0	16	406,4	21,44	363,5	
Cedula 30	24	609,6	9,52	590,6	18	457,2	23,82	409,6	
	30	762,0	12,70	736,6	20	508,0	26,19	455,6	
	8	219,1	7,040	205,0	24	609,6	30,96	547,7	
	10	273,0	7,800	257,4	Cedula 100	8	219,1	15,09	188,9
	12	323,9	8,380	307,1		10	273,0	18,26	236,5
	14	355,6	9,520	336,6		12	323,9	21,44	281,0
	16	406,4	9,520	387,4		14	355,6	23,82	308,0
	18	457,2	11,130	434,9		16	406,4	26,19	354,0
20	508,0	12,700	482,6	18		457,2	29,36	398,5	
24	609,6	14,270	581,1	20		508,0	32,54	442,9	
30	762,0	15,880	730,2	24		609,6	38,89	531,8	
Cedula 40	1/8	10,3	1,73	6,8	Cedula 120	4	114,3	11,13	92,0
	1/4	13,7	2,24	9,2		5	141,3	12,7	115,9
	3/8	17,1	2,31	12,5		6	168,3	14,27	139,8
	1/2	21,3	2,77	15,8		8	219,1	18,26	182,6
	3/4	26,7	2,87	21,0		10	273,0	21,44	230,1
	1	33,4	3,38	26,6		12	323,9	25,4	273,1
	1 1/4	42,2	3,56	35,1		14	355,6	27,79	300,0
	1 1/2	48,3	3,68	40,9		16	406,4	30,96	344,5
	2	60,3	3,91	52,5	18	457,2	34,92	387,4	
	2 1/2	73	5,16	62,7	20	508,0	38,1	431,8	
	3	88,9	5,49	77,9	24	609,6	46,02	517,6	
	3 1/2	101,6	5,74	90,1	Cedula 140	8	219,1	20,62	177,9
	4	114,3	6,02	102,3		10	273,0	25,4	222,2
	5	141,3	6,55	128,2		12	323,9	28,58	266,7
	6	168,3	7,11	154,1		14	355,6	31,75	292,1
	8	219,1	8,18	202,7		16	406,4	36,52	333,4
	10	273,0	9,27	254,5		18	457,2	39,69	377,8
12	323,9	10,31	303,3	20		508,0	44,45	419,1	
14	355,6	11,13	333,3	24		609,6	52,39	504,8	
Cedula 60	16	406,4	12,7	381,0	Cedula 160	1/2	21,3	4,78	11,7
	18	457,2	14,27	428,7		3/4	26,7	5,56	15,6
	20	508,0	15,09	477,8		1	33,4	6,35	20,7
	24	609,6	17,48	574,6		1 1/4	42,2	6,35	29,5
	8	219,1	10,31	198,5		1 1/2	48,3	7,14	34,0
	10	273,0	12,7	247,6		2	60,3	8,74	42,8
	12	323,9	14,27	295,4		2 1/2	73	9,52	54,0
	14	355,6	15,09	325,4		3	88,9	11,13	66,6
Cedula 80	16	406,4	16,64	373,1	4	114,3	13,49	87,3	
	18	457,2	19,05	419,1	5	141,3	15,88	109,5	
	20	508,0	20,62	466,8	6	168,3	18,26	131,8	
	24	609,6	24,61	560,4	8	219,1	23,01	173,1	
	1/8	10,3	2,41	5,5	10	273,0	28,58	215,8	
	1/4	13,7	3,02	7,7	12	323,9	33,34	257,2	
	3/8	17,1	3,2	10,7	14	355,6	35,71	284,2	
	1/2	21,3	3,73	13,8	16	406,4	40,49	325,4	
3/4	26,7	3,91	18,9	18	457,2	45,24	366,7		
1	33,4	4,55	24,3	20	508,0	50,01	408,0		
1 1/4	42,2	4,85	32,5	24	609,6	59,54	490,5		

Figura 9.37. Dimensiones estándar de tuberías de Acero Comercial
Fuente: Mott, Mecánica de Fluidos

B. PROYECTO DE EJECUCIÓN
I MEMORIA Y ANEXOS A LA MEMORIA

348 de 395

15/12/2016

5. Selección de diámetro nominal

Con el valor de diámetro óptimo se procede a observar el diámetro nominal mayor más cercano, salvo el caso de H-01/ TK-4 y C1/M-04 que se coge otro aún más mayor para evitar que las pérdidas de carga en la zona de impulsión y aspiración, esto será comentado en el apartado de bombas.

6. Resto de dimensiones de la tubería.

La cedula por la cual se ha optado es la de 40, debido a que es de las más utilizadas en Industria Química, y no ha condiciones de excesiva presión en ninguna corriente, que haga elegir una cedula de mayor espesor.

Tabla 9.78 Selección del diámetro nominal y sus dimensiones del catálogo.

Equipos	D nominal, Pulgadas	Diámetro Ext (mm)	Espesor (mm)	Diámetro Int (mm)
R-01/TK-5	¼	13,7	2,24	9,2
M-01/ F-01	1	33,4	3,38	26,6
F-01/TK-5	3/8	17,1	2,31	12,5
T-02/M-02	1	33,4	3,38	26,6
M-02/R-02	1	33,4	3,38	26,6
R-02/F-02	1	33,4	3,38	26,6
F-02/M-03	½	21,3	2,77	15,8
M-04/M-03	2	60,3	3,91	52,5
M-03/T-01	2	60,3	3,91	52,5
T-01/F-03	¾	26,7	2,87	21,0
F-03/C-01	¾	26,7	2,87	21,0
C1/ H-01	3/8	17,1	2,31	12,5
C1/M-04	1	33,4	3,38	26,6
TK-2/M-04	1 ¼	42,2	3,56	35,1
TK-3-/H-01	¼	13,7	2,24	9,2
H-01/ TK-4	1/2	21,3	2,77	15,8
H-01/ T-02	¼	13,7	2,24	9,2

Fuente: Elaboración propia

7. Determinación de la velocidad real.

Una vez conocidas las características de las tuberías, por las cuales circularán los fluidos se procede a determinar la velocidad real de estos, con el valor de diámetro interior.

Tabla 9.79 Velocidades reales para cada tramo de tubería..

Equipos	v real, m/s
R-01/TK-5	0,72
M-01/ F-01	2,54
F-01/TK-5	0,69
T-02/M-02	2,50
M-02/R-02	2,52
R-02/F-02	2,24
F-02/M-03	1,43
M-04/M-03	2,14
M-03/T-01	2,40
T-01/F-03	1,25
F-03/C-01	1,25
C1/ H-01	0,88
C1/M-04	0,58
TK-2/M-04	1,53
TK-3-/H-01	0,69
H-01/ TK-4	0,55
H-01/ T-02	0,70

Fuente: Elaboración propia

Se comprueba que estas velocidades son menores a las admisibles anteriormente calculas en función de la densidad.

8. Pérdida de carga lineal

Este apartado se desarrollará en mayor profundidad en el anexo de bombas debido a que se necesita conocer si es necesaria la presencia de bombas y otros equipos accesorios.

9.4 Anexos de cálculo de bombas.

Para poder calcular una bomba se necesita conocer las secciones de una bomba. En la siguiente **Figura 9.38**, se aprecia estas secciones.

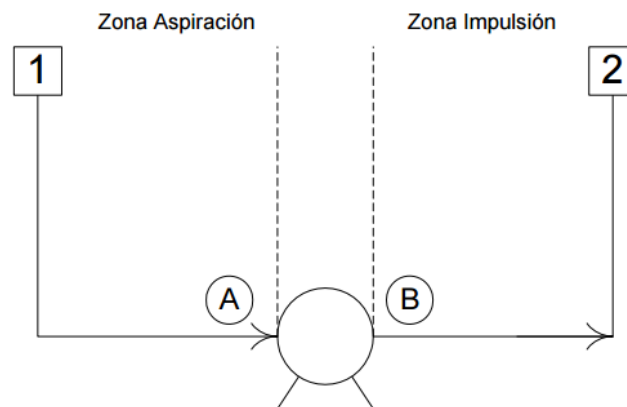


Figura 9.38 Secciones de una bomba
Fuente: Cálculo de bombas y tuberías UGR

Zona de aspiración: es la comprendida entre el equipo 1 desde donde se bombeará el líquido y la bomba.

Zona de impulsión: es la comprendida entre la salida de la bomba hasta el siguiente equipo.

Otras definiciones interesantes para el procedimiento de cálculo son las siguientes:

- Altura total de aspiración: representa la presión de entrada de la bomba es la suma de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre

del líquido al eje de la bomba), presión existente sobre el líquido y pérdidas de carga por rozamiento de la tubería de aspiración.

Los dos primeros sumandos pueden ser positivos o negativos, pero el tercero es siempre negativo.

- Altura total de impulsión: Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión, pérdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción. La diferencia entre las alturas totales de impulsión y de aspiración es la carga de la bomba, es decir, la energía que ha de ser conferida al fluido
- Carga neta positiva de aspiración: Se representa por las siglas NPSH (de la expresión inglesa "Net Positive Suction Head") tiene dos tipos de conceptos:
 - NPSH requerida ($NPSH_r$) depende del diseño de la bomba y representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración de la misma y vencer las pérdidas por rozamientos y aumento de velocidad desde la conexión de aspiración hasta el punto donde se incrementa la energía.
 - NPSH disponible ($NPSH_{dis}$) es la diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del fluido a la temperatura de funcionamiento, medidas ambas en metros de columna de líquido.

Lógicamente siempre deberá cumplirse que la $NPSH_{dis}$ sea mayor o igual que la $NPSH_r$. Por otro lado la $NPSH_{dis}$ siempre habrá de ser positiva y lo mayor posible, ya que de este modo se evitará que la presión a la entrada de la bomba descienda por debajo de la presión de vapor del fluido en las condiciones de temperatura existentes en dicho punto, lo que provocaría la aparición de burbujas de vapor, con el consiguiente peligro de que la bomba entre en cavitación lo que reduce su carga y

eficacia al tiempo que daña el material de la misma, reduciendo seriamente la vida útil de la bomba.

1. Cálculo de las pérdidas de cargas

Se procederá al cálculo de las pérdidas de carga para los fluidos del proceso, su cálculo será necesario para el diseño de bombas pero también es necesario para comprobar que el diámetro elegido para la conducción es suficiente, pues de ser éste muy pequeño la pérdida de carga que se produzca será muy elevada.

Los siguientes valores se consideran razonables de caída de presión en una conducción para caudales de 0 a 60 m³/h:

- Zona de aspiración de bombas: 0.40 kg/cm² (0.39 bar)
- Zona de impulsión de bombas: 0.6 a 0.8 kg/cm² (0.59 a 0.78 bar)

Si se supera estos valores de pérdida de carga se debe proceder a elegir otro diámetro nominal.

El cálculo de la pérdida de carga se realizará con la **ecuación de Fanning**
(9.44)

$$H = \left(\frac{4 \cdot f \cdot L}{d_{\text{int}}} \right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (9.44)$$

Dónde:

- H = la pérdida de carga en metros de columna de líquido (m. c. l.)
- f = coeficiente de fricción adimensional
- L = longitud de la tubería, m
- d = es el diámetro interior de la tubería, m
- g = *aceleración de la gravedad*, $9,81 \frac{m}{s^2}$
- v = es la velocidad del fluido, m/s

Los cálculos de las pérdidas de carga serán realizados tanto para la zona de aspiración como de impulsión.

Para realizar estos cálculos se debe conocer cómo se calcula f , coeficiente de fricción adimensional y L , longitud de la tubería.

1.1 Cálculo de f , coeficiente de fricción adimensional.

Hay bastantes métodos para calcular f , diagramas como el de Moody, ecuaciones como las siguientes:

Si el flujo es laminar ($Re \leq 2000$):

$$f = \frac{16}{Re} \quad (9.45)$$

Dónde Re = número de Reynolds,

Si el flujo es turbulento ($Re \geq 4000$) o pertenece a la llamada zona de transición ($2000 < 4000$)

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7 \cdot \left(\frac{d}{\varepsilon} \right)} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (9.46)$$

Dónde ε = rugosidad relativa de la conducción, en acero comercial es $4,6 \cdot 10^{-5}m$

El número de Reynolds se calcula de la **Ecuación 9.47**:

$$Re = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\mu} \quad (9.47)$$

1.2 Cálculo de L, longitud de la tubería.

Como se ha indicado se va a proceder el cálculo de pérdida lineal para el tramo de aspiración e inspiración, para ello es necesario conocer donde se colocará la bomba.

Para realizar los cálculos se supondrá que la bomba, que es el sistema de referencia considerado se encontrara al mismo nivel que la salida de la tubería al equipo 1 salvo en la corriente de destilado de C-01, y a una distancia de 1 metro, por motivos de seguridad y la distancia de la bomba al siguiente equipo dependerá de la implantación, en la **Figura 9.39** se ilustra lo explicado.

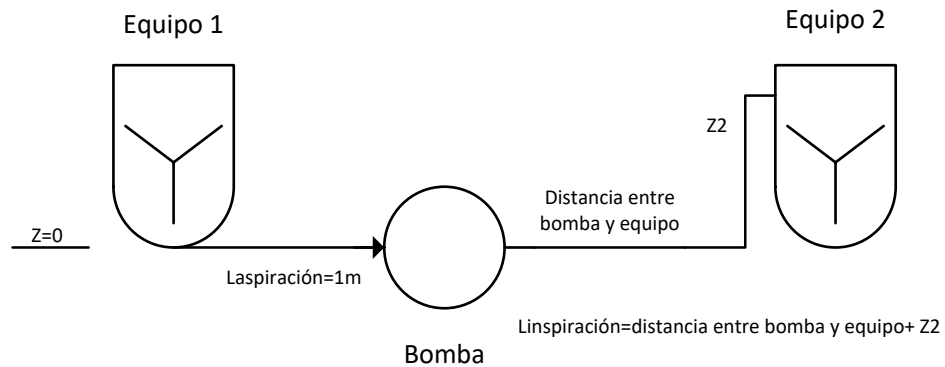


Figura 9.39 Consideraciones cálculo de bombas.

Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto a tener en cuenta es la longitud equivalente, para determinados accesorios como (válvulas, codos, tes) provocan pérdida de carga, esta viene dada por la **Tabla 9.80** mediante el concepto Longitud equivalente así a las $L_{\text{aspiración}}$ y $L_{\text{inspiración}}$ se le debe añadir estas.

Tabla 9.80 Resistencia de Válvulas y acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería

Tipo	L/D equ
Válvula Globo Abierta por completo	340
Válvula de ángulo Abierta por completo	150
Válvula de compuerta abierta por completo	8
3/4 Abierta	35
1/2 Abierta	160
1/4 Abierta	900
Válvula de Verificación Tipo giratorio	100
Válvula de verificación Tipo Bola	150
Válvula Mariposa Abierta por completo de 2 a 8 pulgadas	45
10 a 14 pulgadas	35
16 a 24 pulgadas	25
Válvula de pie tipo disco de vástago	420
Válvula de pie tipo disco de bisagra	75
Codo estándar de 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado de 90°	50
Codo estándar de 45°	16
Codo roscado de 45°	26
Vuelta Cerrada de Retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Te estándar con flujo en el ramal	60

Fuente: Mott, Mecánica de Fluidos.

En el diseño se consideran como mínimo 2 codos de 90°, para poder realizar las elevaciones, el resto de codos dependiendo del diseño.

1.3 Representación de resultados de la zona de aspiración.

Se realizan los cálculos anteriormente indicados para la zona de aspiración representando las pérdidas de carga tanto en m.c.a como en bares, para comparar si el diámetro elegido era el óptimo.

Tabla 9.81. Representación de resultados de la zona de aspiración

Equipos	Re	F	L, m	Z _{equipo 1}	h _{f,a} (m.c.a)	h bar
R-01/TK-5	7,94E+03	3,98E-02	1,00	0,00	0,462	0,032
M-01/ F-01	2,80E+04	2,81E-02	1,00	0,00	1,394	0,119
F-01/TK-5	7,04E+03	3,92E-02	1,00	0,00	0,304	0,030
T-02/M-02	1,40E+05	2,41E-02	1,00	0,00	1,154	0,111
M-02/R-02	1,42E+05	2,41E-02	1,00	0,00	1,170	0,113
R-02/F-02	8,82E+04	2,48E-02	1,00	0,00	0,958	0,088
F-02/M-03	3,79E+04	2,95E-02	1,00	0,00	0,782	0,076
M-04/M-03	1,54E+05	2,11E-02	1,00	0,00	0,374	0,029
M-03/T-01	1,82E+05	2,08E-02	1,00	0,00	0,465	0,036
T-01/F-03	3,78E+04	2,80E-02	1,00	0,00	0,424	0,033
F-03/C-01	3,78E+04	2,80E-02	1,00	0,00	0,423	0,033
C1/ H-01	1,83E+04	3,34E-02	1,00	0,00	0,425	0,036
C1/M-04	2,13E+04	2,93E-02	1,00	21,54	0,076	0,006
TK-2/M-04	7,19E+04	2,41E-02	1,00	0,00	0,329	0,025
TK-3-/H-01	6,30E+03	4,16E-02	1,00	0,00	0,434	0,042
H-01/ TK-4	1,45E+04	3,33E-02	1,00	0,00	0,131	0,011
H-01/ T-02	1,35E+04	3,67E-02	1,00	0,00	0,394	0,038

Fuente: Elaboración propia.

Se comprueba que el Reynolds es turbulento y que la pérdida de carga es menor a 0.39 bar lo que no generaría problemas.

1.4 Representación de resultados de la zona de inspiración.

En la **Tabla 9.82** se calcula todos los apartados y se analiza si las pérdidas de cargas son mayores o no que a las limitaciones impuestas.

Tabla 9.82. Representación de resultados de la zona de inspiración

Equipos	L, distancia entre equipos	Número de codos	L equivalente	Z equipo 2	L	$h_{f,c}$ m.c.a	h bar
R-01/TK-5	18,25	3	2,39	2,25	22,89	9,863	0,677
M-01/ F-01	1,97	2	1,60	0,80	4,36	6,081	0,519
F-01/TK-5	6,88	3	1,13	2,25	10,26	3,121	0,305
T-02/M-02	1,00	2	1,60	1,72	4,32	4,984	0,481
M-02/R-02	1,95	2	1,60	1,79	5,33	6,243	0,605
R-02/F-02	1,47	2	1,60	0,80	3,87	3,705	0,342
F-02/M-03	1,23	2	0,95	3,63	5,81	4,541	0,439
M-04/M-03	6,73	2	3,15	3,63	13,51	5,057	0,385
M-03/T-01	1,00	2	3,15	3,75	7,90	3,670	0,288
T-01/F-03	1,00	2	1,26	1,00	3,26	1,382	0,108
F-03/C-01	1,00	2	1,26	15,00	17,26	7,308	0,573
C1/ H-01	16,00	5	1,88		17,88	7,596	0,642
C1/M-04	36,00	5	3,99	3,49	43,48	3,313	0,253
TK-2/M-04	7,00	2	2,11	3,49	12,59	4,137	0,311
TK-3-/H-01	4,19	3	0,83		5,02	2,177	0,213
H-01/ TK-4	37,87	6	2,84	4,33	45,04	5,920	0,500
H-01/ T-02	1,00	2	0,55	1,77	3,32	1,310	0,126

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado las pérdidas de carga de H-01/ TK-4 y C1/M-04, superaban las límites de pérdida de carga así que se tomaron diámetros nominales mayores hasta que dieron valores comprendidos entre los límites.

2. Cálculo de la carga de la bomba:

La ecuación de Bernouilli **(9.48)** (balance de energía mecánica) para la circulación isotérmica de un fluido incompresible de un punto "1" a otro "2", expresada en términos de altura (m.c.l.), es la siguiente:

$$Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot \alpha_2 \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot \alpha_1 \cdot g} + h_{fs} = \Delta h \quad (9.48)$$

— Z_i = elevación del punto i , m

— P_i = presión del punto i , Pa

— v_i = velocidad media del fluido en el punto, $\frac{m}{s}$

— α_1 = término que depende del tipo de flujo que se produzca.

Es igual a $\frac{1}{2}$ si el flujo es laminar ($Re \leq 2000$) y vale 1 para flujo turbulento ($Re \geq 4000$)

— h_{fs} = pérdidas de presión por rozamiento en la conducción, m. c. l.

— Δh = la carga de la bomba en m. c. l.

— ρ = densidad del fluido, $\frac{kg}{m^3}$

— $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

Para el cálculo de todas las tuberías se considerará que trabajamos con un fluido incompresible y la tubería de sección constante, se determina de la ecuación de continuidad, **(9.49)**:

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 \quad (9.49)$$

Cómo: $S_1 = S_2 \rightarrow v_1 = v_2$

Así la ecuación de Bernouilli queda:

$$Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_{fs} = \Delta h$$

En tuberías se hizo la suposición inicial que $Z_1 = 0$, se decide tomar como punto de referencia la altura de la bomba y ésta se encuentra en el suelo, la salida de la tubería del equipo 1 también se encontrará a esta altura, para poder vaciarlo.

Es una suposición porque si NPSH sale un valor negativo se deberá considerar trabajar con la bomba a una altura inferior a la de la superficie del equipo 1.

$$Z_2 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_{fS} = \Delta h$$

Aplicación de Bernouilli en la zona de aspiración

Con esta ecuación de Bernouilli, simplificada se aplica ésta ecuación entre el equipo 1 y la zona de aspiración, se nombrará como A y se procede al cálculo de la altura total de aspiración.

$$\text{— } \frac{P_A - P_1}{\rho \cdot g} + h_{fS_{Aspiración}} = 0$$

$$\text{— } \textit{Altura total de aspiración} = \frac{P_A}{\rho \cdot g} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - h_{fS_{Aspiración}}$$

Dónde:

$$\text{— } h_{fS_{Aspiración}} = \textit{pérdidas de rozamiento en a zona de aspiración}$$

Si a la expresión anterior le restamos la presión de vapor tendremos la Carga Neta Positiva de Aspiración Disponible (NPSH_{dis}), la presión de vapor puede ser suministrada por el simulador Chemcad.

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_A - P_v}{\rho \cdot g} = \frac{P_1 - P_v}{\rho \cdot g} - h_{fSAspiración}$$

Para evitar la cavitación $NPSH_{dis}$ ha de ser positiva y con un valor lo más alto posible.

Aplicación de Bernoulli en la zona de inspiración

Ahora se procede aplicar la ecuación de Bernoulli entre los puntos B (zona de impulsión) y 2, con las mismas consideraciones anteriores, tenemos que:

$$\text{— } \frac{P_2 - P_B}{\rho \cdot g} + h_{fSimpulsión} + Z_2 = 0$$

$$\text{— } \textit{Altura total de inspiración} = \frac{P_B}{\rho \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + h_{fSimpulsión} + Z_2$$

Con estos datos aplicando la ecuación de Bernoulli entre A y B se obtiene:

$$\frac{P_B - P_A}{\rho \cdot g} = \Delta h$$

Se representan los datos en la **Tabla 9.83**.

Tabla 9.83. Representación de la carga de la bomba.

Equipos	Pv, Pa	NPSH disponible	h aspiración	h _{inspiración}	Δh
R-01/TK-5	71.046,35	3,95	14,29	26,87	12,58
M-01/ F-01	3.378,80	10,09	10,49	18,76	8,27
F-01/TK-5	3.468,4054	9,72	10,07	15,75	5,68
T-02/M-02	19.978,38	7,28	9,35	17,21	7,86
M-02/R-02	19.978,38	7,23	9,29	18,49	9,20
R-02/F-02	19.978,38	7,85	10,02	15,48	5,46
F-02/M-03	19.978,38	7,64	9,71	18,66	8,95
M-04/M-03	39.550,62	7,73	12,92	21,98	9,06
M-03/T-01	34.725,53	8,03	12,46	20,34	7,88
T-01/F-03	34.725,53	8,07	12,50	15,30	2,81
F-03/C-01	34.725,53	8,07	12,50	35,23	22,73
C1/ H-01	65.636,85	3,80	11,57	19,59	8,02
C1/M-04	83.720,30	23,77	34,73	20,06	-14,66
TK-2/M-04	17.813,83	10,78	13,14	21,10	7,95
TK-3-/H-01	2.369,82	9,67	9,91	12,52	2,61
H-01/ TK-4	90120,098	1,19	11,86	22,24	10,38
H-01/ T-02	33045	6,68	10,11	13,59	3,47

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que no es necesario bomba en el tramo C-01/M-04, debido a que la salida del destilado tiene una altura suficiente, para el transporte en la tubería sin necesidad de bomba.

3. Elección de la bomba:

Se va a trabajar con programa ezfinder.ebara.com que aporta las curvas características de las bombas, en el introduciendo el caudal y la pérdida de carga total, aportando el programa:

- El diámetro de rodete, si no da un valor exacto el programa escoge el valor mayor más cercano.

- El rendimiento de la bomba.
- $NPSH_r$
- Se comprueba que $NPSH_{dis}$ es mayor que el $NPSH_r$.

Bomba M-01/ F-01

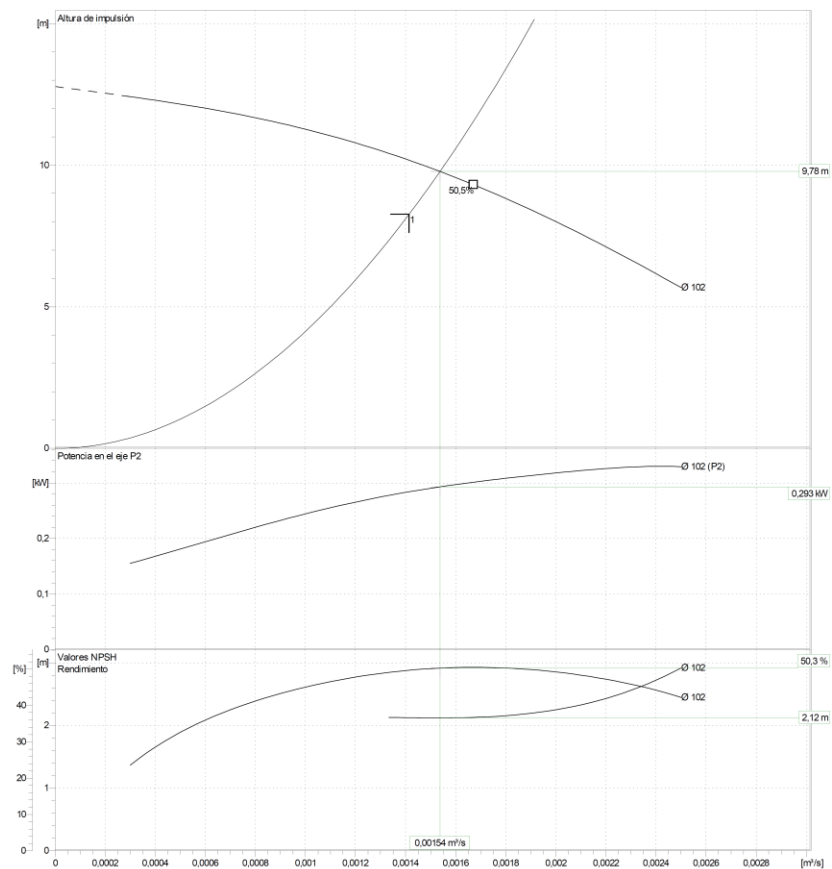


Figura 9.40 Curvas características de la Bomba M-01/F-01

Fuente: Ezfinder Ebara.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS
A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

GIQ-14/15-010

V.M.T.A

Nombre de la bomba	32X32 FSS2FC 5 .37		Frecuencia	Hz	50
Diseño	End Suction Volute Pump				
Fabricante	EMC		Rodete	Máx.	mm 126
Velocidad	1/min	2950	Diámetro	Designed	mm 102
No. of Stage	1			Min.	mm 102
Connection	Lado aspiración	JIS 10K		Caudal	Operating
Connection	Lado impulsión	JIS 10K	Max-		m ³ /s 0,0025
Max Working Pressure	kPa	1000	Min-		m ³ /s 0,0003
Shut-off head	kPa	124,92	Altura de impulsión	Operating	m 9,8
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 5,7
Potencia absorbida	kW	0,29		- (Qmin.)	m 12,4
			Max. Shaft Power at max. impeller		kW 0,70
NPSH requerido	m	2,1	Efficiency		% 50,3

Figura 9.41 Resultados de la Bomba M-01/F-01

Fuente: Ezfinder Ebara.

En la Figura 9.41 se comprueba que NPSH_{disponible} 10,09 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba R-01/TK-5

Nombre de la bomba	125x100 CNGA 5 3.7		Frecuencia	Hz	50
Diseño	Horizontal Split Casing				
Fabricante	PTEI		Instalación	with base, motor	
Velocidad	1/min	1460	Rodete Diámetro	Máx.	mm 218
No. of Stage	1			Designed	mm 189
Connection	Lado aspiración	JIS 16K		Min.	mm 178
Connection	Lado impulsión	JIS 16K	Caudal	Operating	m ³ /s 4,83E-5
Max Working Pressure	kPa	1600		Max-	m ³ /s 0,0317
Shut-off head	kPa	124,29		Min-	m ³ /s 0
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".	Altura de impulsión	Operating	m 12,7
Potencia absorbida	kW	1,31		- (Qmax.)	m 7,4
				- (Qmin.)	m 12,7
			Max. Shaft Power at max. impeller		kW 5,47
NPSH requerido	m		Efficiency		% 4,0

Figura 9.42 Resultados de la Bomba R-01/TK-05

Fuente: Ezfinder Ebara

Bomba F-01/ TK-5

Nombre de la bomba	FH4A 80-160-5 1.5		Frecuencia	Hz	50	
Diseño	End Suction Volute Pump		Instalación			
Fabricante	PTEI		with base, motor			
Velocidad	1/min	1450	Rodete Diámetro	Máx.	mm	180
No. of Stage	1			Designed	mm	145
				Min.	mm	145
Connection	Lado aspiración	DIN PN16	Caudal	Operating	m ³ /s	9,07E-5
Connection	Lado impulsión	DIN PN16		Max-	m ³ /s	0,019
Max Working Pressure	kPa	1600		Min-	m ³ /s	0
Shut-off head	kPa	63,79	Altura de impulsión	Operating	m	6,5
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m	3,5
Potencia absorbida	kW	0,39		- (Qmin.)	m	6,5
			Max. Shaft Power at max. impeller		kW	1,84
NPSH requerido	m		Eficiencia		%	1,0

Figura 9.43 Resultados de la Bomba F-01/TK-05
Fuente: Ezfinder Ebara

Bomba T-02/ M-02

Nombre de la bomba	32X32 FSS2FC 5 .37		Frecuencia	Hz	50	
Diseño	End Suction Volute Pump					
Fabricante	EMC					
Velocidad	1/min	2950	Rodete Diámetro	Máx.	mm	126
No. of Stage	1			Designed	mm	102
				Min.	mm	102
Connection	Lado aspiración	JIS 10K	Caudal	Operating	m ³ /s	0,00147
Connection	Lado impulsión	JIS 10K		Max-	m ³ /s	0,0025
Max Working Pressure	kPa	1000		Min-	m ³ /s	0,0003
Shut-off head	kPa	124,92	Altura de impulsión	Operating	m	10,0
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m	5,7
Potencia absorbida	kW	0,29		- (Qmin.)	m	12,4
			Max. Shaft Power at max. impeller		kW	0,70
NPSH requerido	m	2,1	Eficiencia		%	50,0

Figura 9.44 Resultados de la Bomba T-02/M-02
Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 7,28 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba M-02/ R-02

Nombre de la bomba	32X32 FSS2FC 5 .37		Frecuencia	Hz	50
Diseño	End Suction Volute Pump				
Fabricante	EMC		Rodete	Máx.	mm
Velocidad	1/min	2950	Diámetro	Designed	mm
No. of Stage	1			Min.	mm
Connection	Lado aspiración	JIS 10K	Caudal	Operating	m ³ /s
Connection	Lado impulsión	JIS 10K		Max-	m ³ /s
Max Working Pressure	kPa	1000		Min-	m ³ /s
Shut-off head	kPa	125,11	Altura de impulsión	Operating	m
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		-(Qmax.)	m
Potencia absorbida	kW	0,29		-(Qmin.)	m
			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	0,71
NPSH requerido	m	2,1	Efficiency	%	49,7

Figura 9.45 Resultados de la Bomba M-01/R-02

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 7,23 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba R-02/ F-02

Nombre de la bomba	LPCD4 40-125/0.25		Frecuencia	Hz	50
Diseño	IN-LINE CENTRIFUGAL PUMP		Instalación	STANDARD	
Fabricante	EPE		Rodete	Máx.	mm
Velocidad	1/min	1400	Diámetro	Designed	mm
No. of Stage	2			Min.	mm
Connection	Lado aspiración	DIN 2501 PN 16	Caudal	Operating	m ³ /s
Connection	Lado impulsión	DIN 2501 PN 16		Max-	m ³ /s
Max Working Pressure	kPa			Min-	m ³ /s
Shut-off head	kPa	61,54	Altura de impulsión	Operating	m
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		-(Qmax.)	m
Potencia absorbida	kW	0,13		-(Qmin.)	m
			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	0,19
NPSH requerido	m	2,3	Efficiency	%	58,5

Figura 9.46 Resultados de la Bomba R-02/F-02

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 7,85 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba F-02/ M-03

Nombre de la bomba	32X32 FSS2FC 5 .37		Frecuencia	Hz	50
Diseño	End Suction Volute Pump				
Fabricante	EMC		Rodete	Máx.	mm 126
Velocidad	1/min	2950	Diámetro	Designed	mm 102
No. of Stage	1			Min.	mm 102
Connection	Lado aspiración	JIS 10K	Caudal	Operating	m³/s 0,000331
Connection	Lado impulsión	JIS 10K		Max-	m³/s 0,0025
Max Working Pressure	kPa	1000		Min-	m³/s 0,0003
Shut-off head	kPa	125,11	Altura de impulsión	Operating	m 12,4
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 5,7
Potencia absorbida	kW	0,16		- (Qmin.)	m 12,4
			Max. Shaft Power at max. impeller kW		0,71
NPSH requerido	m		Efficiency		% 25,1

Figura 9.47 Resultados de la Bomba F-02/M-03
Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 7,64 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba M-04/ M-03

Nombre de la bomba	65X50 FSS2EC 5 1.5		Frecuencia	Hz	50
Diseño	End Suction Volute Pump				
Fabricante	EMC		Rodete	Máx.	mm 116
Velocidad	1/min	2950	Diámetro	Designed	mm 102
No. of Stage	1			Min.	mm 102
Connection	Lado aspiración	JIS 10K	Caudal	Operating	m³/s 0,00509
Connection	Lado impulsión	JIS 10K		Max-	m³/s 0,00903
Max Working Pressure	kPa	1000		Min-	m³/s 0,00133
Shut-off head	kPa	130,14	Altura de impulsión	Operating	m 11,0
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 6,7
Potencia absorbida	kW	0,81		- (Qmin.)	m 13,2
			Max. Shaft Power at max. impeller kW		1,48
NPSH requerido	m		Efficiency		% 67,9

Figura 9.48 Resultados de la Bomba M-04/M-03
Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 7,73 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta

Bomba M-03/ T-01

Nombre de la bomba	LPC4 65-160/0.75		Frecuencia	Hz	50
Diseño	IN-LINE CENTRIFUGAL PUMP		Instalación	STANDARD	
Fabricante	EPE		Rodete Diámetro	Máx.	mm 160
Velocidad	1/min	1400		Designed	mm 160
No. of Stage	1			Min.	mm 160
Connection	Lado aspiración	DIN 2501 PN 16	Caudal	Operating	m ³ /s 0,00514
Connection	Lado impulsión	DIN 2501 PN 16		Max-	m ³ /s 0,01
Max Working Pressure	kPa			Min-	m ³ /s 0,00333
Shut-off head	kPa	81,43	Altura de impulsión	Operating	m 7,7
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 4,0
Potencia absorbida	kW	0,55		- (Qmin.)	m 8,1
				Max. Shaft Power at max. impeller	kW 0,75
NPSH requerido	m	3,0		Efficiency	% 70,3

Figura 9.49 Resultados de la Bomba M-03/T-01

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 8,03 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba T-01/ F-03

Nombre de la bomba	32X32 FSS2FC 5 .37		Frecuencia	Hz	50
Diseño	End Suction Volute Pump				
Fabricante	EMC		Rodete Diámetro	Máx.	mm 126
Velocidad	1/min	2950		Designed	mm 102
No. of Stage	1			Min.	mm 102
Connection	Lado aspiración	JIS 10K	Caudal	Operating	m ³ /s 0,000341
Connection	Lado impulsión	JIS 10K		Max-	m ³ /s 0,0025
Max Working Pressure	kPa	1000		Min-	m ³ /s 0,0003
Shut-off head	kPa	125,11	Altura de impulsión	Operating	m 12,4
Peso total	kg	See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 5,7
Potencia absorbida	kW	0,16		- (Qmin.)	m 12,4
				Max. Shaft Power at max. impeller	kW 0,71
NPSH requerido	m			Efficiency	% 25,6

Figura 9.50 Resultados de la Bomba T-01/F-03

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 8,07 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta

Bomba F-03/ C-01

Nombre de la bomba	EVMS3 4N5Q1BEGE/0.37	Frecuencia	Hz	50
Diseño	VERTICAL MULTISTAGE PUMP	Instalación	Oval flange (STANDARD)	
Fabricante	EPE	Rodete	Máx.	mm 79
Velocidad	1/min 2850	Diámetro	Designed	mm 79
No. of Stage	4		Min.	mm 79
Connection	Lado aspiración	Caudal	Operating	m³/s 0,000465
Connection	Lado impulsión		Max-	m³/s 0,00125
Max Working Pressure	kPa 1600		Min-	m³/s 0,000333
Shut-off head	kPa 278,91	Altura de impulsión	Operating	m 26,4
Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 15,6
Potencia absorbida	kW 0,25		- (Qmin.)	m 27,2
			Max. Shaft Power at max. impeller	kW 0,34
NPSH requerido	m 2,5	Efficiency	%	47,2

Figura 9.51 Resultados de la Bomba F-03/C-01

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH disponible 8,07 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

BombaC-01/H-01.

9	Nombre de la bomba	FH4A 80-160-5 1.5	Frecuencia	Hz	50
10	Diseño	End Suction Volute Pump	Instalación	with base, motor	
11	Fabricante	PTEI	Rodete	Máx.	mm 180
12	Velocidad	1/min 1450	Diámetro	Designed	mm 169
13	No. of Stage	1		Min.	mm 145
14	Connection	Lado aspiración DIN PN 16	Caudal	Operating	m³/s 0,000115
15	Connection	Lado impulsión DIN PN 16		Max-	m³/s 0,022
16	Max Working Pressure	kPa 1600		Min-	m³/s 0
17	Shut-off head	kPa 89,35	Altura de impulsión	Operating	m 9,1
18	Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 5,0
19	Potencia absorbida	kW 0,76		- (Qmin.)	m 9,1
20				Max. Shaft Power at max. impeller	kW 1,84
21	NPSH requerido	m	Efficiency	%	1,5

Figura 9.52 Resultados de la Bomba C-01/H-01

Fuente: Ezfinder Ebara

Bomba TK-2/M-04.

9	Nombre de la bomba	LPC4 40-160/0.37	Frecuencia	Hz	50
10	Diseño	IN-LINE CENTRIFUGAL PUMP	Instalación	STANDARD	
11	Fabricante	EPE	Rodete	Máx.	mm 160
12	Velocidad	1/min 1400	Diámetro	Designed	mm 160
13	No. of Stage	1		Min.	mm 160
14	Connection Lado aspiración	DIN 2501 PN 16	Caudal	Operating	m³/s 0,00157
15	Connection Lado impulsión	DIN 2501 PN 16		Max-	m³/s 0,00375
16	Max Working Pressure	kPa		Min-	m³/s 0,000833
17	Shut-off head	kPa 92,99	Altura de impulsión	Operating	m 9,0
18	Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 4,7
19	Potencia absorbida	kW 0,27		- (Qmin.)	m 9,5
20			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	0,37
21	NPSH requerido	m 3,0	Efficiency	%	50,5

Figura 9.53 Resultados de la Bomba TK-02/M-04

Fuente: Ezfinder Ebara

Se comprueba que NPSH_{disponible} 10,78 m es mayor que el requerido, luego la bomba es apta.

Bomba TK-3/H-01.

9	Nombre de la bomba	FH4A 80-160-5 1.5	Frecuencia	Hz	50
10	Diseño	End Suction Volute Pump	Instalación	with base, motor	
11	Fabricante	PTEI	Rodete	Máx.	mm 180
12	Velocidad	1/min 1450	Diámetro	Designed	mm 145
13	No. of Stage	1		Min.	mm 145
14	Connection Lado aspiración	DIN PN 16	Caudal	Operating	m³/s 4,75E-5
15	Connection Lado impulsión	DIN PN 16		Max-	m³/s 0,019
16	Max Working Pressure	kPa 1600		Min-	m³/s 0
17	Shut-off head	kPa 63,79	Altura de impulsión	Operating	m 6,5
18	Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 3,5
19	Potencia absorbida	kW 0,39		- (Qmin.)	m 6,5
20			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	1,84
21	NPSH requerido	m	Efficiency	%	0,3

Figura 9.54 Resultados de la Bomba TK-03/H-01

Fuente: Ezfinder Ebara

Bomba H-01/TK-4.

9	Nombre de la bomba	125x100 CNGA 5 3.7	Frecuencia	Hz	50
10	Diseño	Horizontal Split Casing	Instalación	with base, motor	
11	Fabricante	PTEI	Rodete	Máx.	mm 218
12	Velocidad	1/min 1460	Diámetro	Designed	mm 178
13	No. of Stage	1		Min.	mm 178
14	Connection Lado aspiración	JIS 16K	Caudal	Operating	m³/s 0,000113
15	Connection Lado impulsión	JIS 16K		Max-	m³/s 0,03
16	Max Working Pressure	kPa 1600		Min-	m³/s 0
17	Shut-off head	kPa 111,84	Altura de impulsión	Operating	m 11,4
18	Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 6,5
19	Potencia absorbida	kW 1,06		- (Qmin.)	m 11,4
20			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	5,47
21	NPSH requerido	m	Efficiency	%	6,0

Figura 9.55 Resultados de la Bomba H-01/TK-04

Fuente: Ezfinder Ebara

Bomba H-01/T-02.

9	Nombre de la bomba	FH4A 80-160-5 1.5	Frecuencia	Hz	50
10	Diseño	End Suction Volute Pump	Instalación	with base, motor	
11	Fabricante	PTEI	Rodete	Máx.	mm 180
12	Velocidad	1/min 1450	Diámetro	Designed	mm 145
13	No. of Stage	1		Min.	mm 145
14	Connection Lado aspiración	DIN PN16	Caudal	Operating	m³/s 4,82E-5
15	Connection Lado impulsión	DIN PN16		Max-	m³/s 0,019
16	Max Working Pressure	kPa 1600		Min-	m³/s 0
17	Shut-off head	kPa 63,79	Altura de impulsión	Operating	m 6,5
18	Peso total	kg See the table of "Dimensions".		- (Qmax.)	m 3,5
19	Potencia absorbida	kW 0,39		- (Qmin.)	m 6,5
20			Max. Shaft Power at max. impeller	kW	1,84
21	NPSH requerido	m	Efficiency	%	0,3

Figura 9.56 Resultados de la Bomba H-01/T-02

Fuente: Ezfinder Ebara

9.5 Anexo de abastecimiento

9.5.1 Consideraciones iniciales.

El dimensionamiento se hará para la red de agua como de agua caliente sanitaria. Para ello se tienen las siguientes consideraciones:

- Presión de suministro del agua: 5 bares.
- Las salidas de las tomas de agua de lavabos, inodoros y fregaderos, se encuentran a 1 metro del suelo.
- La salida de la ducha de emergencia del laboratorio está a 1,75 m del suelo.
- El depósito acumulador de la sala de calderas se encuentra a 2,5 m del suelo
- La salida de la columna de destilación se encuentra a 21,5 m del suelo.
- Presión mínima para grifos: 10 m.c.a.
- Presión mínima para fluxores: 15 m.c.a.
- El ACS se obtendrá mediante el empleo de un calentador de agua.
- Las propiedades físicas del agua se tomarán a 20°C, que son 998,232 Kg/m³ de densidad, de viscosidad 0,00100207 Pa s y finalmente capacidad calorífica de 4,18 KJ/Kg°C.

9.5.2 Cálculo de las necesidades de agua en el proceso.

En el proceso se va a utilizar tanto agua fría como caliente, para ver sus necesidades se estudiara cada equipo y se obtendrá el caudal necesario que necesitan.

Agua fría:

— **Columna de destilación:**

En la columna de destilación se tendrá en cuenta, solo las necesidades del condensador, debido a que la caldera será eléctrica. Para la realización de los cálculos se recurre al $Q_{\text{condensador}}$ obtenido en el apartado de diseño, el objetivo será el uso de agua para enfriar el destilado y condense.

El calor a retirar es 357,64 KJ/s, y se utilizará para ello agua de 20°C, que se calentará 80°C, con estas consideraciones se procede al cálculo del agua necesaria:

$$Q = m \cdot cp \cdot (\Delta T) \quad (9.13)$$

Dónde:

- Q = calor retirado en el condensador, $\frac{\text{KJ}}{\text{s}}$
- m = caudal másico de agua, $\frac{\text{Kg}}{\text{s}}$
- cp = calor específico del agua $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
- ΔT = *Gradiente térmico* °C, (80 – 20)

Despejando se obtiene de caudal másico de agua 1,32 Kg/s que son 1,33 L/s, utilizando la densidad de 20°C.

— **Depósito acumulador de la caldera.**

El equipo que utilizará vapor es el reactor de pretratamiento, tanto para generar la explosión de vapor como para mantener la temperatura usando la camisa.

De los datos de balances se obtiene que se necesitara de 38,49 Kg para la explosión, como este proceso es muy rápido se considera 20 segundos. Luego el caudal será de 1,93 L/s.

En el caso de la camisa se obtuvo que fuera necesario 9,48 Kg durante 12 min, generando un caudal de 0,01 L/s.

Sumando ambos valores se obtiene que en la caldera se requiera de 1,94 L/s, esta caldera será acuatubular debido a las altas presiones que alcanza y trabaará en discontinuo.

— **Mezclador 01, M-01.**

Este equipo requiere agua de abastecimiento conociendo sus necesidades y el tiempo de carga se obtiene que es necesario 1L/s para cubrir sus necesidades.

— **Tanque almacenamiento, TK-3.**

Ocurre como en M-01, son conocidos tanto carga como tiempo de llenado y se obtiene que sus necesidades sean de 1,37 L/s.

9.5.3 Necesidades de agua fría.

Las necesidades se obtienen de los datos anteriores o de la **Tabla 71** Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

- **Mantenimiento y limpieza:**
 - 1 grifo de 0,150 L/s.
- **Laboratorio:**
 - 1 ducha de emergencia de 0,2 L/s.
 - Fregadero de 0,3 L/s.
- **Dos Aseos :**
 - 3 inodoros de 0,10 L/s: 0,30 L/s.
 - 3 lavabos de 0,10 L/s: 0,30 L/s.
- **Comedor:**
 - 1 fregadero doméstico de 0,20 L/s.
- **2 Vestuarios:**
 - 2 duchas doméstico de 0,20 L/s: 0,4 L/s.
- **Columna de destilación.**
 - 1,33 L/s.
- **Depósito acumulador de la caldera.**
 - 1,94 L/s.
- **Mezclador 01.**
 - 1,00 L/s.
- **Tanque de almacenamiento, TK-X.**
 - 1,37 L/s.

Las necesidades totales de agua fría serán de 8,763 L/s.

9.5.4 Necesidades de agua caliente.

Las necesidades se obtienen de los datos anteriores o de la **Tabla 71** Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

— **Dos Aseos :**

- 3 lavabos de 0,065 L/s: 0,195 L/s.

— **Laboratorio:**

- Fregadero de 0,2 L/s.

— **Comedor:**

- 1 fregadero doméstico de 0,20 L/s.

— **2 Vestuarios:**

- 2 duchas doméstico de 0,10 L/s: 0,2 L/s.

Las necesidades totales de agua fría serán de 1,09 L/s.

9.5.5 Dimensionado de las redes de distribución

El cálculo se realizará con un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la misma y obteniéndose unos diámetros previos que

posteriormente habrá que comprobar en función de la pérdida de carga que se obtenga con los mismos.

Este dimensionado se hará siempre teniendo en cuenta las peculiaridades de cada instalación y los diámetros obtenidos serán los mínimos que hagan compatibles el buen funcionamiento y la economía de la misma.

Dimensionado de los tramos

El dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

- el caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo.
- establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
 - tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s
 - tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s

- Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

Para la realización de los cálculos se deben establecer los coeficientes de simultaneidad que se tienen en cuenta en la **Figura 9.57**.

Tabla XII.4 GASTO EN COLUMNAS Y DISTRIBUIDORES		
Núm. de grupos	Coeficiente de simultaneidad	
	Uso privado	Uso público
1	1	1
2	0'75	1
3	0'60	0'85
4	0'55	0'80
5	0'53	0'75
6	0'50	0'70
7	0'49	0'65
8	0'48	0'60
9	0'46	0'58
10	0'45	0'55
20	0'40	0'45
30	0'38	0'43
40	0'37	0'38
50	0'35	0'36
75	0'33	0'34
100	0'32	0'32
150	0'31	0'31
200	0'30	0'30
500	0'27	0'29
1000	0'25	0'25

Figura 9.57: Gasto en columnas y distribuidores
(Fuente: Manual de Instalaciones de Fontanería y Saneamiento, Franco Martín).

Con toda la información necesaria, se procede a los cálculos.

— **Selección del tramo más desfavorable.**

El tramo más desfavorable será el A-B-C-D-E-F-G-H-I-J, este es considerado porque el punto A es el más alejado de la instalación, y para llegar a él debe pasar por el resto de puntos.

— **Caudal del tramo más desfavorable.**

Para realizar los cálculos y facilitar los cálculos se procede al cálculo del caudal del punto H, que como presentan varias salidas será más difícil de calcular.

Caudal tramo H

Tabla 9.84. Cálculo del tramo H

TRAMO	Número de grupos	Caudal L/s	Coefficiente simultaneidad	Caudal puntal(L/s)
CC- BB	1	1,8	1	1,800
BB-Z	2	3,6	0,75	2,700
Z- X	3	3,8	0,6	2,280
X-V	4	5,4	0,55	2,970
V-T	5	5,7	0,53	3,021
T-H	6	5,9	0,5	2,950

Fuente: Elaboración propia

Con el valor de H se procede al resto de grupos.

Tabla 9.85.Cálculo del resto de tramos

TRAMO	Número de grupos	Caudal L/s	Coefficiente simultaneidad	Caudal puntal (L/s)
A-B	1	1,33	1	1,33
B-C	2	2,33	0,75	1,75
C-D	2	2,33	0,75	1,75
D-E	2	2,33	0,75	1,75
E-F	3	4,27	0,6	2,56
F-G	4	5,64	0,55	3,10
G-H	5	5,84	0,5	2,92
H-I	11	8,79	0,4446	3,92
I-J		1,09		5,01

Fuente: Elaboración propia

— **Elección de la velocidad de cálculo y cálculo del diámetro.**

Como se ha indicado en el apartado 7.4.3.6 se elegirá de material PVC, el valor de las tuberías termoplásticas será de 0.5 y 3.50 m/s se tomará el valor de 3,4 m/s para los cálculos de diámetro, así se obtiene los valores de la **Tabla 9.86**, se tomaran los valores del catálogo, **Figura 9.58** inmediatamente superiores, se considerará los espesores de 6 Kg/cm², debido a que la presión de entrada se fijó en 5 bar.

D (mm)	Espesor (e) en mm, para las siguientes presiones nominales en kg/cm ²				
	4	6	10	16	25
6	-				1,0
8	-				1,0
10	-				1,2
16	-				1,8
20	-				2,3
25	-		1,5	1,9	2,8
32	-		1,8	2,4	3,6
40	-	1,8	2,0	3,0	4,5
50	-	1,8	2,4	3,7	5,6
63	1,8	1,9	3,0	4,7	7,0
75	1,8	2,2	3,6	5,6	-
90	1,8	2,7	4,3	6,7	-
110	2,2	3,2	5,3	8,2	-
125	2,5	3,7	6,0	9,3	-
140	2,8	4,1	6,7	10,4	-
160	3,2	4,7	7,7	11,9	-
180	3,6	5,3	8,6	13,4	-
200	4,0	5,9	9,6	14,8	-
225	4,5	6,6	10,8	16,8	-
250	4,9	7,3	11,9	18,5	-
280	5,5	8,2	13,4	20,8	-

Figura 9.58: Dimensiones normalizadas de las tuberías de PV
(Fuente: Norma UNE 53.112)

Tabla 9.86: Dimensiones normalizadas de las tuberías de PVC

TRAMO	Calculado	Catalogo		
	D, mm	D ext, mm	espesor, mm	D int, mm
A-B	22,29	40	1,8	36,4
B-C	25,57	40	1,8	36,4
C-D	25,57	40	1,8	36,4
D-E	25,57	40	1,8	36,4
E-F	30,97	40	1,8	36,4
F-G	34,08	40	1,8	36,4
G-H	33,06	40	1,8	36,4
H-I	38,31	50	1,8	46,4
I-J	43,31	50	1,8	46,4

(Fuente: Norma UNE 53.112)

Comprobación de la presión

Se comprobará que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera con los valores mínimos indicados en las Condiciones mínimas de suministro y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo indicado en el mismo apartado, de acuerdo con lo siguiente:

- Determinar la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas podrán estimarse en un 20% al 30% de la producida sobre la longitud real del tramo o evaluarse a partir de los elementos de la instalación.
- Comprobar la suficiencia de la presión disponible: una vez obtenidos los valores de las pérdidas de presión del circuito, se comprueba si son sensiblemente iguales a la presión disponible que queda después de descontar a la presión total, la altura geométrica y la residual del punto de consumo más desfavorable. En el caso de que la presión disponible en el punto de consumo fuera inferior a la presión mínima exigida sería necesaria la instalación de un grupo de presión.

— **Pérdida de presión del tramo más desfavorable.**

Para realizar éste cálculo se procederá de la misma forma en la que se realizó en el apartado de diseño de tuberías y bombas, salvo que en esta instalación se fijará las pérdidas de accesorios como un 20% mediante recomendación del Código Técnico de la edificación

Tabla 9.87: Cálculo de las pérdidas de presión

Tramo	D _{int} , mm	V _{real} (m/s)	Reynolds	f	L	L _{equ}	L _{total}	h _{m.c.a}
A-B	36,4	1,28	46.232,92	2,13E-02	26,35	5,27	31,62	6,131
B-C	36,4	1,68	60.854,83	2,01E-02	9,05	1,81	10,86	3,437
C-D	36,4	1,68	60.854,83	2,01E-02	5,19	1,038	6,23	1,971
D-E	36,4	1,68	60.854,83	2,01E-02	14,62	2,924	17,54	5,552
E-F	36,4	2,46	89.266,57	1,85E-02	10,02	2,004	12,02	7,562
F-G	36,4	2,98	108.044,67	1,78E-02	13,90	2,78	16,68	14,796
G-H	36,4	2,80	101.706,94	1,81E-02	23,70	4,74	28,44	22,622
H-I	46,4	2,32	107.135,51	1,78E-02	17,34	3,468	20,81	8,749
I-J	46,4	2,96	136.931,10	1,70E-02	17,91	3,582	21,49	14,072
Total								84,892

Fuente: Elaboración propia

Para los cálculos de Reynolds se ha tenido en cuenta las densidades y viscosidad, fijadas en consideraciones iniciales y para el valor de f la rugosidad del PVC de $1,5 \cdot 10^{-6}$.

La pérdida total del tramo más desfavorable es de 84,892m.c.a

— **Cálculo de la presión disponible en el punto de consumo.**

$$h_p = H - (h_g + h_r) \quad (9.50)$$

Dónde:

h_p = carga disponible para pérdidas, m. c. a;

H = presión en la acometida, m. c. a; se fija que era 5 bar, luego 51,05 m. c. l

h_g = altura geométrica, m, en este será de 21,5 al ser la columna el punto A

h_r = presión residual, m. c. a, será de 10 m. c. a

Se obtiene que la carga disponible para pérdidas, m.c.a será de 19,6 m.cl.

Se puede observar que será necesario grupo de presión ya que es necesario llegar a 83,69 m.c.a

9.5.6 Dimensionado de las derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace.

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece en **Figura 9.58**. En el resto, se tomarán en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y se dimensionará en consecuencia.

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	1/2	12
Lavabo, bidé	1/2	12
Ducha	1/2	12
Bañera <1,40 m	3/4	20
Bañera >1,40 m	3/4	20
Inodoro con cisterna	1/2	12
Inodoro con fluxor	1- 1 1/2	25-40
Urinario con grifo temporizado	1/2	12
Urinario con cisterna	1/2	12
Fregadero doméstico	1/2	12
Fregadero industrial	3/4	20
Lavavajillas doméstico	1/2 (rosca a 3/4)	12
Lavavajillas industrial	3/4	20
Lavadora doméstica	3/4	20
Lavadora industrial	1	25
Vertedero	3/4	20

Figura 9.58: Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos
(Fuente: Norma UNE 53.112)

Así quedan los siguientes tramos:

Tabla 9.88: Cálculo los ramales de enlace de agua fría.

Tramo	Diámetro óptimo, mm
CC- inodoros	12
BB- lavabos	12
Z-AA	12
Y-duchas	12
V-W	12
T-U	12

Fuente: Elaboración propia

Las desviaciones de agua fría se calcularán, según el caudal total de ésta y la elección del diámetro dependerá de la velocidad adecuada como debe estar entre 0,5 y 3,5 m/s y al ser desviación se tomará el valor de 1,5 m/s

Considerando el caudal total de 3,123 L/s.

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Se obtiene D=0,0515 m, los tramos con estas unidades serán H-T, T-V, V-X. X-Y, X-Z y Z-BB

9.5.7 Dimensionado de las redes de ACS

Dimensionado de las redes de impulsión de ACS

Para las redes de impulsión o ida de ACS se seguirá el mismo método de cálculo que para redes de agua fría.

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se dimensionarán conforme a lo que se establece en la **Tabla 9.89**.

Tabla 9.89: Cálculo los enlaces aparatos domesticos de enlace de ACS

Tramo	Diámetro óptimo, mm
M-N	12
R- lavabos	12
Q-S	12
P-duchas	12

Fuente: Elaboración propia

Estas dimensiones permitirán ir al catálogo y obtener el diámetro nominal, los valores de agua caliente se deben mirar en el catálogo de polietileno, **Figura 9.59**, que se tomará la serie 2.5, debido a que esta cumple con la presión.

TUBERIA DE POLIPROPILENO (PP-C) SEGUN UNE 53.380									
DIAMETRO EXTERIOR	Serie 5,0			Serie 3,2			Serie 2,5		
	ESPESOR	D. INTERIOR	CONT. AGUA	ESPESOR	D. INTERIOR	CONT. AGUA	ESPESOR	D. INTERIOR	CONT. AGUA
mm	mm	mm	l/m	mm	mm	l/m	mm	mm	l/m
10							2,0	6,0	0,03
12							2,0	8,0	0,05
16	2,0	12,0	0,11	2,3	11,4	0,10	2,7	10,6	0,09
20	2,0	16,0	0,20	2,8	14,4	0,16	3,4	13,2	0,14
25	2,3	20,4	0,33	3,5	18,0	0,25	4,2	16,6	0,22
32	2,9	26,2	0,54	4,4	23,2	0,42	5,4	21,2	0,35
40	3,7	32,6	0,83	5,5	29,0	0,66	6,7	26,6	0,56
50	4,6	40,8	1,31	6,9	36,2	1,03	8,3	33,4	0,88
63	5,8	51,4	2,07	8,6	45,8	1,65	10,5	42,0	1,39
75	6,8	61,4	2,96	10,3	54,4	2,32	12,5	50,0	1,96
90	8,2	73,6	4,25	12,3	65,4	3,36	15,0	60,0	2,83
110	10,0	90,0	6,36	15,1	79,8	5,00	18,3	73,4	4,23
125	11,4	102,2	8,20	17,1	90,8	6,48	20,8	83,4	5,46
Tº FLUIDO	AÑOS			PRESION MAXIMA DE TRABAJO (bar)					
	SERVICIO			Serie 5,0		Serie 3,2		Serie 2,5	
ºC									
20	50			10		16		20	
40	50			6,6		10,5		13,2	
60	50			3,2		5,1		6,4	
70	25			-		3,8		4,8	
80	20			-		2,8		3,6	
95	5			-		-		2,8	

Figura 9.59: Dimensiones normalizadas de las tuberías de polipropileno
(Fuente: Norma UNE 53.380/90).

Las desviaciones de agua caliente se calcularán, según el caudal total de ésta y la elección del diámetro dependerá de la velocidad adecuada como debe estar entre 0,5 y 3,5 m/s y al ser desviación se tomará el valor de 1,5 m/s

Considerando el caudal total de 1,09 L/s.

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Se obtiene D=0,03041 m, los tramos con estas unidades serán L-M, M-O, O-P, O-Q, Q-R.

No habrá red de retorno de ACS debido a que las tuberías de agua caliente no tienen longitud mayor a 15 m.

9.5.8 Dimensionado de la cámara contador general.

En los edificios dotados con contador general único se preverá un espacio para un armario o una cámara para alojar el contador general de las dimensiones indicadas en la **Figura 9.60**

Dimensiones en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	Armario					Cámara					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

Figura 9.60: Dimensiones contador general
(Fuente: Documento HS)

Como el diámetro del contador es de 46,4 mm, se considera diámetro inmediatamente superior 50, y las dimensiones de 2,1 m de largo, 0,7 m de ancho y 0,7 m de alto.

9.5.9 Cálculo del grupo de presión

Como se ha comprobado es necesario implantar un grupo de presión.

Cálculo del depósito auxiliar de alimentación

El volumen del depósito se calculará en función del tiempo previsto de utilización, aplicando la siguiente expresión:

$$V = Q \cdot t \cdot 60 \quad (9.51)$$

Dónde:

- V es el volumen del depósito [l];
- Q es el caudal máximo simultáneo [dm³ /s];
- t es el tiempo estimado (de 15 a 20) [min].

Considerando t=15 min y el valor de Q calculado de 5,01 L/s, se obtiene un Volumen de 4508 L, es decir 4,5 m³.

Cálculo de las bombas

- El cálculo de las bombas se hará en función del caudal y de las presiones de arranque y parada de la/s bomba/s (mínima y máxima respectivamente).
- El número de bombas a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, se determinará en función del

caudal total del grupo. Se dispondrán dos bombas para caudales de hasta $10 \text{ dm}^3/\text{s}$, tres para caudales de hasta $30 \text{ dm}^3/\text{s}$ y 4 para más de $30 \text{ dm}^3/\text{s}$.

- El caudal de las bombas será el máximo simultáneo de la instalación o caudal punta y vendrá fijado por el uso y necesidades de la instalación.
- La presión mínima o de arranque (P_b) será el resultado de sumar la altura geométrica de aspiración (H_a), la altura geométrica (H_g), la pérdida de carga del circuito (P_c) y la presión residual en el grifo, llave o fluxor (P_r).

Como el caudal máximo es menor de 10 L/s , al ser 5 se instalaran 2 bombas y la presión mínima o de arranque será:

$$P_b = H_a + H_g + P_c + P_r \quad (9,52)$$
$$P_b = 21,5 + 84,892 + 10 = 121,4 \text{ m. c. a}$$

Cálculo del depósito de presión

- Para la presión máxima se adoptará un valor que limite el número de arranques y paradas del grupo de forma que se prolongue lo más posible la vida útil del mismo. Este valor estará comprendido entre 2 y 3 bar por encima del valor de la presión mínima.

$$P_{max} = P_b + 20 = 131,4 \text{ m. c. a} \quad (9.53)$$

- El cálculo de su volumen se hará con la fórmula siguiente:

$$V = 27 \cdot Q \cdot \frac{(P_{max} + 10) \cdot (P_b + 10)}{(P_{max} - P_b)Nc} \quad (9.54)$$

Dónde:

- V = Volumen en litros ;
- Q = Caudal de la bomba en litros por segundo
- P_{max} y P_b = Presiones en m. c. d. a manométricas
- Nc = Número de ciclos de la bomba por hora.

$V=4.780$ L que son $4,780$ m³.

BIBLIOGRAFIA.

Sitios webs

- Spirax Sarco *Steam Tables* Disponible en:
<http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/steam-tables.aspx>
- Beltomatic, *Batch Tray Dryer* [online]. Estados Unidos: Tippecanoe, 2013
Disponible en: http://www.beltomatic.com/batch_tray_dryer.html
- ENEA, Italian Agency for new Technologies, Energy, and Environment.(2006)
Biomass technology. Rotondella, Italia: http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/5/6/5/77945a06-c177-4f33-bca2-ce95b84383b0_ENEA_pretreatment_labs_01.pdf

Libros:

- Çengel, Yunus A (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico. McGraw Hill.
- Sinnott, R K. Chemical Engineering Design, 2ª ed., Oxford: Elsevier, 2012. ISBN 978-0-08-096659-5.
- *R.H. Perry y D. Green*, Perry's Chemical Engineer's Handbook, 8 th Edition, McGraw-Hill, New York(2007)

Artículos:

- Roa M, G; Oliveros T., C.E.; Álvarez G., J.;Ramirez G., C.A.; Sanz U., J.R.; Dávila A., M.T.; Álvarez H., J.R.;Zambrano F., D.A.; Puerta Q., G.I.; Rodríguez V.,N. (1999) Beneficio ecológico del café. Chinchiná, de Roa y colaboradores
- Chiyanzu, I., Brienzo, M., García-Aparicio. M.P., Görgens. J. (2014) Application of Endo- β -1,4,D-mannanase and Cellulase for the Release of Mannooligosaccharides from Steam-Pretreated Spent Coffee Ground. *Appl Biochem Biotechnol*.
- Sobolík, V., Zitny, R., Tovcigrecko, V., Delgado, M., & Allaf, K. (2002). Viscosity and electrical conductivity of concentrated solutions of soluble coffee. *Journal of Food Engineering*, 51, 93-98.
- Brienzo, M., Chiyanzu, I., García-Aparicio. M.P., Görgens. J. (2014) Spent coffee ground mass solubisation by steam explosion and enzymatic hydrolysis. *Appl Biochem Biotechnol*.

Patentes:

- Kenny, F.J; Fernandes, J.A; Leclerc,V. "Método de tratamiento de café",E 10795173(3), Diciembre, 13, 2010.

PLANOS



UGR

Universidad
de **Granada**

1. Situación.
2. Emplazamiento.
3. Distribución en planta
4. Plano detallado del equipo
5. Diagrama de flujo.
6. Diagramas instrumentación y control.
7. Tuberías y bombas de proceso.
8. Abastecimiento y fontanería.
9. Protección contra incendios.

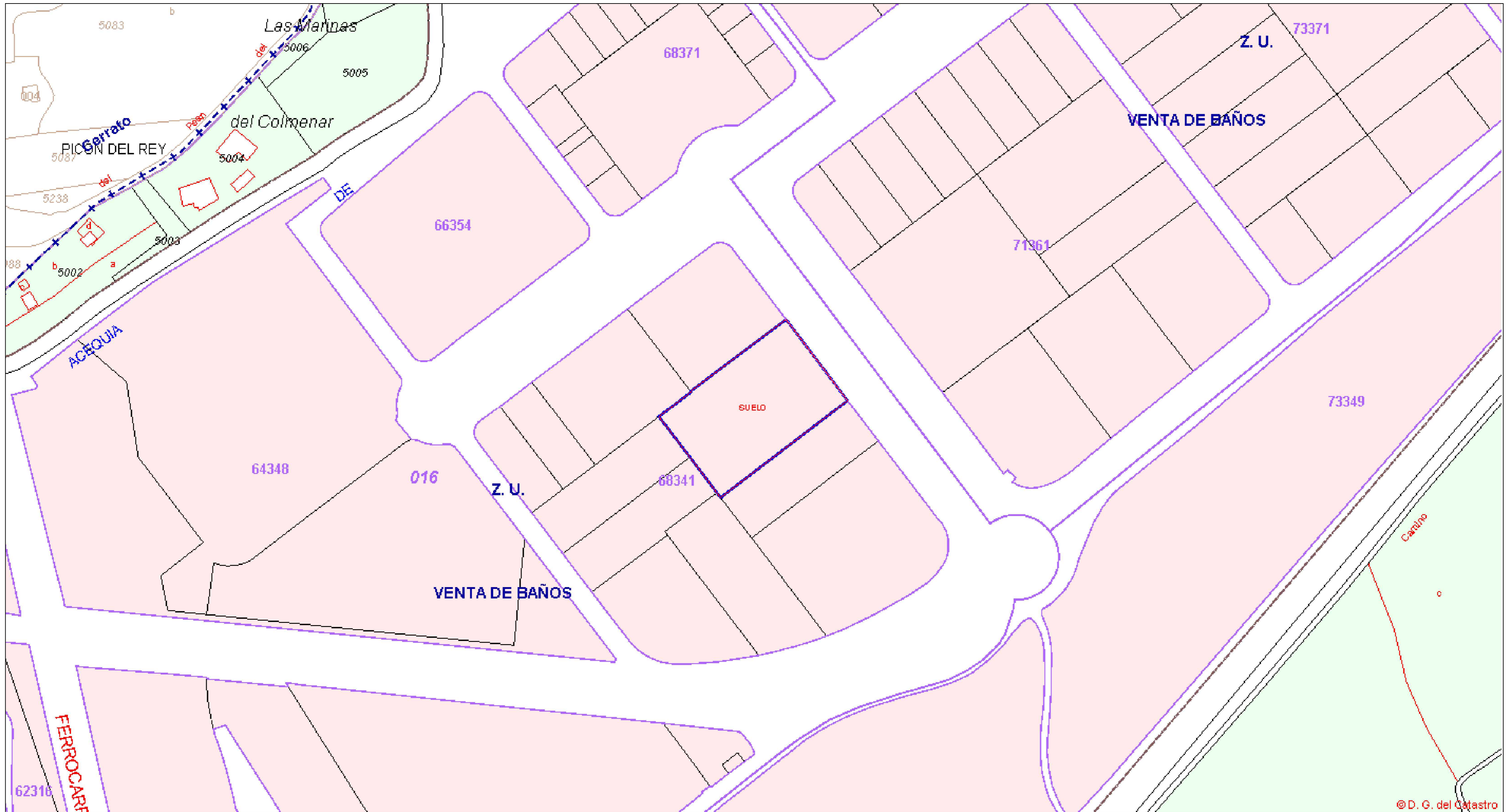
**Víctor Manuel
Torres Agudo**

Grado en
Ingeniería Química



SIGNOS CONVENCIONALES

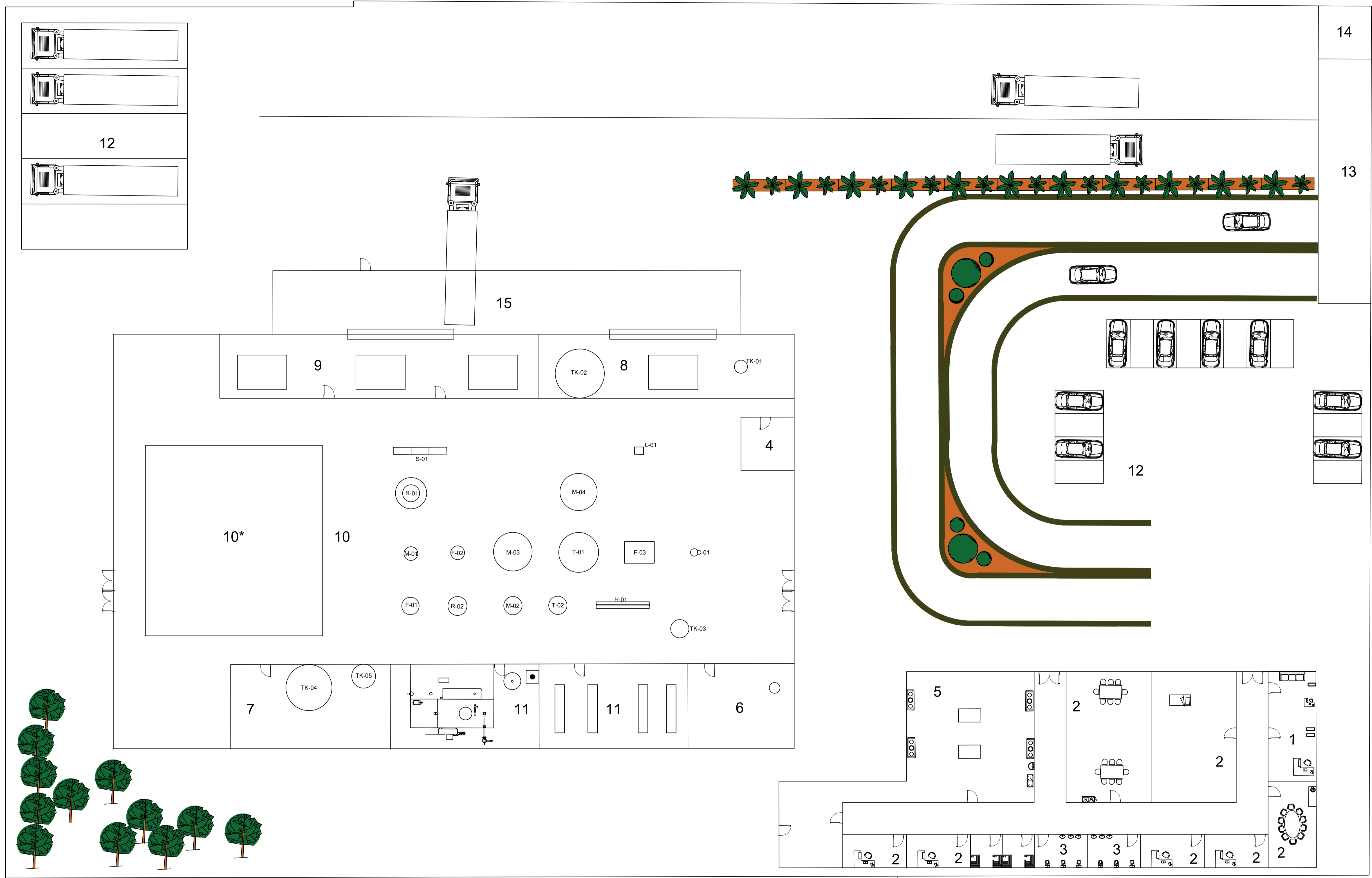
CARRETERAS:	Autopista, Autovía	— 2-3
	Nacional, Autonómica, Provincial	— 1-2, 3-4, 4-5
	Carretera de servicio, Vía de Interés General	— 5-6, 6-7, 7-8
	Estación de servicio, Trazado Fianc.	— 9-10, 10-11
	Carretera de servicio, Vía Verde	— 12-13, 13-14
	Vía verde, Sendero de San Roque	— 15-16, 16-17
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 18-19, 19-20
FERROVIARIAS:	Vía verde, Sendero, Sendero	— 21-22, 22-23
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 24-25, 25-26
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 27-28, 28-29
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 30-31, 31-32
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 33-34, 34-35
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 36-37, 37-38
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 39-40, 40-41
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 42-43, 43-44
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 45-46, 46-47
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 48-49, 49-50
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 51-52, 52-53
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 54-55, 55-56
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 57-58, 58-59
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 60-61, 61-62
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 63-64, 64-65
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 66-67, 67-68
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 69-70, 70-71
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 72-73, 73-74
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 75-76, 76-77
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 78-79, 79-80
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 81-82, 82-83
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 84-85, 85-86
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 87-88, 88-89
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 90-91, 91-92
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 93-94, 94-95
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 96-97, 97-98
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 99-100, 100-101
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 102-103, 103-104
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 105-106, 106-107
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 108-109, 109-110
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 111-112, 112-113
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 114-115, 115-116
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 117-118, 118-119
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 120-121, 121-122
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 123-124, 124-125
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 126-127, 127-128
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 129-130, 130-131
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 132-133, 133-134
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 135-136, 136-137
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 138-139, 139-140
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 141-142, 142-143
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 144-145, 145-146
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 147-148, 148-149
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 150-151, 151-152
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 153-154, 154-155
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 156-157, 157-158
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 159-160, 160-161
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 162-163, 163-164
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 165-166, 166-167
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 168-169, 169-170
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 171-172, 172-173
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 174-175, 175-176
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 177-178, 178-179
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 180-181, 181-182
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 183-184, 184-185
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 186-187, 187-188
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 189-190, 190-191
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 192-193, 193-194
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 195-196, 196-197
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 198-199, 199-200
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 201-202, 202-203
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 204-205, 205-206
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 207-208, 208-209
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 210-211, 211-212
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 213-214, 214-215
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 216-217, 217-218
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 219-220, 220-221
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 222-223, 223-224
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 225-226, 226-227
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 228-229, 229-230
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 231-232, 232-233
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 234-235, 235-236
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 237-238, 238-239
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 240-241, 241-242
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 243-244, 244-245
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 246-247, 247-248
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 249-250, 250-251
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 252-253, 253-254
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 255-256, 256-257
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 258-259, 259-260
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 261-262, 262-263
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 264-265, 265-266
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 267-268, 268-269
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 270-271, 271-272
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 273-274, 274-275
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 276-277, 277-278
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 279-280, 280-281
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 282-283, 283-284
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 285-286, 286-287
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 288-289, 289-290
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 291-292, 292-293
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 294-295, 295-296
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 297-298, 298-299
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 300-301, 301-302
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 303-304, 304-305
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 306-307, 307-308
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 309-310, 310-311
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 312-313, 313-314
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 315-316, 316-317
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 318-319, 319-320
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 321-322, 322-323
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 324-325, 325-326
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 327-328, 328-329
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 330-331, 331-332
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 333-334, 334-335
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 336-337, 337-338
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 339-340, 340-341
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 342-343, 343-344
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 345-346, 346-347
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 348-349, 349-350
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 351-352, 352-353
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 354-355, 355-356
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 357-358, 358-359
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 360-361, 361-362
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 363-364, 364-365
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 366-367, 367-368
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 369-370, 370-371
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 372-373, 373-374
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 375-376, 376-377
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 378-379, 379-380
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 381-382, 382-383
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 384-385, 385-386
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 387-388, 388-389
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 390-391, 391-392
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 393-394, 394-395
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 396-397, 397-398
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 399-400, 400-401
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 402-403, 403-404
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 405-406, 406-407
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 408-409, 409-410
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 411-412, 412-413
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 414-415, 415-416
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 417-418, 418-419
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 420-421, 421-422
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 423-424, 424-425
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 426-427, 427-428
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 429-430, 430-431
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 432-433, 433-434
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 435-436, 436-437
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 438-439, 439-440
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 441-442, 442-443
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 444-445, 445-446
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 447-448, 448-449
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 450-451, 451-452
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 453-454, 454-455
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 456-457, 457-458
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 459-460, 460-461
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 462-463, 463-464
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 465-466, 466-467
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 468-469, 469-470
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 471-472, 472-473
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 474-475, 475-476
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 477-478, 478-479
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 480-481, 481-482
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 483-484, 484-485
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 486-487, 487-488
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 489-490, 490-491
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 492-493, 493-494
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 495-496, 496-497
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 498-499, 499-500
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 501-502, 502-503
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 504-505, 505-506
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 507-508, 508-509
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 510-511, 511-512
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 513-514, 514-515
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 516-517, 517-518
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 519-520, 520-521
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 522-523, 523-524
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 525-526, 526-527
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 528-529, 529-530
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 531-532, 532-533
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 534-535, 535-536
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 537-538, 538-539
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 540-541, 541-542
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 543-544, 544-545
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 546-547, 547-548
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 549-550, 550-551
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 552-553, 553-554
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 555-556, 556-557
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 558-559, 559-560
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 561-562, 562-563
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 564-565, 565-566
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 567-568, 568-569
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 570-571, 571-572
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 573-574, 574-575
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 576-577, 577-578
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 579-580, 580-581
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 582-583, 583-584
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 585-586, 586-587
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 588-589, 589-590
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 591-592, 592-593
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 594-595, 595-596
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 597-598, 598-599
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 600-601, 601-602
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 603-604, 604-605
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 606-607, 607-608
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 609-610, 610-611
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 612-613, 613-614
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 615-616, 616-617
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 618-619, 619-620
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 621-622, 622-623
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 624-625, 625-626
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 627-628, 628-629
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 630-631, 631-632
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 633-634, 634-635
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 636-637, 637-638
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 639-640, 640-641
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 642-643, 643-644
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 645-646, 646-647
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 648-649, 649-650
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 651-652, 652-653
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 654-655, 655-656
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 657-658, 658-659
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 660-661, 661-662
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 663-664, 664-665
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 666-667, 667-668
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 669-670, 670-671
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 672-673, 673-674
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 675-676, 676-677
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 678-679, 679-680
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 681-682, 682-683
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 684-685, 685-686
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 687-688, 688-689
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 690-691, 691-692
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 693-694, 694-695
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 696-697, 697-698
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 699-700, 700-701
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 702-703, 703-704
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 705-706, 706-707
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 708-709, 709-710
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 711-712, 712-713
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 714-715, 715-716
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 717-718, 718-719
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 720-721, 721-722
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 723-724, 724-725
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 726-727, 727-728
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 729-730, 730-731
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 732-733, 733-734
	Vía verde, Sendero, Sendero	— 735-736, 736-737



SIMBOLOGÍA

RECINTOS	LÍNEAS	ATRIBUTOS
Parcelas rústicas	Límites administrativos	016 Polígono
Construcciones sobre rasante	Límite suelo urbano	93985 Manzana
Construcciones bajo rasante	Manzana / Polígono	15 Parcela urbana
Solares y patios	Parcela	33 Parcela rústica
Jardines y zonas deportivas	Construcción/subparcela	-H+VI Construcciones
Piscinas y estanques	Mobiliario urbano	a, b, c Subparcelas
	Hidrografía	5A Nº de policía
	Zona verde	

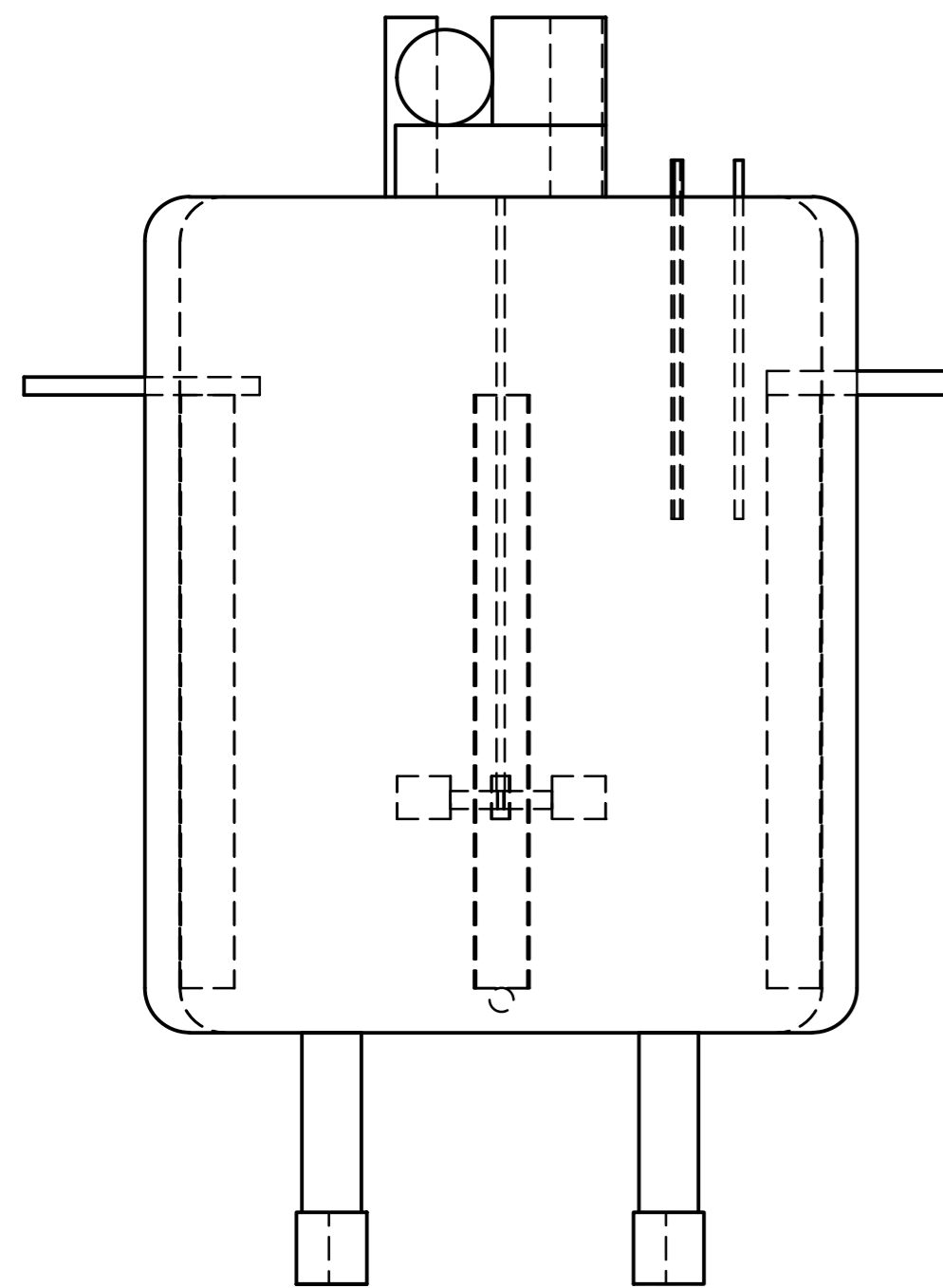
Universidad de Granada	Sello:	Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: 1:2.000
	Firma: Victor Fecha: 15/12/2016	Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-01		Plano: Plano de emplazamiento	
		Número de Plano: 2 de 9	



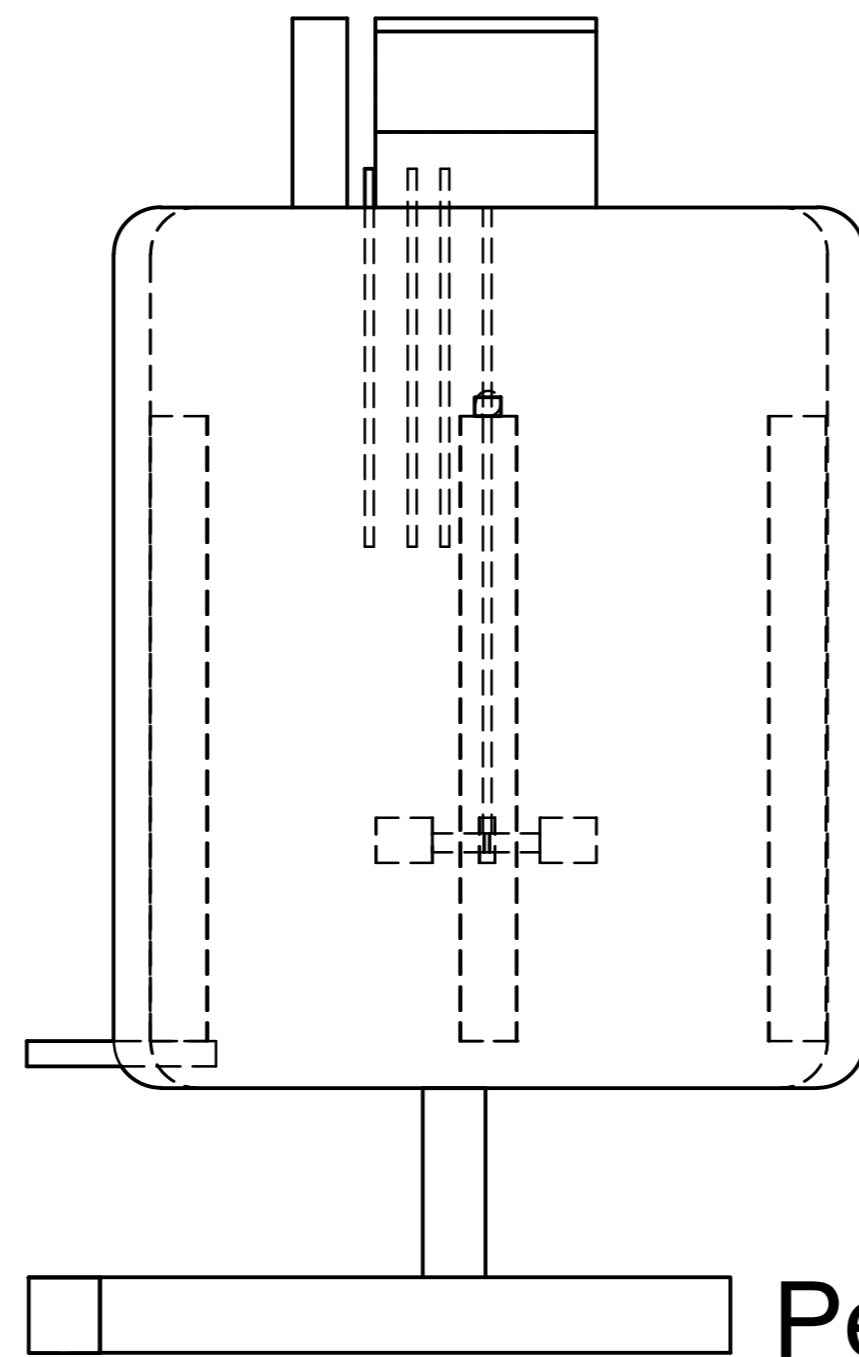
PLAN DE ASIGNACIÓN DE USOS Y SERVICIOS		
Número	Tipo de servicio	Superficie m ²
1	Dirección	45
2	Zona de oficinas y descanso	264
3	Vestuarios / Aseos	48
4	Sala de control	15
5	Investigación	216
6	Mantenimiento y limpieza	80
7	Depuración	120
8	Almacén materias primas	144
9	Almacén de productos	180
10*	Proceso	1.723
11	Servicios Auxiliares	224
12	Aparcamientos	247
13	Entrada/Salida	115
14	Caseta de Vigilancia	15
15	Zona de carga y descarga	252
*	Proceso incluye proceso planta anexa	

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Código	Equipo
S-XX	Secador de Bandejas
R-XX	Reactor
M-XX	Mezclador
F-XX	Filtro
T-XX	Tanque pulmón
C-XX	Columna de destilación
L-XX	Liofilizador
TK-XX	Tanque almacenamiento
H-XX	Intercambiador de calor

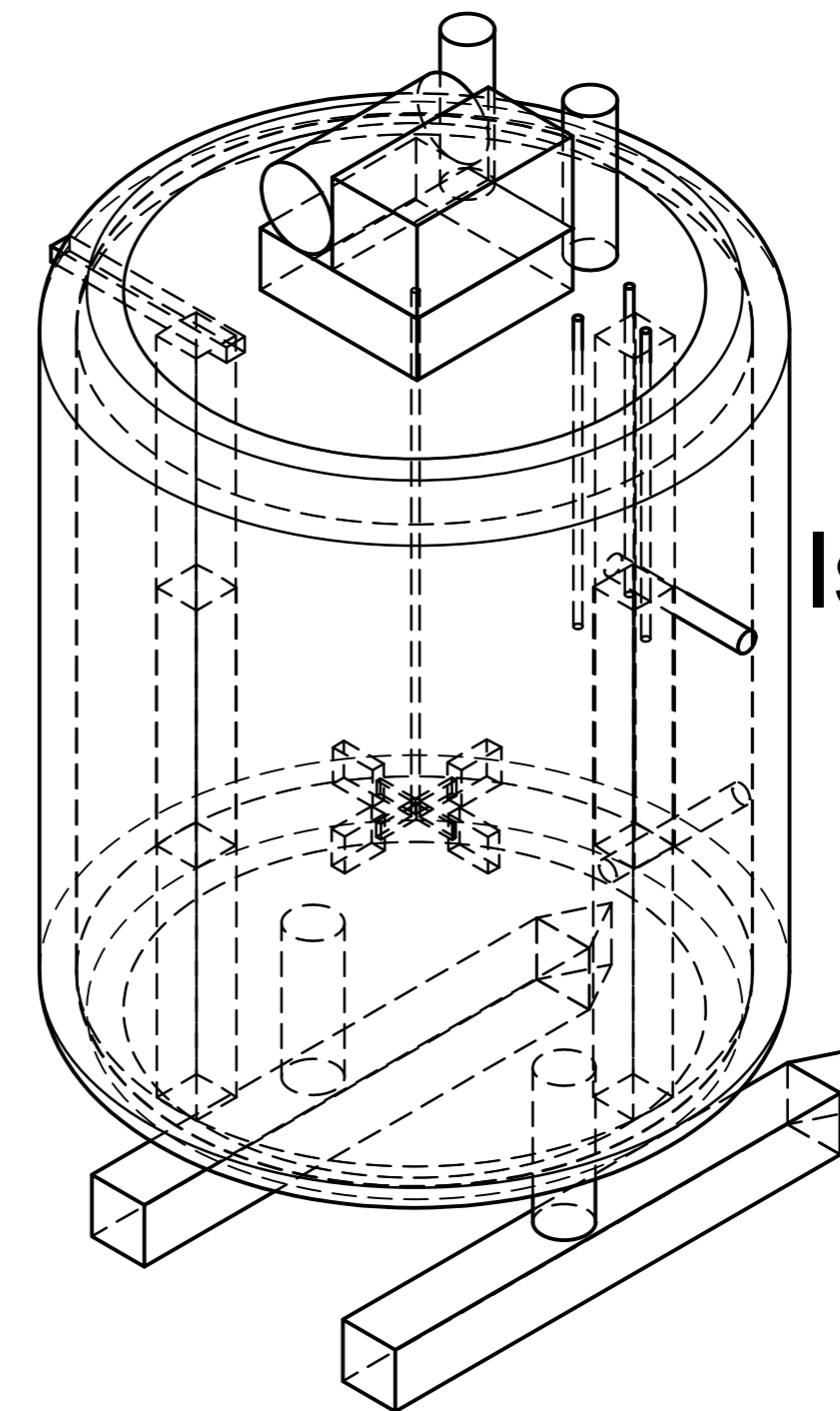
	Sello:		Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: 1:200
	Firma: Victor	Fecha: 15/12/2016	Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA	
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010			Plano: Distribución en Planta	
			Número de Plano: 3 de 9	



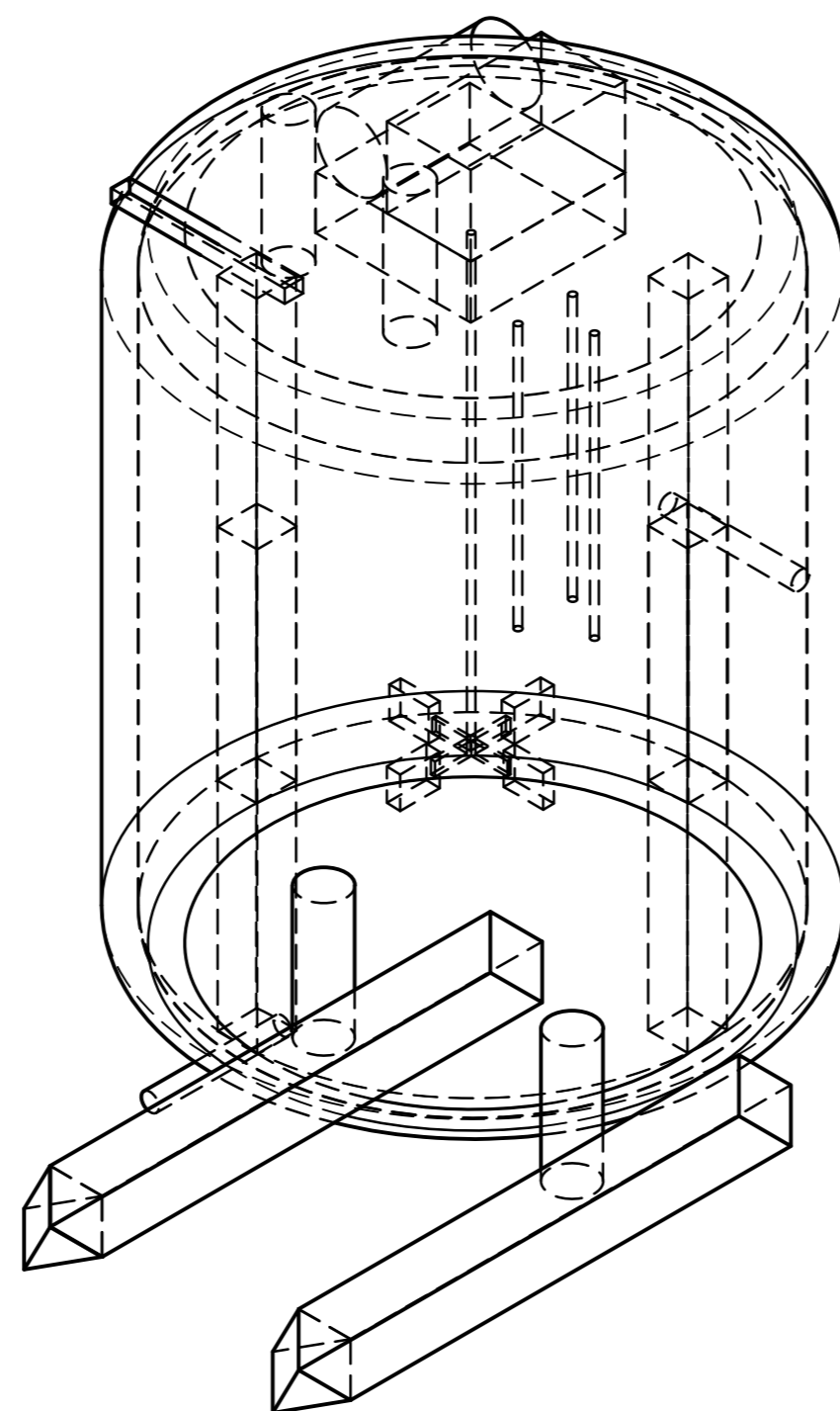
Alzado



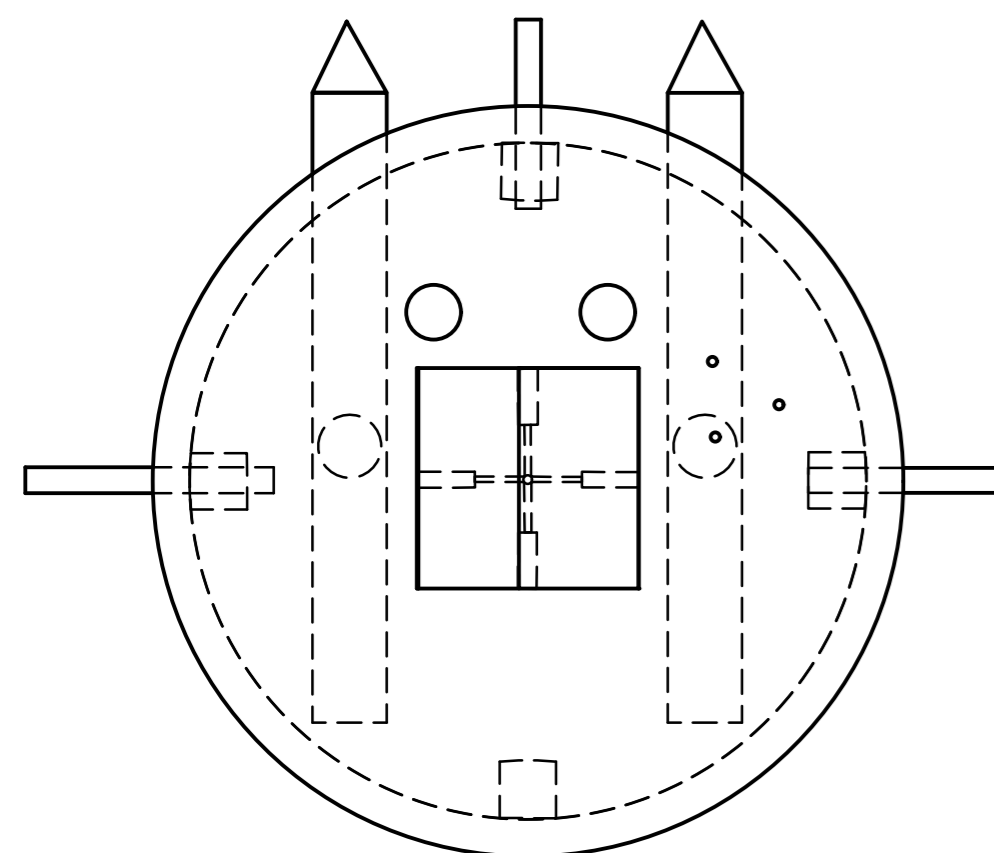
Perfil



Isométrica NE



Isométrica SO



Planta

Reactor enzimático


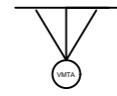

$D_{int}=1,788 \text{ m}$

$D_{ext}=1,791 \text{ m}$

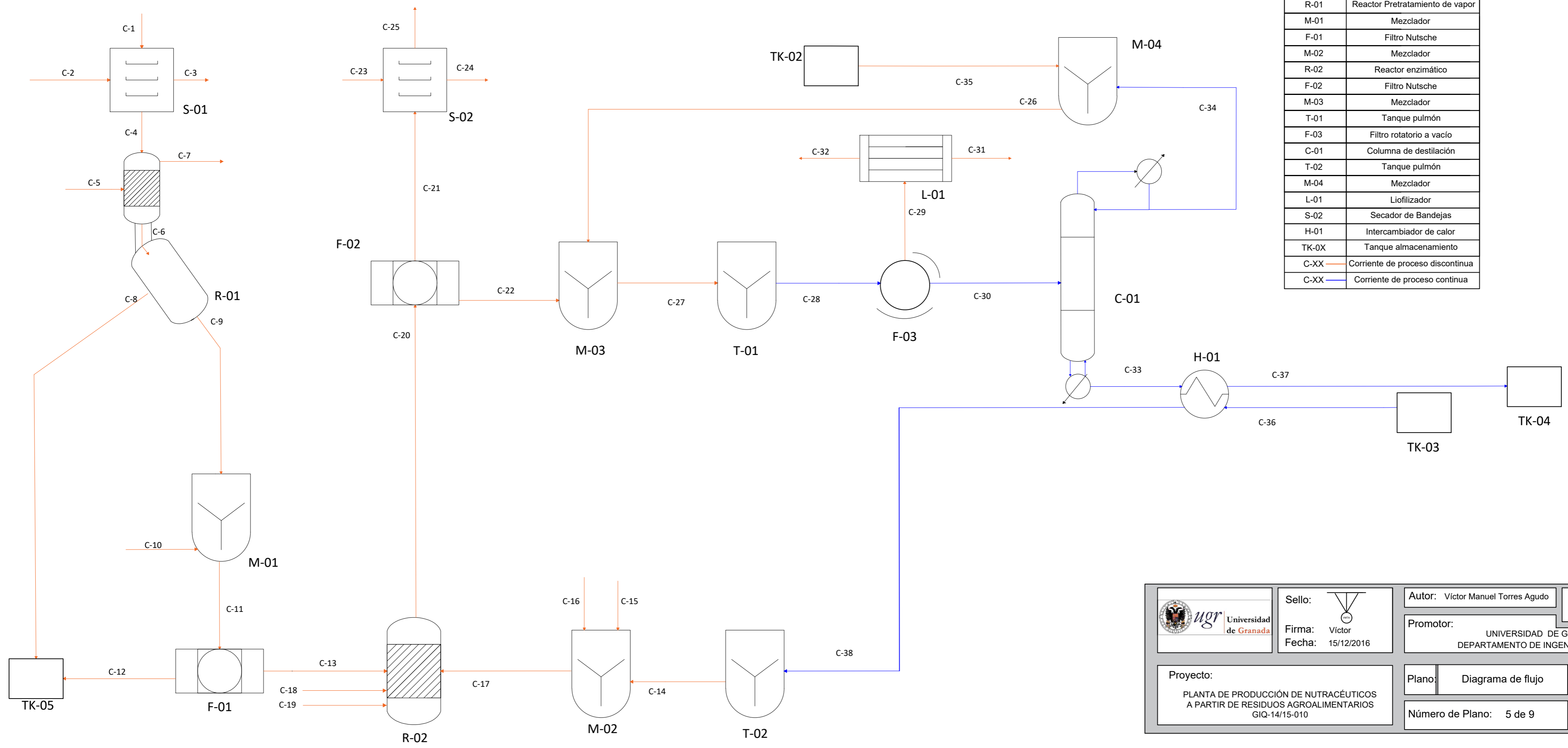
Aislante espesor=9,6 cm

AISI 304

$P_{diseño}=1,355 \text{ bar}$

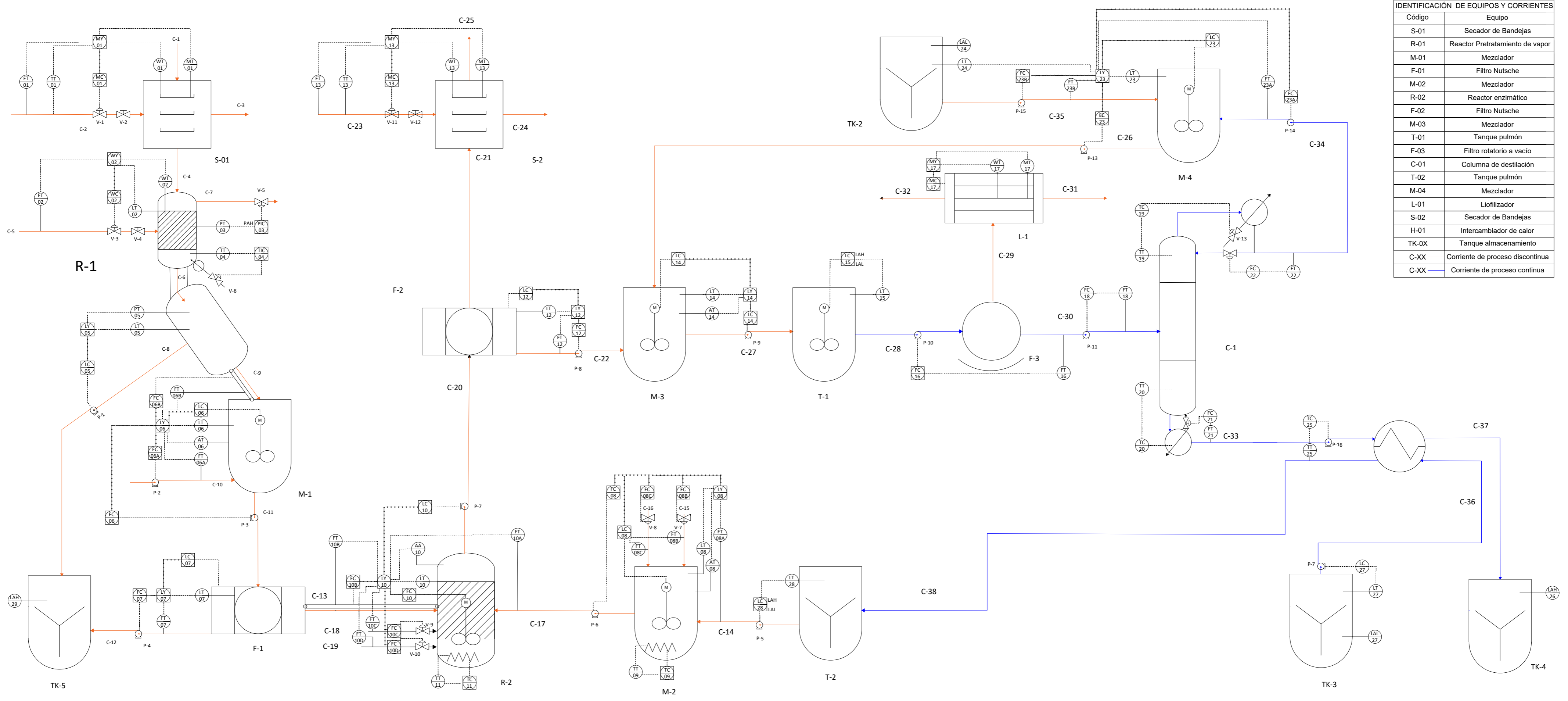
	Sello:		Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: 1:20
	Firma: Victor		Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010		Fecha: 15/12/2016	Plano: Plano detallado del equipo	
			Número de Plano: 4 de 9	

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18	C-19	C-20	C-21	C-22	C-23	C-24	C-25	C-26	C-27	C-28	C-29	C-30	C-31	C-32	C-33	C-34	C-35	C-36	C-37	C-38
Caudal Total (Kg/día),m	500	489,09	711,31	277,78	38,49	316,01	0,26	60,62	255,4	1.200,00	1.460,85	1.210,56	250,29	3.932,80	40,99	1,44	3.975,23	2,55	0,05	4.228,12	243,9	3.984,23	165,68	199,28	210,3	25.889,55	29.873,77	29.873,77	24.584	29.849,19	3,019	21,57	8.056,94	21.792,25	4.097,30	3.932,80	8.056,40	3.932,80
T (°C)	20	95	40	35	233,89	190	233,89	99,62	99,62	20	26,3	26,3	60	20	20	60	20	20	60	20	60	95	40	80	60	60	60	60	60	12	12	81,72	78,35	42	20	53,94	60	
P (bar)	1	1	1	1	30	30	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caudal Poso seco (Kg/día), m1	250	-	-	250	-	250	-	16,43	233,58	-	233,58	1,83	231,75	3.932,80	-	-	3.932,80	-	-	231,75	206,06	25,69	-	-	206,06	-	25,69	25,69	20,487	5,203	-	20,49	5,2	-	-	-	5,2	-
Caudal Agua (Kg/día), m2	250	3,91	226,13	27,78	-	66,01	-	27,28	27,28	1.200,00	1.227,28	1.208,74	18,54	-	-	-	-	-	-	3.951,34	37,84	3.913,50	1,33	34,92	4,21	3.365,64	7.279,14	7.279,14	2,0487	7.277,09	1,509	0,539	4.235,10	3.057,78	307,86	3.932,80	4.235,10	3.932,80
Caudal Aire seco (Kg/día) m3	-	485,18	485,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164,36	164,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caudal vapor saturado (Kg/día) m4	-	-	-	-	38,49	-	0,26	11,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caudal de ácido cítrico(Kg/día), m5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	-	41	-	-	41	-	41	-	-	-	-	40,995	40,995	-	40,995	-	-	40,995	-	-	-	-	-
Caudal de citrato sódico (Kg/día), m6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,44	1,44	-	-	1,44	-	1,44	-	-	-	-	1,44	1,44	-	1,44	-	-	1,44	-	-	-	1,44	-
Caudal mananasa, (Kg/día), m7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28	-	1,28	-	1,28	-	-	-	-	1,28	1,28	-	1,28	-	-	1,28	-	-	-	1,28	-
Caudal de celulasa (Kg/día), m8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,28	-	1,28	-	1,28	-	-	-	-	1,28	1,28	-	1,28	-	-	1,28	-	-	-	1,28	-
Caudal de azida (Kg/día),m9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-	0,05	-	-	-	-	0,05	0,05	-	0,05	-	-	0,05	-	-	-	0,05	-
Caudal etanol, (Kg/día),m10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.523,91	22.523,91	22.523,91	2,0487	22.521,86	1,509	0,539	3.788,31	18.734,47	3.789,44	-	3.788,31	-



IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y CORRIENTES	
Código	Equipo
S-01	Secador de Bandejas
R-01	Reactor Pretratamiento de vapor
M-01	Mezclador
F-01	Filtro Nutsche
M-02	Mezclador
R-02	Reactor enzimático
F-02	Filtro Nutsche
M-03	Mezclador
T-01	Tanque pulmón
F-03	Filtro rotatorio a vacío
C-01	Columna de destilación
T-02	Tanque pulmón
M-04	Mezclador
L-01	Liofilizador
S-02	Secador de Bandejas
H-01	Intercambiador de calor
TK-0X	Tanque almacenamiento
C-XX	Corriente de proceso discontinua
C-XX	Corriente de proceso continua

	Sello:	Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: S/E
	Firma: Victor Fecha: 15/12/2016	Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010		Plano: Diagrama de flujo	
		Número de Plano: 5 de 9	



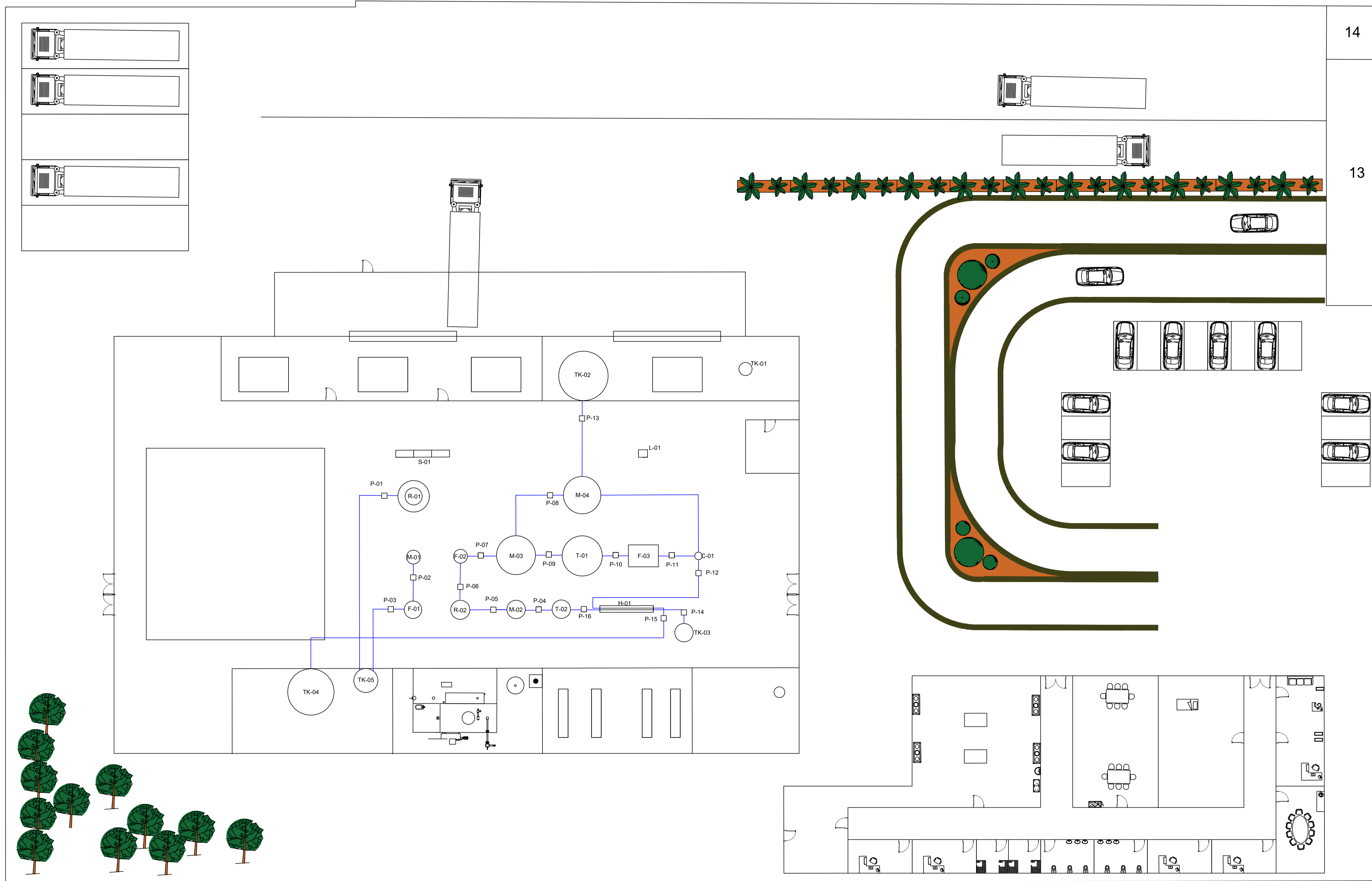
Código	Equipo
S-01	Secador de Bandejas
R-01	Reactor Pretratamiento de vapor
M-01	Mezclador
F-01	Filtro Nutsche
M-02	Mezclador
R-02	Reactor enzimático
F-02	Filtro Nutsche
M-03	Mezclador
T-01	Tanque pulmón
F-03	Filtro rotatorio a vacío
C-01	Columna de destilación
T-02	Tanque pulmón
M-04	Mezclador
L-01	Liofilizador
S-02	Secador de Bandejas
H-01	Intercambiador de calor
TK-0X	Tanque almacenamiento
C-XX	Corriente de proceso discontinua
C-XX	Corriente de proceso continua

IDENTIFICACIÓN Y TIPO DE LAZO					
	Sensor transmisor de humedad		Controlador de humedad		Microprocesador de humedad
	Sensor transmisor de peso		Controlador de peso	Siendo X la variable dominante del lazo	
	Sensor transmisor de caudal		Controlador de caudal		
	Sensor transmisor de temperatura		Controlador de temperatura		
	Sensor transmisor de peso		Controlador de peso		
	Sensor transmisor de análisis		Controlador de análisis		
Se adiciona una letra si coincide un lazo con la misma identificación, es decir XXX, XXXB ...				Identificación del lazo	

	Contacto directo
	Señal eléctrica
	Señal software
	Válvula automática
	Válvula manual
	Bomba (P-XX)

	Sello: Firma: Víctor Fecha: 15/12/2016	Autor: Víctor Manuel Torres Agudo Escala: S/E
	Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	Plano: Instrumentación y control Número de Plano: 6 de 9
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010		



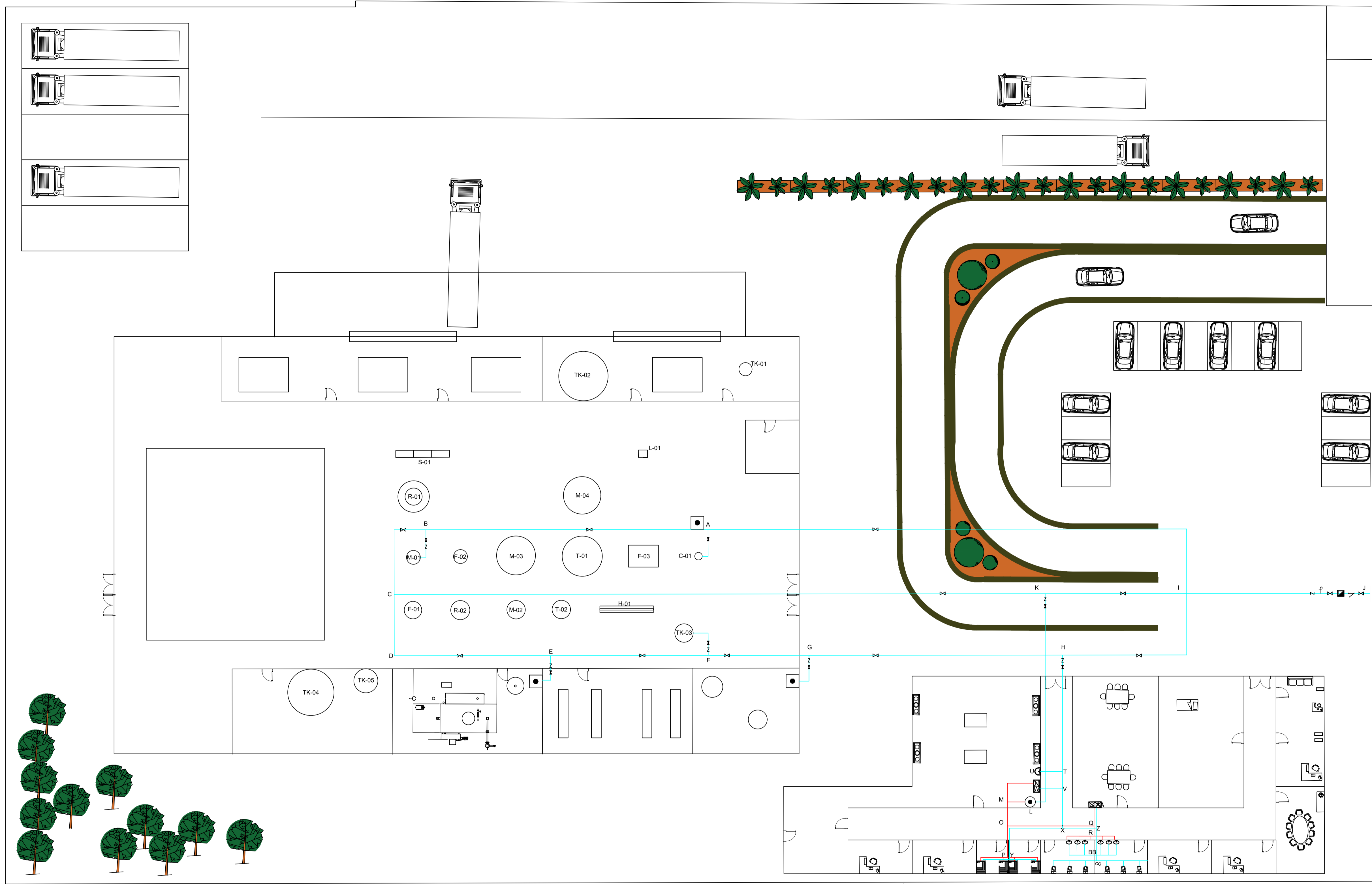


Descripción de tuberías		
Tuberías de acero cédula 40	Diámetro Ext (mm)	Espesor (mm)
R-01/TK-5	13,7	2,24
M-01/ F-01	33,4	3,38
F-01/TK-5	17,1	2,31
T-02/M-02	33,4	3,38
M-02/R-02	33,4	3,38
R-02/F-02	33,4	3,38
F-02/M-03	21,3	2,77
M-04/M-03	60,3	3,91
M-03/T-01	60,3	3,91
T-01/F-03	26,7	2,87
F-03/C-01	26,7	2,87
C1/ H-01	17,1	2,31
C1/M-04	33,4	3,38
TK-2/M-04	42,2	3,56
TK-3/H-01	13,7	2,24
H-01/ TK-4	21,3	2,77
H-01/ T-02	13,7	2,24

Características de la bomba			
Equipos	Modelo de Bomba	Diámetro de rodete, mm	Numeración
R01/TK-5	125x100CNGA 5 3.6	189	P-01
M-01/ F-01	32X32FSS2FC 5. 37	102	P-02
F-01/TK-5	FH4A 80-160-5 1.5	145	P-03
T-02/M-02	32X32FSS2FC 5. 37	102	P-04
M-02/R-02	32X32FSS2FC 5. 37	102	P-05
R-02/F-02	LPCD440-125/0.25	125	P-06
F-02/M-03	32X32 FSS2FC 5. 37	102	P-07
M-04/M-03	65x50 FSS2EC 5 1.5	102	P-08
M-03/T-01	LPCD465-160/0.75	160	P-09
T-01/F-03	32X32 FSS2FC 5. 37	102	P-10
F-03/C-01	EVMS34N5Q1BEGE/0.37	79	P-11
C1/ H-01	FH4A 80-160-5 1.5	169	P-12
TK-2/M-04	LPC440-160/0.37	160	P-13
TK-3/H-01	FH4A 80-160-5 1.5	145	P-14
H-01/ TK-4	125x100 CNGA 5 3.7	178	P-15
H-01/ T-02	FH4A 80-160-5 1.5	145	P-16

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Código	Equipo
S-XX	Secador de Bandejas
R-XX	Reactor
M-XX	Mezclador
F-XX	Filtro
T-XX	Tanque pulmón
C-XX	Columna de destilación
L-XX	Liofilizador
H-XX	Intercambiador de calor
TK-XX	Tanque almacenamiento
P-XX	Bomba

	Sello:		Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: 1:200
	Firma: Victor		Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	
Fecha: 15/12/2016		Plano: Tuberías y bombas de proceso		
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010		Número de Plano: 7 de 9		



IDENTIFICACIÓN DE ABASTECIMIENTO	
Identificación	Descripción
	Arteria principal
	Llave de paso
	Filtro
	Contador general
	Grifo de Comprobación
	Válvula de retención
	Llave de paso con grifo de vaciado
	Deposito acumulador
	Calentador
	Agua caliente
	Agua fría

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	
Código	Equipo
S-XX	Secador de Bandejas
R-XX	Reactor
M-XX	Mezclador
F-XX	Filtro
T-XX	Tanque pulmón
C-XX	Columna de destilación
L-XX	Liofilizador
TK-XX	Tanque almacenamiento
H-XX	Intercambiador

Material PVC			Polipropileno		
TRAMO	D ext, mm	espesor, mm	TRAMO	D ext, mm	espesor, mm
A-B	40	1,8	M-N	20	3,4
B-C	40	1,8	R-lavabos	20	3,4
C-D	40	1,8	Q-S	20	3,4
D-E	40	1,8	P-duchas	20	3,4
E-F	40	1,8	L-M	50	4,3
F-G	40	1,8	M-O	50	4,3
G-H	40	1,8	O-P	50	4,3
H-I	50	1,8	O-Q	50	4,3
I-J	50	1,8	Q-R	50	4,3
CC-inodoros	16	1,8			
BB-lavabos	16	1,8			
Z-AA	16	1,8			
Y-duchas	16	1,8			
V-W	16	1,8			
T-U	16	1,8			
H-T	63	1,9			
T-V	63	1,9			
V-X	63	1,9			
X-Y	63	1,9			
X-Z	63	1,9			
Z-BB	63	1,9			

	Sello:	Autor: Victor Manuel Torres Agudo	Escala: 1:200
	Firma: Victor Fecha: 15/12/2016	Promotor: UNIVERSIDAD DE GRANADA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA.	
Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE NUTRACÉUTICOS A PARTIR DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS GIQ-14/15-010		Plano: Plano de abastecimiento y fontanería	Número de Plano: 8 de 9

