

1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE MAQUINARIA. BALANCE DE MATERIA

1.1. OBJETO

En este anexo se dan a conocer los datos necesarios para el dimensionamiento de la maquinaria que se incluye en la almazara. Para ello se tendrán en cuenta valores de diseño en función de la máquina, horas de funcionamiento y cualquier otro aspecto que pueda influir en el rendimiento del equipo.

Se incluye el balance de materia del proceso según las etapas representadas en el diagrama de proceso (*Plano nº12*), haciendo referencia a valores medios de flujo de materia.

A partir de los datos contenidos en el balance de materia se va a dimensionar:

- Líneas de maquinaria de recepción, limpieza y almacenamiento previo del fruto
- Líneas de maquinaria de extracción de aceite: principales y repaso
- Capacidad de la bodega de almacenamiento de aceite
- Equipos de tratamiento de subproductos
- Equipos de filtración y envasado
- Equipos para tratamiento de aguas sucias: desarenador, desengrasador y depósito de agua sucia

1.2. DATOS DE PARTIDA

Se va a diseñar una instalación para procesar 7.000 toneladas de aceituna por campaña, cuya duración se estima en 60 días hábiles, siendo la entrada media de aceituna por día:

$$\frac{7.000 \text{ t}}{60 \text{ días}} = 116,67 \frac{\text{t aceituna}}{\text{día medio}}$$

La campaña de recolección de aceituna no es uniforme ya que unos agricultores empiezan la recolección antes que otros, concentrándose la mayor entrada de aceituna en el mes de diciembre. Se estima que en estos días de mayor recepción de aceituna se producen incrementos del 60% de entrada de aceituna sobre la media.

$$\frac{7.000 \text{ t}}{60 \text{ días}} * 1,6 = 186,67 \frac{\text{t aceituna}}{\text{día pico}}$$

Se estima que la aceituna del campo que entra en los remolques o camiones tendrá de media una suciedad del 10%, entre hojas, ramas, piedras y tierra o barro.

Este es un dato que afecta al dimensionamiento de las líneas de recepción de aceituna que tendrán que procesar:

$$116,67 * 1,1 = 128,34 \frac{t \text{ aceituna bruta}}{\text{día medio}}$$

y,

$$186,67 * 1,1 = 205,34 \frac{t \text{ aceituna bruta}}{\text{día pico}}$$

La aceituna está formada por diferentes componentes en la siguiente proporción en porcentaje (p/p) de aceituna neta:

- Aceite: 23%
- Agua de vegetación: 55%
- Hueso: 10%
- Tejidos vegetales y pulpa: 12%

La suciedad media que viene con la aceituna desde el campo tiene una composición estimada en porcentaje (p/p) de aceituna neta:

- Hojas y ramas finas: 4%
- Piedras: 2%
- Ramas gruesas: 2%
- Arena: 2%

Todos estos valores porcentuales son estimaciones medias. La composición de la aceituna varía con el estado de maduración y climatología. En la composición de la suciedad que viene con la aceituna afecta directamente el sistema de recolección empleado, e incluso la climatología. Temporales de lluvia y viento pueden derribar aceituna que estaba destinada a ser recogida directamente del árbol y al ser recogida del suelo el porcentaje de suciedad es mayor.

1.3. BALANCE DE MATERIA

En la almazara existen dos zonas de trabajo con horarios diferentes. Es por ello que el balance de materia se representa en dos partes. Una primera referida a las etapas de recepción, limpieza y almacenamiento del fruto, y una segunda parte haciendo referencia a las etapas de extracción de aceite, bodega y envasado.

Se han tomado datos iniciales referidos a un día de intensidad media de trabajo. Durante la campaña de trabajo existirán días con mayor intensidad de trabajo cuando la campaña de recolección concentra a los agricultores que comenzaron antes y a los que comenzaron después. Como se ha comentado anteriormente, se estima un aumento del 60% de entrada de aceituna respecto a

la media en los días de máxima producción, valores máximos que serán tomados como datos de diseño en los cálculos.

La numeración de las etapas en el balance de materia corresponde con la representada en el *plano nº12* del diagrama de flujo de proceso.

1.3.1. ETAPAS DE RECEPCIÓN, LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DEL FRUTO

Aunque podrán existir entradas de aceituna en otras horas del día, la mayoría de aceituna recibida será entre las 15:00 y las 20:00 pm.

En la siguiente tabla se muestran los datos de partida del proceso en su fase inicial. Etapas 1 a 12A.

DATOS INICIALES	
Cantidad entrada bruta de aceituna (t/día)	128,33
Cantidad entrada neta de aceituna (t/día)	116,67
Nº horas trabajo en el patio	5
Cantidad entrada bruta de aceituna (t/h)	25,67
Cantidad de entrada neta de aceituna (t/h)	23,33
Agua necesaria en lavadora (m ³ /t aceituna)	0,05
Cantidad de agua en limpieza de patios (m ³ /t de aceituna)	0,03

Tabla A1.1. Datos iniciales balance materia zona patio.

	ENTRA- DAS
	SALIDAS

	ETAPA N°												
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>12A</u>
PRODUCTO	<u>Aceituna en bruto</u>	<u>Aceituna en bruto</u>	<u>Aceituna limpia</u>	<u>Aceituna limpia</u>	<u>Agua</u>	<u>Residuo</u>	<u>Residuo</u>	<u>Residuo</u>	<u>Agua de lavado y arena</u>	<u>Agua sucias</u>	<u>Arena</u>	<u>Agua</u>	<u>Agua sucias</u>
Agua vegetación (t/h)	12,83	12,83	12,83	12,83									
Aceite (t/h)	5,37	5,37	5,37	5,37									
Hueso (t/h)	2,33	2,33	2,33	2,33									
Tejido vegetal-pulpa (t/h)	2,80	2,80	2,80	2,80									
Hojas y ramas finas (t/h)	0,93	0,93				0,93							
Piedras (t/h)	0,47	0,47					0,47						
Ramas gruesas (t/h)	0,47	0,47						0,47					
Arena (t/h)	0,47	0,47							0,47	0,47	0,47		
Agua (m³/h)					1,17				1,17	1,87		0,7	1,87
Flujo de materia (t/h)	25,67	25,67	23,33	23,33	1,17	0,93	0,47	0,47	1,63	2,33	0,47	0,70	1,87
Flujo de materia (m³/h)	51,33	51,33	33,33	33,33	1,17	4,67	0,22	0,55	1,42	2,12	0,25	0,70	1,87
Densidad (t/m³)	0,50	0,50	0,70	0,70	1,00	0,20	2,10	0,85	1,15	1,15	1,84	1,00	1,00
Presión de funcionamiento (bar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Tabla A1.2. Balance materia zona patio.

1.3.2. ETAPAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE, BODEGA Y ENVASADO

En esta fase del proceso el balance de materia se ha estimado para un funcionamiento de 24 h/día. La tabla siguiente muestra los datos de partida para el balance de materia en esta fase (etapas 13 a 35).

DATOS INICIALES	
Nº de horas de trabajo	24
Cantidad media de aceituna a procesar (t/día)	116,67
Cantidad media de aceituna a procesar (t/h)	4,86
% microtalco natural introducido en termobatidora por t de aceituna	1
Cantidad de agua incorporada previa al decánter (m ³ /t de aceituna)	0,05
Cantidad de agua en limpieza de naves m ³ /t de aceituna	0,02
Cantidad de agua introducida en centrífugas verticales en m ³ /t de aceituna	0,08
Cantidad de aceite perdido en centrífugas verticales en % de aceite a la entrada	1
% graso máximo alperoujo (sobre la masa calentada)	2,5
% graso máximo alperoujo de repaso	1,4
% aceite envasado	25
% agua en la salida del decánter (90% agua vegetación y 10% agua)	2
% sólidos en la salida del decánter (47% hueso y 53% pulpa y tejido vegetal)	0,6
% hueso neto extraído en deshuesadora (en función a aceituna neta)	10
Consumo de hueso en la caldera (kg/h)	94,94
Consumo de aire de la caldera (kg/h)	711,29
Cenizas producidas (%hueso consumido)	1,5
Humedad máxima del hueso (%hueso consumido)	10

Tabla A1.3. Datos iniciales balance materia zona molino, bodega y envasado.

	ENTRADAS
	SALIDAS

	ETAPA N°											
	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>
PRODUCTO	<u>Aceituna</u>	<u>Pasta de aceituna</u>	<u>Talco</u>	<u>Pasta de aceituna</u>	<u>Alpeorujo</u>	<u>Aceite con impurezas</u>	<u>Aceite virgen</u>	<u>Alpeorujo</u>	<u>Alpeorujo repaso</u>	<u>Aceite de calidad inferior</u>	<u>Hueso</u>	<u>Hueso cal- dera</u>
Agua vegetación (t/h)	2,67	2,67		2,67	2,66	0,02		2,66	2,66			
Aceite (t/h)	1,12	1,12		1,12	0,12	1,00	0,99	0,12	0,07	0,05		
Hueso (t/h)	0,49	0,49		0,49	0,48	0,00		0,48	0,48		0,49	0,0854
Tejido vegetal - pulpa (t/h)	0,58	0,58		0,58	0,58	0,00		0,58	0,58			
Agua (m3/h)				0,24	0,24	0,00		0,24	0,24			0,00949
Talco (t/h)			0,05	0,05	0,05			0,05	0,05			
Aire (t/h)												
Flujo de materia (t/h)	4,86	4,86	0,05	5,15	4,13	1,02	0,99	4,13	4,08	0,05	0,49	0,0949
Flujo de materia (m³/h)	6,94	4,42	0,02	4,68	3,44	1,12	1,08	3,44	3,40	0,06	0,61	0,12
Temperatura (°C)	10	10		28	28	28	28	50	50			
Densidad (t/m³)	0,70	1,10	2,70	1,10	1,20	0,92	0,92	1,20	1,20	0,92	0,80	0,80
Presión de funcionamiento (bar)	-	5	-	5	5	3	3	5	5	3	-	-

Tabla A1.4. Balance de materia etapas 13-24.

	ETAPA N°														
	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>	<u>33</u>	<u>34</u>	<u>35</u>	<u>36</u>	<u>37</u>	<u>38</u>	<u>39</u>
PRODUCTO	<u>Hueso venta</u>	<u>Orujo</u>	<u>Aguas sucias</u>	<u>Aceite virgen</u>	<u>Aceite granel</u>	<u>Aceite envasado</u>	<u>Agua caliente</u>	<u>Agua caliente</u>	<u>Agua</u>	<u>Aguas sucias (Limpieza Nav- ves)</u>	<u>Aguas sucias</u>	<u>Aire</u>	<u>Cenizas</u>	<u>Gases combustión + Cenizas volátiles</u>	<u>Agua condensada</u>
Agua vegetación (t/h)		2,66	0,02								0,02				
Aceite (t/h)		0,07	0,01	0,99	0,79	0,25					0,01				
Hueso (t/h)	0,400 4	0,00	0,00								0,00				
Tejido vegetal - pulpa (t/h)		0,58	0,00								0,00				
Agua (m³/h)	0,04	0,192 5	0,39				0,24	0,39	0,63	0,10	0,49				0,00949
Talco (t/h)		0,05													
Aire (t/h)												0,711		0,711	
Cenizas (t/h)													0,0013	0,094	
Flujo de materia (t/h)	0,44	3,54	0,42	0,99	0,79	0,25	0,24	0,39	0,63	0,10	0,52	0,711	0,0013	0,8049	0,00949
Flujo de materia (m³/h)	0,55	2,95	0,42	1,08	0,87	0,27	0,24	0,39	0,63	0,10	0,52	592,7 4	0,0013	670,75	0,00949
Temperatura (°C)												20		180	
Densidad (t/m³)	0,80	1,20	1,00	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	1	1	1,00	0,001 2	1	0,0012	1
Presión de funcionamiento (bar)	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-	5	-

Tabla A1.5. Balance de materia etapas 25-39.

A continuación se indica una tabla resumen del balance de materia indicando los productos que entran y salen del proceso.

	<u>ENTRADAS</u>		<u>SALIDAS</u>		
PRODUCTOS	Por día	Total campaña	Por día	Total campaña	PRODUCTO
Aceituna (t)	116,67	7.000,00	24,96	1.497,65	Aceite (t)
Hojas y ramas finas (t)	4,67	280,00	85,09	5.105,14	Orujo (t)
Piedras (t)	2,33	140,00	10,48	628,84	Hueso (t)
Ramas gruesas (t)	2,33	140,00	19,32	1.159,10	Gases combustión (t)
Arena (t)	2,33	140,00	21,86	1.311,66	Agua sucias (t)
Talco (t)	1,17	70,00	0,03	1,87	Cenizas (t)
Agua (m3/h)	26,83	1.610,00	4,67	280,00	Hojas y ramas finas (t)
Aire (t)	17,07	1.024,26	2,33	140,00	Piedras (t)
			2,33	140,00	Ramas gruesas (t)
			2,33	140,00	Arena (t)
		10.404,26		10.404,26	

Tabla A1.6. Resumen Balance de materia.

1.4. LÍNEAS DE RECEPCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL FRUTO

La almazara, por requisito del promotor, deberá contar con al menos 2 líneas de recepción (L1 y L2) de aceituna de campo para tener flexibilidad a la hora de clasificar la aceituna, tanto por criterios calidad como de variedad.

Para dimensionar la capacidad de las líneas se toman como datos de diseño la entrada de aceituna bruta en los días de máxima producción.

La mayor parte de la entrada de aceituna se concentra en un tramo de 5 horas al día (15:00-20:00), resultando en los días de entrada máxima:

$$\frac{205,34 \frac{t \text{ aceituna bruta}}{\text{día pico}}}{5 \text{ horas}} = 41,07 \frac{t \text{ aceituna bruta}}{\text{hora}}$$

Este dato indica que la capacidad mínima necesaria para cada una de las líneas es de **20,535 t/h.**

Los equipos que componen las líneas de recepción son:

- Tolva de recepción: recibe aceituna en bruto de los remolques/camiones. Una por línea.

- Cintas transportadoras: para el transporte del material entre los equipos y para dar salida a los residuos. Se dispondrán varias en cada línea y algunas comunes a ambas líneas.
- Equipo compacto de limpieza y lavado: un equipo por cada línea.
- Equipo de pesaje: un equipo por cada línea
- Tolvas de almacenamiento previo: tolvas destinadas a almacenar la aceituna limpia previamente a ser molturada. Todas las tolvas serán accesibles desde cada una de las líneas mediante combinación de cintas transportadoras.

Dentro de la línea de recepción la máquina que condiciona la capacidad total de la línea es la limpiadora-lavadora. En el mercado existen máquinas de diferentes capacidades de trabajo (6, 20, 35, 50 y 120 t/h), en condiciones continuas de funcionamiento.

A priori, sería necesario instalar dos líneas de 35 t/h pero se ha optado por la instalación de dos líneas de 50 t/h por los siguientes motivos:

- La entrada de aceituna se produce en vehículos que van desde 1 t de aceituna hasta 25 t, lo que provoca que cuando se producen entradas de vehículos de poco tonelaje el rendimiento neto de la línea disminuye drásticamente debido a los tiempos muertos producidos porque hay que esperar a que toda la aceituna llegue a la tolva de almacenamiento antes de iniciar la siguiente descarga.
- Cuando la climatología es adversa, la aceituna procedente de suelo, que se clasifica independiente de la de vuelo, suele llegar con gran cantidad de barro adherido a la aceituna ralentizando considerablemente el tiempo de lavado y, por tanto, bajando el rendimiento del equipo de limpieza-lavado.

Los otros elementos a dimensionar su capacidad son las tolvas de almacenamiento. Como se ha indicado la entrada máxima de aceituna una vez limpiada es de 186,67 t/día. El tiempo máximo que puede permanecer la aceituna en las tolvas es de 24 horas por exigencias del sistema de Producción Integrada.

Para evitar el atrojamiento de la aceituna se opta por colocar tolvas de 40 t de capacidad.

$$\frac{186,67 \frac{t}{día}}{40 \frac{t}{tolva}} = 4,67 \approx 5 \text{ tolvas}$$

Pero como ya se ha indicado con anterioridad, se necesita flexibilidad en la clasificación de la aceituna por variedades y calidad. Por tanto se dispondrá una batería de 8 tolvas de almacenamiento con una capacidad de 40 t cada una que permitirá dejar sin llenar al máximo las tolvas que reciben las aceitunas de mejor calidad. Además este exceso de capacidad en tolvas hará de colchón en caso de avería en la maquinaria de las siguientes etapas del proceso.

El cálculo de los elementos de cintas transportadoras se realiza en el anexo 6.

1.5. LÍNEAS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

Se instalan diferentes líneas de extracción en función del tipo de aceite que se va a obtener en cada una. Considerando líneas principales aquellas destinadas a la obtención de aceites de oliva vírgenes y línea de repaso la destinada a obtener un aceite de calidad inferior (no comestible tal y como se obtiene del proceso).

Para el transporte de la aceituna limpia desde las tolvas hasta las líneas principales de extracción se utilizan transportadores sinfín, combinándolos de manera que desde cada tolva se puede acceder a la línea que se considere. Los transportadores sinfines son objeto de cálculo en el anexo 7.

1.5.1. LÍNEAS PRINCIPALES

A diferencia de las líneas de recepción el dato de diseño es la cantidad de aceituna limpia almacenada en las tolvas en un día. El período de trabajo es de 24 horas, ya que se trata de un proceso continuo.

Se parte del dato de entrada de aceituna neta máxima por día 186,67 t/día, y se van a elegir dos líneas de extracción (LE1 y LE2) de 100 t/24h de capacidad de trabajo. Al igual que ocurría con las líneas de limpieza, el promotor exige la instalación de dos líneas de extracción de aceite como mínimo por los mismos criterios de flexibilidad en la clasificación de aceites.

Cada línea principal de extracción de aceite está compuesta de:

- Molino de martillos
- Bomba de pistón
- Termobatidora
- Bomba de eje salomónico
- Decánter (Centrífuga horizontal)
- Depósito con tamiz vibratorio
- Bomba de eje salomónico
- Centrífuga vertical
- Depósito decantador con sonda de nivel
- Bomba de eje salomónico

A la salida del depósito donde se deja reposar el aceite tras la centrífuga vertical se situarán los aclaradores que permiten, por decantación, la eliminación de los últimos residuos sólidos existentes en el aceite. En los días de máxima producción se producen en las líneas de extracción

1,6 toneladas de aceite por hora. Considerando que el tiempo de residencia del aceite en los aclaradores es de 36 horas de media (según producción integrada entre 24 - 48 horas) y que estos tienen una capacidad de 8,5 toneladas cada uno,

$$\frac{1,6 \text{ t} * 36 \text{ horas}}{8,5 \text{ t}} = 6,78 \text{ aclaradores} \approx 7 \text{ aclaradores}$$

Se instalará en la práctica una batería de 8 aclaradores de 8,5 toneladas de capacidad cada uno. Se añade un aclarador más para cumplir con el criterio de flexibilidad a la hora de clasificar variedades y calidades.

1.5.2. LÍNEA DE REPASO

Para la línea de repaso se estima según el balance de materia calculado que la cantidad de alpeorujo a repasar es de 158,6 t/24h. Cuando se trabaja en repaso el rendimiento de las líneas de extracción es en torno a un 15% mayor. Por tanto la línea de repaso a instalar tendrá una capacidad en primera extracción de:

$$\frac{158,6 \text{ t}}{1,15} = 137,9 \text{ t/24h}$$

La línea de repaso (LR) instalada tendrá una capacidad de 140 t/24h.

Cada línea de repaso de extracción de aceite está compuesta de:

- Termobatidora
- Bomba de eje salomónico
- Decánter (Centrífuga horizontal)
- Depósito con tamiz vibratorio
- Bomba de eje salomónico

Los cálculos de las bombas de trasiego de pasta de aceituna, orujo y aceite son objeto de cálculo en los anexos 3 y 4. El dimensionamiento de la caldera de biomasa que calienta el agua de la calefacción de las batidoras, y la añadida previa a los decánteres y centrífugas verticales será objeto de cálculo en el anexo 2.

1.6. CAPACIDAD DE LA BODEGA

El aceite obtenido del proceso de extracción en las líneas principales en la campaña es de 1.420,65 t de aceite de primera extracción y 77 t de aceite de repaso (calidad inferior) de las cuales se estima que de primera extracción corresponden a:

- Aceite de oliva virgen extra: 710,33 t (50%)
- Aceite de oliva virgen: 426,20 t (30%)
- Aceite virgen lampante: 284,12 t (20%)

Las 77 toneladas de aceite de repaso, calificado como aceite de calidad inferior que tendrá que ser refinado para poder ser consumido por las personas, serán almacenadas en un depósito concreto de 52 t de capacidad. Dado que los transportes ordinarios por carretera tienen una capacidad de 27 toneladas aproximadamente, este aceite se podrá retirar en dos partidas.

La capacidad de almacenamiento necesaria para los aceites de primera extracción será del 67% del total y los depósitos que se instalarán tendrán una capacidad de 52 t cada uno.

$$(710,33 + 426,20 + 284,12 \text{ toneladas aceite}) * 67\% = 951 \text{ toneladas}$$

$$\frac{951 \text{ toneladas}}{52} = 18,28 \approx 19 \text{ depósitos}$$

En la bodega se van a colocar 20 depósitos de 52 toneladas cada uno, siendo 19 de ellos para aceites vírgenes y el otro para el aceite de repaso.

Las bombas de trasiego de aceite entre depósitos, de carga de cisternas a granel y de trasiego de aceite a envasadoras se calcularán en el anexo 4.

1.7. EQUIPOS PARA SUBPRODUCTOS: TOLVAS DE ORUJO, DE HUESO Y DESHUESADORA

Del balance de materia del proceso se tiene que el alpeorujo obtenido de la línea de repaso asciende a 6,53 t/h en los días de máxima producción. Atendiendo a la oferta del mercado la deshuesadora que cubre las necesidades tendrá una capacidad de 10 t/h.

Cada día se producirán 27,89 t de hueso de aceituna y 128,66 t de orujo, siempre hablando en días de máxima producción de campaña.

Las tolvas que se van a instalar para almacenar el hueso y el orujo tienen las mismas dimensiones que las de almacenamiento de aceituna y según la densidad de cada materia tendrán una capacidad diferente. Para el hueso (densidad 800 kg/m³) se tiene que la tolva tendrá una capacidad de 40 t, y para el orujo (densidad 1.200 kg/m³) se van a instalar dos tolvas con capacidad de 60 t cada una. Esto implica que el orujo debe ser retirado a diario en los días de máxima producción, algo que no supone ningún problema ya que existen suficientes horas en el día con poco tráfico de vehículos en la almazara, en las que poder coordinar las retiradas de orujo y hueso. El hueso será retirado cada día y medio.

1.8. EQUIPOS DE FILTRACIÓN Y ENVASADO

En el envasado de aceite intervienen factores diferentes a los de funcionamiento normal de la almazara. No se trata de un proceso estacional como sucede con las etapas anteriores del proceso, sino que se desarrollará a lo largo del año en función de las demandas del mercado.

Se trata de una maquinaria que requiere mayor atención directa del personal, siendo además el rendimiento de la envasadora variable en función del tamaño de envase que se utilice. Se instalará un equipo de filtrado con capacidad de 4.000 litros/hora y una envasadora con una capacidad entre 300 - 1.500 l/h para envases de entre 0,25 y 5 litros de capacidad.

El objetivo será que en una o dos jornadas de trabajo de 8 horas se puedan preparar pedidos con cierta entidad para ser lanzados al mercado. El aceite mantendrá mejor sus propiedades organolépticas cuanto menor sea el tiempo que transcurre entre los depósitos de acero inoxidable de la bodega y el lineal del punto de venta.

1.9. EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS

En el proceso se obtienen aguas de dos zonas de la planta.

De la zona de patio, que comprende las etapas 1 a 12A, se obtendrán aguas de las lavadoras y de la limpieza del patio. Se harán pasar por un desarenador antes de almacenarse en el depósito de aguas sucias (B42).

De la zona de molino, que comprende las etapas 13 a 35, se obtienen aguas con cierto contenido graso de la salida de las centrífugas verticales y todas las aguas de limpieza de las naves. Estas aguas se hacen pasar por un desengrasador previo al depósito de aguas sucias (B42).

Las aguas sucias almacenadas en el depósito se retirarán periódicamente por un gestor de residuos autorizado para su tratamiento. Del balance de materia en días de máxima producción obtenemos una cantidad de aguas sucias de:

- Zona de Patio: $3,39 \text{ m}^3/\text{h} \times 5 \text{ h} = 16,95 \text{ m}^3$
- Zona de extracción de aceite: $0,82 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} = 19,68 \text{ m}^3$
- Salida de aguas sucias total: $34,64 \text{ m}^3$

Se va a disponer de un depósito de aguas sucias (B42) de 350 m^3 con el objetivo de tener cierta flexibilidad en la retirada de las aguas sucias. Dicho depósito tendrá un diámetro de 9,5 metros y una altura de 5 metros. En su interior se alojará una bomba sumergida (P21) para la carga de los vehículos cisterna de la empresa encargada de la gestión de residuos.

1.9.1. DIMENSIONAMIENTO DESARENADOR

De la zona de limpieza se obtiene el agua de las lavadoras y el agua resultante de la limpieza del recinto. Esta agua tiene una cantidad relevante de arena fina y grava, y un contenido

graso despreciable. Se pretende calcular las dimensiones L, B, H (longitud, ancho y altura) del desarenador.

1.9.1.1. DATOS DE DISEÑO

- Volumen de aguas de lavado máximo a tratar en un día: 17 m^3
- Volumen de depósito de aguas del equipo compacto: $6,1 \text{ m}^3$
- Caudal a la entrada: $Q = 3,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- Densidad del agua: $\rho_w = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- Densidad de la arena: $\rho_a = 1.840 \text{ kg/m}^3$
- Diámetro mínimo de las partículas de arena: $\phi = 0,002 \text{ cm}$
- Temperatura del agua: $T = 15^\circ\text{C}$
- Viscosidad cinemática del agua (15°C): $\mu = 0,011457 \text{ cm}^2/\text{s}$
- El tiempo de sedimentación tiene que ser menor o igual que el tiempo de residencia: $t_s \leq t_r$
- La relación de dimensiones de longitud y profundidad (L/H) debe estar entre 5 - 20
- La relación de dimensiones de longitud y anchura (L/B) debe estar entre 3 - 6

Se parte de las siguientes ecuaciones de cálculo:

Tiempo de sedimentación

$$t_s (h) = \frac{H (m)}{V_s (\frac{m}{s})}$$

Tiempo de residencia de la partícula en el desarenador

$$t_r (h) = \frac{\text{Volumen } (m^3)}{\text{Caudal } Q (\frac{m^3}{h})}$$

La velocidad de sedimentación V_s de partículas se rige por la Ley de Stokes:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho_w}{\mu} \right) \phi^2$$

Volumen del desarenador

$$V = L \times B \times H = A_s \times H$$

Superficie del desarenador

$$A_s = \frac{\text{Caudal } Q(\frac{m^3}{h})}{3600 \cdot V_s(\frac{m}{s})}$$

1.9.1.2. CÁLCULOS

Existe la particularidad de que cuando se produce la limpieza de cada equipo compacto de lavado se produce una descarga de 6,1 m³ de aguas sucias aproximadamente en un instante concreto. Se plantean diferentes hipótesis de cálculo. La tarea de limpieza de patios no es una labor continua sino que se trata de una labor puntual que concentra una cantidad importante de agua en poco espacio de tiempo.

Para el cálculo se asemejan las condiciones de simultaneidad en la descarga de las lavadoras y el agua de limpieza de patios. El contenido de arena del agua de las lavadoras es conocido y representa en torno al 11,8% del volumen total que sale de las lavadoras. Para simplificar la estimación de la suciedad que aparecerá en el decantador se considera un valor de suciedad similar en la limpieza de patios.

El volumen diario de 17 m³ de los cuales 11,4 m³ provienen de las lavadoras y 5,6 m³ de la limpieza de patios. El volumen de cada equipo por descarga es de 6,1 m³ y hay 5 horas de recepción de aceituna.

$$N^{\circ} \text{ descargas al día} = \frac{(11,4 + 5,6) m^3}{6,1 m^3} = 2,78 \approx 3 \text{ descargas al día}$$

$$\text{Intervalo entre cada descarga} = \frac{5 \text{ horas}}{3 \text{ descargas}} = 1,67 \text{ horas}$$

Transcurrido este tiempo todas las partículas de arena contenidas en el agua sucia de una lavadora deberán estar sedimentadas en el fondo del desarenador. La cantidad de arena de cada descarga será de 0,72 m³ de arena, suponiendo un total de 2 m³ al día.

Se supone que la limpieza del desarenador se realizará una vez al día fuera del horario de entrada de aceituna para facilitar el trabajo dentro de la instalación. Por tanto el volumen mínimo del desarenador en ambas hipótesis deberá incrementarse en 2 m³ para almacenar toda la arena sedimentada en un día.

La velocidad de sedimentación para los datos de diseño será:

$$V_s = \frac{1}{18} \cdot 981 \cdot \left(\frac{1,84 - 1}{0,011457} \right) \cdot 0,002^2 = 0,016 \text{ cm/seg}$$

Hipótesis 1: La descarga de los dos equipos compactos se realiza siempre en momentos diferentes dejando tiempo suficiente entre una descarga y otra para la sedimentación de los sólidos de la primera. Se estima un volumen mínimo del desarenador que cubra una descarga incrementado en 2 m^3 para poder almacenar toda la arena producida en un día de trabajo. Esto supone un volumen estimado para el desarenador V_1 .

$$V_1 = L_1 \cdot B_1 \cdot H_1 = 8,1 \text{ m}^3$$

El tiempo máximo de sedimentación será el transcurrido entre cada descarga de 1,67 horas. Se obtiene una altura máxima del decantador.

$$H_1(m) \leq t_s(s) \cdot V_s\left(\frac{m}{s}\right) = 0,9619 \text{ m}$$

Se toma el valor de $H_1 = 0,95 \text{ m}$, y se obtiene conocido el volumen el valor de la superficie del decantador.

$$A_s = L_1 \cdot B_1 = 8,42 \text{ m}^2$$

Para cumplir la relación de longitud y anchura (L/B), el valor de L debe estar comprendido entre 5,03 - 7,11 metros. Y para cumplir con la relación longitud y altura (L/H), el valor de L estará comprendido entre 4,75 - 19 metros. Por tanto para cumplir las dos relaciones se elige un valor de longitud $L = 5,03 - 7,11$ metros.

El desarenador elegido para la hipótesis 1 tiene las siguientes dimensiones:

$$L_1 = 6 \text{ m}; \quad B_1 = 1,5 \text{ m} \quad H_1 = 0,95 \text{ m}; \quad V_1 = 8,55 \text{ m}^3$$

Hipótesis 2: Se puede producir una descarga simultánea de ambos equipos y por tanto el volumen mínimo necesario en el desarenador es la suma de ambos. Se estima un volumen mínimo del desarenador que cubra una descarga incrementado en 2 m^3 para poder almacenar toda la arena producida en un día de trabajo. Esto supone un volumen estimado para el desarenador V_2 .

$$V_2 = L_2 \cdot B_2 \cdot H_2 = 14,2 \text{ m}^3$$

El tiempo máximo de sedimentación será el transcurrido entre cada descarga doble de 3,34 horas. Se obtiene una altura máxima del decantador.

$$H_2(m) \leq t_s(s) \cdot V_s\left(\frac{m}{s}\right) = 1,92384 \text{ m}$$

Se toma el valor de $H_2 = 1,9 \text{ m}$, y se obtiene el valor de la superficie del decantador.

$$A_s = L_2 \cdot B_2 = 7,48 \text{ m}^2$$

Para cumplir la relación de longitud y anchura (L/B), el valor de L debe estar comprendido entre 4,74 - 6,7 metros. Y para cumplir con la relación longitud y altura (L/H), el valor de L estará comprendido entre 9,5 - 38,4 metros. Por tanto para este valor de altura NO SE CUMPLEN las relaciones L/B y L/H.

El valor máximo de H para cumplir las dos relaciones anteriores es en la situación de,

$$\frac{L_2}{B_2} = 6 \text{ y } \frac{L_2}{H_2} = 5$$

y es de $H_2 = 1,5 \text{ m}$. Se obtiene la superficie mínima del decantador.

$$A_s = L_2 \cdot B_2 = 9,4 \text{ m}^2$$

Para cumplir la relación de longitud y anchura (L/B), el valor de L debe estar comprendido entre 5,32 - 7,52 metros. Y para cumplir con la relación longitud y altura (L/H), el valor de L estará comprendido entre 7,48 - 30 metros. Quedando acotado el valor de L entre 7,48 - 7,52 metros.

El desarenador elegido para la hipótesis 2 tiene las siguientes dimensiones:

$$L_2 = 7,5 \text{ m}; \quad B_2 = 1,3 \text{ m} \quad H_2 = 1,5 \text{ m}; \quad V_2 = 14,625 \text{ m}^3$$

El desarenador se construirá in situ con estructura de hormigón armado.

Se opta por el desarenador calculado con los parámetros de la hipótesis 2, puesto que la diferencia de coste de implantación de uno u otro será pequeño y se valora más el hecho de poder limpiar los desarenadores en horas de baja o nula circulación de vehículos que entorpecieran la labor.

1.9.2. DIMENSIONAMIENTO DESENGRASADOR

De la zona de molino se obtiene, el agua de limpieza de las centrífugas verticales (CV) y el agua resultante de la limpieza del recinto. Esta agua está formada en su mayoría por el agua añadida a las CVs y, en menor cantidad, agua de vegetación, aceite, tejidos vegetales, pulpa y hueso que se arrastran en la limpieza del aceite. De estos componentes el más importante a controlar por su poder contaminante de las aguas es la parte grasa. Se pretende calcular las dimensiones L, B, H (longitud, ancho y altura) de un desengrasador que permita la retirada de la mayor parte de estas impurezas.

1.9.2.1. DATOS DE DISEÑO

En el caso del desengrasador el caudal de agua que llega no es constante durante las 24 horas del día. Se puede descomponer el caudal en dos componentes:

1. El caudal de agua procedente de la limpieza de aceite en las centrífugas verticales (Q_1) es constante durante todo el día,

$$Q_1 = 0,665 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

2. El agua utilizada en la limpieza (Q_2) de las naves (molino, bodega y envasadora) no entra constante a lo largo del día. Del balance de materia se obtiene un caudal medio suponiendo que trabajara las 24 horas, y a partir de este se supone que el tiempo dedicado a la limpieza no será superior a 4 horas al día teniendo un caudal,

$$Q_2 = \frac{0,156 \frac{m^3}{h} \cdot 24 \text{ horas}}{4 \text{ horas}} = 0,936 \frac{m^3}{h}$$

- El caudal máximo de diseño para el desengrasador será

$$Q_{dmax} = Q_1 + Q_2 = 0,665 \frac{m^3}{h} + 0,936 \frac{m^3}{h} = 1,601 \frac{m^3}{h}$$

- Volumen de aguas máximo a tratar en un día: 19,68 m³
- Densidad del agua: $\rho_w = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- Densidad del aceite: $\rho_a = 915 \text{ kg/m}^3$
- Diámetro mínimo de las gotas de aceite: $\phi = 0,015 \text{ cm}$
- Temperatura del agua: $T = 15^\circ\text{C}$
- Viscosidad cinemática del agua (15°C): $\mu = 0,011457 \text{ cm}^2/\text{s}$
- Tiempo de retención mínimo

$$t_r (h) = 0,5 \text{ horas}$$

- La velocidad ascensional V_{asc} de partículas se rige por la Ley de Stokes:

$$V_{asc} = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_w - \rho_a}{\mu} \right) \phi^2$$

- Volumen del desengrasador

$$V = L \cdot B \cdot H$$

1.9.2.2. CÁLCULOS

La velocidad de ascensión para los datos de diseño será:

$$V_{asc} = \frac{1}{18} \cdot 981 \cdot \left(\frac{1 - 0,915}{0,011457} \right) \cdot 0,015^2 = 0,091 \text{ cm/seg}$$

El volumen mínimo del desengrasador se calcula mediante la ecuación

$$V_{min} = Q_{dmax} \frac{m^3}{h} \cdot t_r (h) = 0,8 m^3$$

Además del alpechín producido en el propio proceso existe un riesgo importante de fugas, averías o derrames tanto en la nave donde está la maquinaria de extracción de aceite como en la bodega. Cuando se producen estas circunstancias se requiere de manera urgente un sitio donde poder enviar todo lo vertido. Para ello el desengrasador se elige con un volumen mayor al calculado por el criterio de flotación.

En esta almazara se va a disponer desengrasador de 5 m³, con el que se consideran cubiertas estas necesidades.

Las dimensiones que va a tener el desengrasador son:

$$H_1(m) \leq t_r (s) \cdot V_{asc} \left(\frac{m}{s} \right) = 1,638 m$$

Para facilitar la construcción se va a utilizar un valor de H igual a la del desarenador elegido H₂= 1,5 m.

Lo que da una superficie del desengrasador de,

$$S_1(m^2) = \frac{5 m^3}{1,5 m} = 3,34 m^2$$

Se toma como valor de longitud L = 3 metros y se obtiene una anchura de B = 1,2 m.

1.9.3. BOMBA PARA AGUAS SUCIAS

1.9.3.1. BOMBA A SALIDA DESARENADOR Y DESENGRASADOR

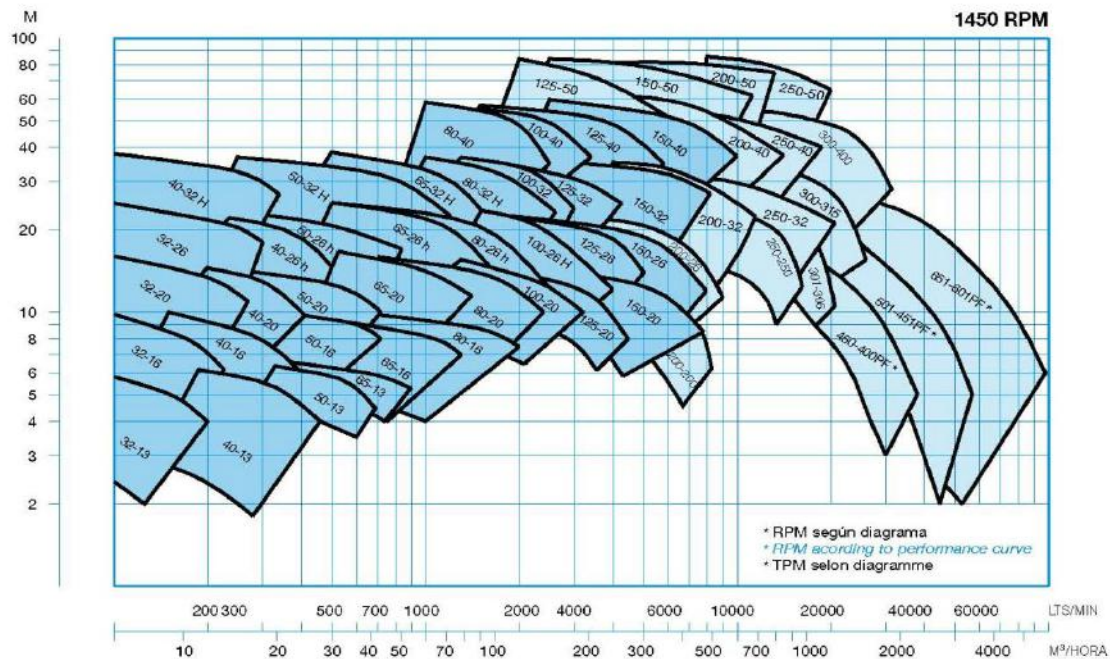
A la salida del desarenador y desengrasador se colocará una bomba centrífuga para el trasvase de las aguas sucias hacia el depósito (B42).

El caudal máximo de la bomba será la suma de las salidas de desarenador y desengrasador:

$$Q_{max} = Q_{desarenador} + Q_{desengrasador} = 3,4 \frac{m^3}{h} + 1,6 \frac{m^3}{h} = 5 \frac{m^3}{h}$$

La altura del depósito será de 5 metros y la presión máxima a la que se trabaje será de 2 bares.

Para ello se elige una bomba centrífuga de la marca IDEAL. En función de las curvas de funcionamiento que tenemos y para nuestros datos de caudal y presión se elige la bomba tipo GNI 40-32 de 3 CV a 1.450 rpm.



Código 230/400 V	Código 400/690 V	TIPO TYPE	KW	CV	m³/h l/min	0	6	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	48	54	60	72
0201GAA09A	—	GNI 32-13	1450	0,55	0,75	6,4	5,8	5,2	4												
0202GAA09A	—	GNI 32-16	1450	0,55	0,75	10,2	9,8	9,2	7,2												
0203GAA09A	—	GNI 32-20	1450	0,55	0,75	10	9,2	8,2	6												
0203GAA10A	—	GNI 32-20	1450	0,75	1	13,8	13,1	12,2	10,6												
0203GAA11A	—	GNI 32-20	1450	1,1	1,5	16,8	16,2	15,4	13,8	11,9											
0255GAA12A	—	GNI 32-26	1450	1,5	2	17,5	17,4	16,7	15,4	13											
0255GAA13A	—	GNI 32-26	1450	2,2	3	25,5	25	24,5	23	21,5	17,5										
0204GAA09A	—	GNI 40-13	1450	0,55	0,75	6,6	6,6	6,5	6,5	6,3	5,9	5,5	4,9	4,4							
0205GAA09A	—	GNI 40-16	1450	0,55	0,75	8	7,8	7,5	7	6,4	5,5	4,5									
0205GAA10A	—	GNI 40-16	1450	0,75	1	9,3	9,1	8,8	8,4	7,8	7	6	4,5								
0205GAA11A	—	GNI 40-16	1450	1,1	1,5	10,8	10,6	10,4	10,1	9,5	8,8	7,8	6,6								
0206GAA10A	—	GNI 40-20	1450	1,1	1,5	13,6	13,4	13	12,5	11,7	10,8	9,4									
0206GAA11A	—	GNI 40-20	1450	1,5	2	16,6	16,5	16,3	16	15,1	14	12,3	10,8								
0207GAA12A	—	GNI 40-26	1450	1,5	2	14,8	14,5	14,2	13,8	13,2	12,5	11	9,2								
0207GAA13A	—	GNI 40-26	1450	2,2	3	19	19	18,8	18,5	18	17,5	16	14,5	12,9							
0207GAA14A	—	GNI 40-26	1450	3	4	25	24,7	24,5	24,2	23,8	23	22	20,6	19	16,5						
0256GAA13A	—	GNI 40-32	1450	2,2	3	22,5	21,5	20,8	18												
0256GAA14A	—	GNI 40-32	1450	3	4	28,5	28	27,5	25,7	22,5											
0256GAA15A	0256GEA15A	GNI 40-32	1450	4	5,5	35,5	35,2	34	32,7	30,2	26										
0256GAA16A	0256GEA16A	GNI 40-32	1450	5,5	7,5	38,5	38,2	37,8	36,5	34,5	31										
0208GAA09A	—	GNI 50-13	1450	0,55	0,75	5,5	5,5	5,4	5,4	5,3	5,2	5,2	5,1	5	4,7	4					
0208GAA10A	—	GNI 50-13	1450	0,75	1	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6	6,5	6,4	6,4	6,3	5,7	4,1					
0209GAA11A	—	GNI 50-16	1450	1,1	1,5	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1	9	8,8	8,6	8					
0209GAA12A	—	GNI 50-16	1450	1,5	2	10,8	10,6	10,5	10,4	10,3	10,2	10,1	10	9,9	9,8	9,6	8,8				
0210GAA11A	—	GNI 50-20	1450	1,1	1,5	10,8	10,7	10,7	10,5	10,4	10,2	9,6	9,5	8,4	7,6						
0210GAA12A	—	GNI 50-20	1450	1,5	2	13,2	13,2	13	12,9	12,8	12,6	12,4	12	11,8	10,7	8,8					
0210GAA13A	—	GNI 50-20	1450	2,2	3	16,2	16,2	16	15,9	15,8	15,6	15,3	14,8	14,3	13,7	12,2	10,2				
0211GAA14A	—	GNI 50-26	1450	3	4	20,2	20	19,8	19,7	19,5	19,3	19	18,5	18	17	15	11,7				
0211GAA15A	0211GEA15A	GNI 50-26	1450	4	5,5	26	25,8	25,6	25,5	25,3	25,2	25	24,7	24,2	23,5	23	21	18,5			
0257GAA16A	0257GEA16A	GNI 50-32	1450	5,5	7,5	26,9	26,9	26,9	26,8	26,7	26,6	26,4	26,4	26,3	26	25,3	24,4	22,5	20,6		
0257GAA17A	0257GEA17A	GNI 50-32	1450	7,5	10	33,6	33,6	33,6	33,5	33,5	33,4	33,4	33,3	32,8	32,5	32	31,4	29,4	27,6	25	
0257GAA18A	0257GEA18A	GNI 50-32	1450	11	15	37,5	37,5	37,5	37,5	37,4	37,4	37,3	37,3	37,1	36,9	36,2	35,7	34,2	32,5	30,6	23

1.9.3.2. BOMBA CARGA CISTERNAS AGUA

A la salida del depósito de aguas sucias se instalará una bomba para la carga de las cisternas de la empresa de gestión de residuos que se encarga de la retirada de las aguas de almazara.

Se instalará una bomba centrífuga como las de bombeo a depósito pero requiriendo un caudal de 40 m³/h para reducir el tiempo de permanencia de los camiones en la almazara.

El modelo de bomba elegido es IDEAL tipo GNI 50-26 de 5,5 CV a 1.450 rpm.

1.10. LISTADO DE EQUIPOS DEL PROCESO

A continuación se detalla el listado de equipos implicados en esta etapa de proceso con la nomenclatura utilizada en el diagrama de flujo de proceso.

LÍNEA	EQUIPO	CÓDIGO SEGÚN UNE
L1	Tolva de recepción	B1
	Cinta transportadora	H1
	Equipo compacto de limpieza-lavado	A1
	Cinta transportadora	H3
	Cinta transportadora	H11
	Pesadora	A3
	Cinta transportadora	H5
	Cinta transportadora	H9
	Cinta transportadora	H13
	Tolva de almacenamiento previo	B3
	Tolva de almacenamiento previo	B4
	Tolva de almacenamiento previo	B5
	Tolva de almacenamiento previo	B6
L2	Tolva de recepción	B2
	Cinta transportadora	H2
	Equipo compacto de limpieza-lavado	A2
	Cinta transportadora	H4
	Cinta transportadora	H12
	Pesadora	A4
	Cinta transportadora	H6
	Cinta transportadora	H10
	Cinta transportadora	H14
	Tolva de almacenamiento previo	B7
	Tolva de almacenamiento previo	B8
	Tolva de almacenamiento previo	B9
	Tolva de almacenamiento previo	B10
ELEMENTOS COMUNES EN LAS LINEAS DE LIMPIEZA	Cinta transportadora	H7
	Cinta transportadora	H8
	Cinta transportadora	H15
	Cinta transportadora	H16
	Transportador sinfín	H17

	Transportador sinfín	H18
	Transportador sinfín	H19
	Transportador sinfín	H20
LE1	Molino de martillos	Z1
	Bomba pistón	P1
	Termobatidora	R1
	Tolvín	B11
	Transportador sinfín	H21
	Bomba de husillo salomónico	P3
	Decánter (centrífuga horizontal)	S1
	Depósito con tamiz vibratorio	F1
	Bomba pistón	P9
	Bomba de desplazamiento positivo	P6
	Centrífuga vertical	S4
	Depósito decantador	B13
	Bomba de desplazamiento positivo	P12
LE2	Molino de Martillos	Z2
	Bomba Pistón	P2
	Termobatidora	R2
	Tolvín	B12
	Transportador Sinfín	H22
	Bomba de husillo salomónico	P4
	Decánter (centrífuga horizontal)	S2
	Depósito con tamiz vibratorio	F2
	Bomba pistón	P10
	Bomba de desplazamiento positivo	P7
	Centrífuga Vertical	S5
	Depósito decantador	B14
	Bomba de desplazamiento positivo	P13
LR	Termobatidora	R3
	Bomba de husillo salomónico	P5
	Decánter (centrífuga horizontal)	S3
	Depósito con tamiz vibratorio	F3
	Bomba pistón	P11
	Bomba de desplazamiento positivo	P8
ELEMENTOS COMUNES EN LA ZONA DE EX- TRACCIÓN DE ACEITE Y SUB- PRODUCTOS	Deshuesadora	F4
	Tolva de hueso	B15
	Tolva de orujo	B16
	Tolva de orujo	B17
	Transportador sinfín	H23
	Tolvín hueso	B18
	Transportador sinfín	H24
	Caldera	D1
	Chimenea	A7

	Intercambiador de calor	W1
	Bomba centrífuga	P14
	Vaso de expansión	A5
	Aclarador	F5
	Aclarador	F6
	Aclarador	F7
	Aclarador	F8
	Aclarador	F9
	Aclarador	F10
	Aclarador	F11
	Aclarador	F12
	Bomba de desplazamiento positivo	P15
	Bomba centrífuga	P16
BODEGA	Depósito bodega	B20
	Depósito bodega	B21
	Depósito bodega	B22
	Depósito bodega	B23
	Depósito bodega	B24
	Depósito bodega	B25
	Depósito bodega	B26
	Depósito bodega	B27
	Depósito bodega	B28
	Depósito bodega	B29
	Depósito bodega	B30
	Depósito bodega	B31
	Depósito bodega	B32
	Depósito bodega	B33
	Depósito bodega	B34
	Depósito bodega	B35
	Depósito bodega	B36
	Depósito bodega	B37
	Depósito bodega	B38
	Depósito bodega	B39
	Bomba de desplazamiento positivo	P17
	Bomba de desplazamiento positivo	P18
ENVASADORA	Depósito coupage	B40
	Filtro	F13
	Depósito nodriza	B41
	Bomba auto-aspirante	P19
	Llenadora	X1
	Cinta transportadora	H25
	Taponadora	A6
	Plato giratorio	X2
	Desarenador	F14

EQUIPOS TRA- TAMIENTO AGUAS SUCIAS	Desengrasador	F15
	Bomba aguas sucias	P20
	Depósito aguas sucias	B42
	Bomba carga cisternas agua	P21

2. DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA

2.1. OBJETO

Estimar las necesidades de calor existentes durante el proceso y elegir la caldera adecuada para cubrirlas.

Se instalará una caldera que utiliza como combustible parte del hueso de aceituna obtenido en el propio proceso de extracción de aceite. El calor suministrado por la misma deberá cubrir las necesidades demandadas por:

- Las termobatidoras (R1 - R2) de las líneas principales de extracción (LE1 y LE2) y la termobatidora (R3) de la línea de repaso (LR).
- El agua añadida a la masa de aceituna antes de los decánteres (S1 - S2 - S3) de las tres líneas (LE1, LE2 y LR).
- El agua añadida al aceite en las centrífugas verticales (S4 - S5) de las líneas principales (LE1 y LE2).

2.2. DATOS INICIALES

Del anexo 1 se tiene la maquinaria elegida de las líneas principales de extracción (LE1 y LE2) con capacidad de 100 t/24h cada una y la línea de repaso (LR) con capacidad de 140 t/24h.

Se estima que el contenido de aceite máximo que llega a las centrífugas verticales es un 23% de la masa que entra.

$$200 \frac{t \text{ de masa}}{24h} * 0,23 = 46 \frac{t \text{ de aceite}}{24h}$$

2.2.1. CALOR ESPECÍFICO DE LA PASTA DE ACEITUNA

Se calcula según la expresión:

$$C_e = (0,5 \cdot X_f + 0,3 \cdot X_s + X_w) \times 4,180 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

Esta expresión se obtiene partiendo de que el calor específico del aceite (X_f) es aproximadamente el 50% del calor específico del agua (X_w), y el calor específico de los componentes sólidos de la aceituna (X_s) es del orden del 30% del calor específico del agua.

Teniendo en cuenta que las variedades de aceituna a procesar son picual, arbequina, picuda y hojiblanca principalmente, se estima la siguiente composición media:

- X_f = % contenido graso = 23%
- X_s = % contenido en materia seca = 22%

- $X_w = \% \text{ contenido en agua} = 55\%$

Resultando un calor específico,

$$C_e = 2,762 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} = 0,731 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{K}$$

2.2.2. CALOR ESPECÍFICO DE LA PASTA DE ALPEORUJO

El calor específico del alpeorujo se calcula utilizando la misma expresión que para la pasta de aceituna cambiando los porcentajes de composición:

- $X_f = \% \text{ contenido graso} = 2,5\%$
- $X_s = \% \text{ contenido en materia seca} = 37,5\%$
- $X_w = \% \text{ contenido en agua} = 60\%$

Resultando para el alpeorujo:

$$C_e = 3,030 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} = 0,725 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{K}$$

2.3. NECESIDADES DE CALOR EN LAS TERMOBATIDORAS PARA CALENTAMIENTO DE LA PASTA Y EL ALPEORUJO

2.3.1. NECESIDADES PARA LA PASTA

Se calculan las necesidades caloríficas en las termobatidoras (R1 - R2) de las dos líneas principales de extracción (LE1 y LE2) de 100 t/24h de capacidad cada una.

- Masa de pasta a procesar por hora: 8.333 kg/h
- Temperatura inicial: 7 °C
- Temperatura máxima de proceso (según normativa de Producción Integrada): 28 °C
- Incremento: 21 °C

Se obtiene mediante la ecuación del calor, las necesidades para ambos equipos:

$$Q_1 = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 8.333 \text{ kg/h} \cdot 0,661 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot 21 ^\circ\text{K} = \underline{\underline{127.925 \text{ kcal/h}}}$$

2.3.2. NECESIDADES PARA EL ALPEORUJO

Se calculan las necesidades caloríficas en la termobatidora (R3) de la línea de repaso que tiene una capacidad de 140 t/24 h.

- Masa de alpeorujos a procesar por hora: 6.667 kg/h
- Temperatura inicial: 28 °C
- Temperatura máxima de proceso: 55 °C
- Incremento: 27 °C

Utilizando la misma expresión que para la pasta:

$$Q_2 = m \cdot C_e \cdot \Delta T = 6.667 \text{ kg/h} \cdot 0,760 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot 27 ^\circ\text{K} = \underline{\underline{136.800 \text{ kcal/h}}}$$

2.4. NECESIDADES DE CALOR PARA CALENTAR EL AGUA DEL PROCESO

Este agua es la que se añade a la pasta de aceituna en la tubería que va desde las termobatidoras (R1-R2) a los decánteres (S1 - S2), de las líneas principales, para facilitar la separación de las fases sólida y oleosa.

Se añade también agua para limpieza del aceite en las centrífugas verticales (S4-S5) de las líneas principales (LE1 y LE2).

2.4.1. DECÁNTERES DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES

- Masa aceituna a procesar por hora: 8.333 kg/h

Se requiere un 5% de volumen de agua, referido a masa de aceituna a la temperatura de proceso de 28 °C. Por tanto el caudal del agua aportada será

$$q_1 = (8.333 \text{ kg/h}) \cdot 0,05 = 417 \text{ kg/h} = 417 \text{ l/h de agua}$$

Este volumen se obtendrá de la mezcla de agua calentada en el intercambiador de calor a 60°C y agua de abastecimiento a 10 °C. Se estima que el agua calentada supondrá 150 l/h del caudal total de agua añadida.

Siendo el calor específico del agua,

$$C_e = 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, la cantidad de calor necesaria es:

$$Q_3 = 150 \text{ kg/h} \cdot 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (60 - 10) ^\circ\text{C} = \underline{\underline{7.500 \text{ kcal/h}}}$$

2.4.2. CENTRÍFUGAS VERTICALES

Se requiere un 8% de volumen de agua referido a masa de aceituna (8.333 kg/h) procesada en las líneas de extracción de aceite (LE1 y LE2), a la temperatura de proceso 28°C. El caudal introducido en las dos centrífugas verticales (S4-S5) será:

$$q_3 = 8.333 \cdot 0,08 = 667 \text{ kg/h} = 667 \text{ l/h}$$

El caudal de agua se obtendrá de mezclar agua calentada en el intercambiador a 60°C y agua de abastecimiento a 10°C. Como la temperatura a la que se debe añadir el agua no debe superar los 28°C, esto se conseguirá mezclando 427 l/h de agua caliente y 240 l/h de agua fría.

Las calorías necesarias para calentar ese caudal de agua serán:

$$Q_4 = 427 \text{ kg/h} \cdot 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \cdot (60 - 10) ^\circ\text{C} = \underline{\underline{21.350 \text{ kcal/h}}}$$

2.5. RESUMEN DE NECESIDADES CALORÍFICAS

Para definir la caldera elegida se resumen a continuación las necesidades caloríficas de la instalación. Se estiman unas pérdidas del 5% en el circuito de agua caliente y un rendimiento de la caldera del 90%.

NECESIDADES CALORÍFICAS	
Termobatidoras de las líneas principales de extracción	+127.925
Termobatidora línea repaso	+136.800
Decánteres líneas principales de extracción	+7.500
Centrífugas verticales	+21.350
SUBTOTAL 1	=293.575
% Pérdidas	+5
Pérdidas	+14.679
SUBTOTAL 2	=308.254
% Rendimiento	+90
TOTAL	=342.504

2.6. DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA CALDERA Y CONSUMO DE BIOMASA

En función de la demanda calorífica de los diferentes equipos se obtiene un consumo energético total de 342.504 kcal/h que expresado en kwh equivalen a 398,332 kwh. De las calderas existentes en el mercado la siguiente que cumple con la potencia demandada es de 450 kwh.

El poder calorífico inferior (PCI) del hueso de aceituna es 4.080 kcal/kg, que equivale a 4,74 kwh/kg.

Para calcular el combustible necesario se divide el consumo energético (CE) entre el PCI.

$$\text{Combustible necesario} = \frac{CE}{PCI} = \frac{450 \text{ kwh}}{4,74 \text{ kwh/kg}} = 94,94 \text{ kg por hora}$$

El funcionamiento de la caldera durante los días de proceso es de 24 horas, siendo el consumo diario estimado de 2.278,48 kg.

2.7. BALANCE DE MATERIA EN LA CALDERA

En la caldera entra aire y hueso de aceituna (combustible), y salen cenizas y gases de combustión.

Se conoce el consumo de hueso de aceituna del apartado anterior (94,94 kg/h). Conociendo la composición del hueso y utilizando el programa de cálculo de la empresa FireCad Technologies para cálculo de combustión se obtiene el aire de combustión necesario, el caudal de gases de combustión a la salida y la composición de los gases.

Tomando como datos de cálculo:

Datos de cálculo (%)	
Carbono (b.s.)	51,3
Hidrógeno (b.s)	5,8
Oxígeno (b.s)	41,5
Azufre (b.s)	0,03
Cenizas (b.h)	1,37
Humedad (b.h)	18
Exceso de aire	20

Composición del hueso de aceituna que entra en la caldera

Se obtienen los siguientes resultados de aire de combustión y gases producidos:

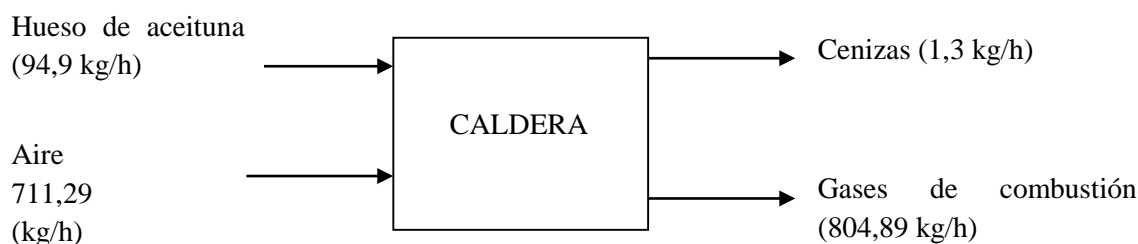
Composición de los gases de combustión (% volumen de gases)	
SO ₂	0,003
O ₂	2,959
N ₂	67,922
CO ₂	14,279
H ₂ O	14,838

Caudal de gases (kg/kg de hueso de aceituna)	
Aire mínimo para la combustión	7,492
Gases de combustión	8,479

En el balance de materia se tiene que cumplir:

$$\text{Hueso de aceituna} + \text{Aire} = \text{Cenizas} + \text{Gases de combustión}$$

$$94,9 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 711,29 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 804,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$



2.8. EVACUACIÓN DE GASES Y CENIZAS

2.8.1. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA CHIMENEA DE EVACUACIÓN DE GASES

2.8.1.1. CONDICIONES DE DISEÑO

El tramo horizontal debe ser lo más corto posible y fácilmente accesible en todas sus partes para facilitar las operaciones de limpieza. La sección transversal de este tramo será circular. Es necesaria una pendiente de al menos tres por ciento hacia la conexión del tramo vertical, con el objeto de facilitar la recogida de los condensados que se formen durante los arranques.

La unión del tramo horizontal y el vertical se realiza con piezas en T. La base del tramo vertical debe disponer de una zona de recogida de hollín, condensados y aguas de lluvia, provista de un registro de limpieza y un manguito de drenaje. El manguito se conecta al saneamiento mediante una tubería.

La boca de salida se sitúa de manera que se evite la contaminación producida por gases, vapores y partículas en zonas ocupadas permanentemente por personas. El remate de la chimenea favorece la ascensión libre de la columna de humos por lo que se eligen preferiblemente elementos de la misma sección que el cuerpo de la chimenea.

Las chimeneas se aíslan térmicamente en todo su recorrido, con el fin de evitar el enfriamiento de humos. El nivel de aislamiento debe ser el recomendado por el fabricante.

2.8.1.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA CHIMENEA

Para realizar el cálculo del diámetro de la chimenea de evacuación de gases, se ha utilizado el programa de cálculo Dinakalc, desarrollado por Dinak, empresa especializada en la fabricación de productos para la evacuación de gases de combustión.

A continuación se muestran los resultados obtenidos.

CÁLCULO SEGÚN EN 13384-1, CHIMENEA EN DEPRESIÓN

DATOS DEL APARATO

Combustible:		Pellets	
Tipo de aparato:		Caldera presurizada	
Condensación:		SI	
Condiciones de trabajo:		Modulante	
		Nominal	Mínimo
Potencia:	kW	450	138,27
Rendimiento:	%	84	84
Tª de humos:	°C	180	120
Tiro mínimo:	Pa	0	0
Caudal:	g/s	347,7	116,5

DATOS DE SITUACIÓN

Provincia:	Córdoba
Altitud (m)	320
Tª máxima (°C)	30

Tª mínima a la salida de la chimenea (°C)	5
Montaje	Interior
Presión opuesta a la salida:	NO

DATOS DEL TRAMO HORIZONTAL (CONDUCTO DE UNIÓN)

Longitud total (m):	2
Recorrido:	
Altura total (m):	1
Gama:	Dinak DW con junta
Piezas:	Codo de 45º: 1
Zeta total de los elementos:	0,4

DATOS DEL TRAMO VERTICAL

Longitud total (m):	10
Recorrido:	10 m en sala de calderas
Altura total (m):	10
Gama:	Dinak DW con junta
Conexión:	Codo de 45º: 2
Tipo de salida:	Sombrerete antiviento
Zeta total de los elementos:	1,4

DATOS DEL SUMINISTRO DE AIRE PARA LA COMBUSTIÓN

Ventilación sala de calderas:	Ventilada
-------------------------------	-----------

Pérdida de carga (Pa):	0
------------------------	---

CÁLCULOS Y COMPROBACIONES

REQUISITOS DE PRESIÓN					
	Coeficiente de seguridad de flujo	S_E	1,2		
			Nominal	Mínimo	
+	Tiro teórico en la base de la vertical:	P_H	31,89	20,34	Pa
-	Pérdida de carga en la vertical:	P_R	20,64	2,14	Pa
-	Presión del viento:	P_L	0	0	Pa
	Tiro disponible en la base de la vertical:	P_Z	11,25	18,2	Pa
+	Tiro mínimo del aparato de calefacción:	P_W	0	0	Pa
+	Pérdida de carga en el tramo horizontal:	P_{FV}	2,18	-1,62	Pa
+	Pérdida de carga en el suministro de aire:	P_B	0	0	Pa
	Tiro necesario en la base de la vertical:	P_{Ze}	2,18	-1,62	Pa
	Primer requisito de presión:	P_Z	\geq	P_{Ze}	Cumple
	A potencia nominal:	11,25	$>$	2,18	SI
	A potencia mínima:	18,2	$>$	-1,62	SI
	Segundo requisito de presión:	P_Z	\geq	P_B	Cumple
	A potencia nominal:	11,25	$>$	0	SI
	A potencia mínima:	18,2	$>$	0	SI
	Tiro de la instalación:	$P_Z - P_{Ze}$			
	A potencia nominal:	9,07			Pa
	A potencia mínima:	19,82			Pa

REQUISITOS DE TEMPERATURA		Nominal	Mínimo	
Tª de la pared interior en la salida de la chimenea:	T _{iob}	160,3	93,6	°C
Tª límite de la pared interior de la chimenea:	T _g	0	0	°C
Primer requisito de temperatura:	T _{iob}	≥	T _g	Cumple
A potencia nominal:	160,3	>	0	SI
A potencia mínima:	93,6	>	0	SI

DIMENSIONADO

TRAMO HZTAL. (COND. UNIÓN)			
Gama:		Dinak DW con junta	
Diámetro interior:	mm	350	
Diámetro exterior:	mm	425	
Designación EN 1856-1:		T200 P1 W V2 O(00)	
		Nom	Mín.
Velocidad media de los humos:	m/s	4,9	1,4
Tª media de los humos:	°C	179	119
Tª media de la pared exterior:	°C	33	24

TRAMO VERTICAL		
Gama:		Dinak DW con junta
Diámetro interior:	mm	350

<i>Diámetro exterior:</i>	mm	425	
<i>Designación EN 1856-1:</i>		T200 P1 W V2 O(00)	
		Nom	Mín.
<i>Velocidad media de los humos:</i>	m/s	4,8	1,4
<i>Tª media de los humos:</i>	°C	174	112
<i>Tª media de la pared exterior:</i>	°C	32	23

<i>SALIDA DE LA CHIMENEA</i>			
			Nom
<i>Velocidad de los humos:</i>	m/s		4,8
<i>Tª de los humos:</i>	°C		170
<i>Tª de la pared exterior:</i>	°C		32

2.8.2. CENIZAS PRODUCIDAS

La cantidad de cenizas producida en la combustión del hueso de aceituna es del 1,37 % (p/p) del hueso de aceituna.

Se produce una cantidad de cenizas de 1,3 kilogramos a la hora. Su alto contenido en K, Mg y Ca hace que sea un producto muy útil en fertilización.

2.9. VENTILACIÓN DE LA SALA DE CALDERAS

Al estar la sala de calderas en contacto con el exterior, la ventilación se realizará de forma natural directa por orificios.

El área mínima libre necesaria para la ventilación natural directa por orificios viene dada por la ecuación:

$$A = n \cdot P$$

Siendo:

A: área mínima de ventilación, expresada en centímetros cuadrados.

N: coeficiente de valor 5 cm²/kw para ventilación natural directa por orificios.

P: potencia instalada, expresada en kilovatios.

Para la caldera que se quiere instalar de 450 kw,

$$A = 5 \cdot 450 = 2.250 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 5 aperturas de 25 cm (2.455 cm² en total) de diámetro en las paredes exteriores de la sala de caldera.

2.10. CAUDAL DE AGUA SUMINISTRADA

La caldera elegida tiene una potencia de 450 kw que expresado en Kcal son 390.000 kcal. Sabiendo que la temperatura de agua en la salida de la caldera es de 85 °C y la temperatura de retorno 45°C, mediante la ecuación de calor suministrado obtenemos el caudal de agua necesario en el circuito cerrado.

$$Q = q \cdot C_{ew} \cdot \Delta T$$

$$q_w = 9.750 \frac{l}{h}$$

3. INSTALACIONES DE TRASIEGO DE MASA

3.1. OBJETO

En este anexo se van a calcular las siguientes instalaciones:

- Trasiego de pasta de aceituna desde los molinos Z1 y Z2, a las termobatidoras R1 y R2, correspondientes a las líneas de extracción de aceite LE1 y LE2.
- Trasiego de pasta de aceituna de las termobatidoras R1 y R2 a los decánteres S1 y S2, de las líneas LE1 y LE2.
- Trasiego de alpeorujos desde los decánteres S1 y S2 de las líneas LE1 y LE2, a la termobatidora R3 de la línea de repaso (LR). Incluye también la variante de enviar directamente de los decánteres S1 y S2 a la deshuesadora (F4). Trasiego de alpeorujos del decánter S3 de la línea de repaso a la deshuesadora F4.

Los caudales de diseño se obtienen a partir de la capacidad productiva de las líneas de extracción de aceite instaladas. Se tienen dos líneas principales de extracción de 100 t/24h cada una y una línea de repaso de 140 t/24h.

La viscosidad de las masas que están involucradas en esta instalación es desconocida. Son los propios fabricantes de bombas los que haciendo diferentes pruebas y experimentaciones ajustan las capacidades de las bombas en función de caudales de estas masas. Es por ello que para el cálculo de las bombas en este anexo se recurrirá a presiones de funcionamiento conocidas para la elección de las bombas.

Las bombas utilizadas para el trasiego tanto de pasta de aceituna como de alpeorujos serán de pistón. En la siguiente tabla se muestran las diferentes bombas de este tipo de la casa TRIEF.

SERIE SERIES	MODELO MODEL	CAUDAL EN L/H. VOLUME LT/HR.	ALT. MANO EN MTS. HEIGHT IN M.	POTENCIA EN CV POWER IN HP.	RPM	ORIFICIO APERTURE
300	AX-4 ACC-4	2.500	10	1	580	ROSCA-THREAD 1"
			20	1,5		
			30	2		
			40			
			50			
400	AX-14 ACC-14	6.000	10	2	490	ROSCA-THREAD 1 1/2"
			20	3		
			30			
			40			
			50			
500	AX-84 ACC-84	15.000	10	3	465	ROSCA-THREAD 2 1/2"
			20	4		
			30	5,5		
			40	7,5		
			50			
600	AX-104 ACC-104	25.000	10	5,5	365	ROSCA-THREAD 3 1/2"
			20	7,5		
			30			
			40			
			50			
600-B	AX-104-B ACC-104-B	25.000	10	5,5	365	BRIDA-CLAMP 4" DIN-2573
			20	7,5		
			30			
			40			
			50			
700	AX-114 ACC-114	43.000	5	5,5	345	BRIDA-CLAMP 5" DIN-2501
			10	7,5		
			20	10		
			30	15		
			40	15		
			50	20		
			5	7,5		
800	AX-124 ACC-124	64.000	10	10	325	BRIDA-CLAMP 6" DIN-2501
			20	15		
			30	15		
			40	20		
			50	25		
			5	7,5		
			10			

3.2. TRASIEGO DE PASTA DE ACEITUNA DE MOLINOS A TERMOBATIDORAS

Se trata de la instalación de transporte de pasta de aceituna desde los molinos de martillos (Z1 y Z2) a las termobatidoras (R1 y R2), correspondientes a las líneas de extracción LE1 y LE2. Cada línea dispone de una bomba de pistón y un circuito de tuberías con posibilidad de descarga en cualquiera de las dos termobatidoras principales. Los circuitos de tuberías serán independientes para facilitar la clasificación de las pastas, instalándose para ello válvulas de tres vías motorizadas en la entrada de las termobatidoras principales que permiten seleccionar de qué molino es la pasta que entra. Todos los elementos de la bomba y las tuberías que entran en contacto con el fluido serán de acero inoxidable apto para uso alimentario.

Se utilizarán válvulas de compuerta que opongan poca resistencia al paso del fluido y se utilizaran codos en las tuberías de radio grande debido a la alta viscosidad del mismo. Tanto a la entrada como a la salida de la bomba de pistón se sitúan válvulas de retención para evitar el retorno de la masa.

3.2.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: Pasta de aceituna
- Densidad: 1.100 kg/m³

- Viscosidad: 0,45 Pa*s (valor dado en tablas de bombas 375 cSt) o valores superiores según las condiciones de humedad y contenido graso
- Caudal de cada línea principal: 3,8 m³/h
- Velocidad de circulación fluido (máxima recomendada): 0,15 m/s
- Material de tuberías: Acero inoxidable AISI 304. Apto para uso alimentario

3.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

3.2.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

Para ambas líneas de tuberías se tiene el mismo caudal máximo (3,8 m³/h) y una velocidad de circulación máxima recomendada de 0,15 m/s. Con estos datos se obtendrá el diámetro mínimo de las tuberías en cada línea.

D = 95 mm (4")

3.2.2.2. ELECCIÓN DE LA BOMBA

A partir de los datos del caudal, una presión de funcionamiento máxima de 5 bares y las curvas proporcionadas por el fabricante de bombas se busca la bomba adecuada al sistema. Se instalará una bomba (P1-P2) en cada línea de extracción.

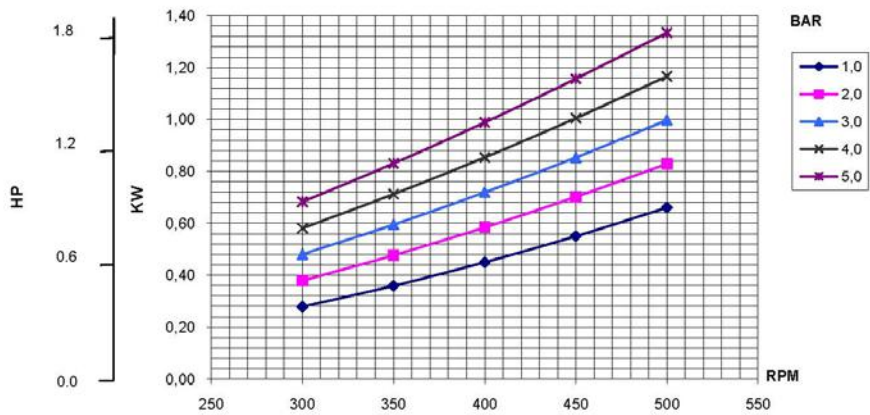
Las curvas que se muestran a continuación corresponden a una bomba marca TRIEF de pistón modelo TRIEF-400. Para el caudal de esta instalación ($Q = 3,8 \text{ m}^3/\text{h} = 63,33 \text{ l/min}$), se cumplen las condiciones de funcionamiento de la bomba. Dentro de la serie TRIEF-400 la que cumple con la presión de 5 bares es la que tiene una potencia de 3 C.V (2,2 kw).

SERIE - SERIES
400

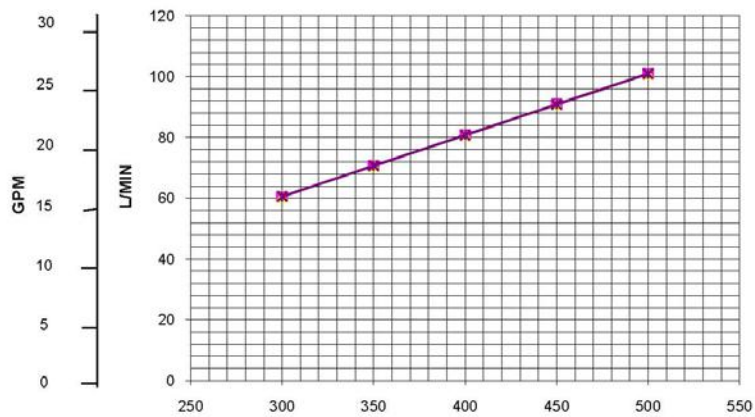
CURVA DE CARACTERÍSTICAS
PERFORMANCE CURVES

VISCOSIDAD - VISCOSITY
375 cSt

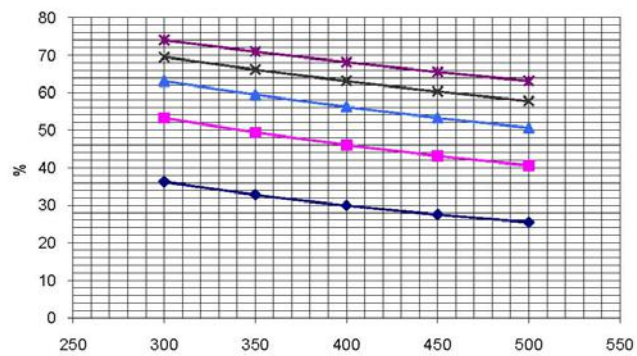
POTENCIA ABSORBIDA - ABSORBED POWER



CAUDAL UTIL - USEFUL FLOW RATE



RENDIMIENTO - EFFICIENCY



BOMBAS TRIEF, S.L.

3.3. TRASIEGO DE PASTA DE ACEITUNA DE BATIDORA A DECÁNTER

Una vez batida y calentada en las termobatidoras (R1 y R2), la pasta de aceituna se trasiega hasta los decánteres horizontales (S1 y S2), de las líneas de extracción de aceite LE1 y LE2, respectivamente.

La instalación consta de una bomba de husillo salomónico (P3 y P4) en cada línea y un tramo de tubería flexible de goma alimentaria. En la salida de la bomba se inyecta agua a la misma temperatura de la masa para facilitar la posterior separación en el decánter.

3.3.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: Pasta de aceituna con agua añadida
- Densidad: 1.100 kg/m³
- Viscosidad: 0,45 Pa*s (valor dado en tablas de bombas 375 cSt) o valores superiores según las condiciones de humedad y contenido graso
- Caudal de cada línea principal: 3,8 m³/h
- Velocidad de circulación fluido (máxima recomendada): 0,15 m/s
- Material de tuberías: goma alimentaria. Apto para uso alimentario

3.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

3.3.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

Para ambas líneas de tuberías se tiene el mismo caudal máximo (3,8 m³/h) y una velocidad de circulación máxima recomendada de 0,15 m/s. Con estos datos se obtendrá el diámetro mínimo de las tuberías en cada línea.

D_{elegido} = 95 mm (4")

3.3.2.2. ELECCIÓN DE LA BOMBA

Para esta bomba se adopta la solución propuesta por los fabricantes de las líneas de extracción. Se trata de una bomba cuyo control está incluido en el control de la línea para un funcionamiento en continuo.

Se instalarán tres bombas (P4 - P5 - P6) iguales en las tres líneas de extracción (LE1 - LE2 - LR). Aunque la línea de repaso tiene más capacidad se montan tres bombas iguales para que en caso de avería de alguna de las bombas de las líneas principales pueda ser sustituida por la de la línea de repaso sin perder capacidad productiva con la única consecuencia de no repasar el alpeorajo producido durante la avería.

Son bombas helicoidales (husillo salomónico) de la marca Tecamyser SL fabricadas en acero inoxidable con una potencia de 3 CV (2,2 kw) de potencia cada una.

3.4. TRASIEGO DE ALPEORUJO

Se trata de la instalación de trasiego de alpeorajo a la salida de los decánteres horizontales (S1 y S2) hasta la termobatidora de repaso (R3) o directamente hasta la deshuesadora (F4).

A la salida de cada uno de los decánteres se coloca una bomba de pistón (P9 y P10) que envía el alpeorajo a través de un circuito de tuberías hasta la entrada de la termobatidora de repaso donde una válvula de tres vías motorizada permite que el alpeorajo entre a la termobatidora o siga por la tubería hacia la deshuesadora.

Si el fluido se dirige directamente a la deshuesadora llegará a un entronque de tuberías regulado por otra válvula de tres vías motorizada donde llega la tubería del alpeorajo una vez repasado en la línea de repaso. Desde esa válvula hasta la deshuesadora existe una sola tubería.

Se incluye la instalación de trasiego de alpeorajo a la salida del decánter horizontal (S3) hasta la deshuesadora (F4).

A la salida del decánter de repaso se coloca una bomba de pistón (P11) que envía el alpeorajo a través de una tubería hasta la entrada de la deshuesadora. En su recorrido conecta en una válvula de 3 vías con la tubería que viene de los decánteres de las líneas principales y a partir de esta válvula comparte tubería con el alpeorajo de dicha tubería. En este tramo será circunstancial que ambos flujos circulen simultáneamente. Se calculará la tubería para el caso más desfavorable que ocurre cuando la batidora de repaso está llena.

Todos los elementos de las bombas y tuberías en contacto con los fluidos serán de acero inoxidable con calidad alimentaria.

3.4.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: alpeorajo. Con mayor contenido graso el que sale de los decánteres principales que el obtenido en el decánter de repaso

- Densidad: 1.200 kg/m³
- Viscosidad: según el tramo
- Caudal de cada tramo: según el tramo
- Velocidad de circulación fluido (máxima recomendada): 0,15 m/s
- Material de tuberías: Acero inoxidable AISI 304. Apto para uso alimentario

3.4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

3.4.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

Se van a establecer tramos de tubería diferentes en función de la cantidad de caudal que circula por los mismos.

TRAMO	RECORRIDO	CAU- DAL (m ³ /h)	Diáme- tro mí- nimo (mm)	Diámetro normali- zado (")
1	Desde la salida de la bomba P9 hasta el entronque con la tubería que viene de P10	3,04	85	4
2	Desde la salida de la bomba P10 hasta el entronque con la tubería que viene de P9	3,04	85	4
3	Desde entronque tramos 1-2 hasta válvula de 3 vías que viene de la bomba P11	6,08	120	5
4	Desde bomba P11 hasta válvula 3 vías que conecta con tramo 3	4,8	106	5
5	Desde válvula tres vías que une tramos 3-4 hasta deshuesadora (F4)	10,88	160	6

3.4.2.2. ELECCIÓN DE LA BOMBA

Se van a instalar bombas de pistón como las que hay entre los molinos y las termobatidoras. Es importante destacar que existen diferentes fluidos a trasegar en esta instalación con viscosidades diferentes. El alpeorujo que sale de los decánteres (S1 y S2) de las líneas principales (LE1 y LE2) tiene mayor contenido graso que el alpeorujo repasado que sale del decánter (S3) de la línea de repaso (LR), y por tanto menor viscosidad a mayor contenido graso.

Se utilizan las mismas curvas de bomba TRIEF-400 que están calculadas para una viscosidad de 375 cSt que para el alpeorujo con densidad (1.200 kg/m^3) equivale a $0,45 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

A continuación se muestran las bombas que se incluyen para esta instalación.

BOMBA (COD UNE)	FLUIDO	CAUDAL (m^3/h)	PRESIÓN MÁXIMA (bares)	MODELO BOMBA	POTENCIA (CV)
P9	Alpeorujo	3,04	5	TRIEF-400	3
P10	Alpeorujo	3,04	5	TRIEF-400	3
P11	Alpeorujo repasado	4,8	5	TRIEF-400	3

4. INSTALACIONES DE TRASIEGO DE ACEITE

4.1. OBJETO

En este anexo se van a calcular las instalaciones de:

- Trasiego de aceite desde los tamices vibratorios F1 y F2, a las centrífugas verticales S4 y S5 de las líneas de extracción de aceite LE1 y LE2. Se incluye también el trasiego de aceite desde el tamiz vibratorio F3 de la línea de repaso (LR) al depósito de la bodega B39 destinado a aceites de calidad inferior (aceite de repaso).
- Trasiego de aceite desde las centrífugas verticales S4 y S5, a los aclaradores F5 a F12.
- Trasiego de aceite de los aclaradores F5 a F12, a los depósitos de bodega B20 a B38
- Trasiego de aceite desde los depósitos de bodega B20 a B39 al punto de carga de cisternas o a envasado

Todos los elementos de las bombas y las tuberías utilizadas en estas instalaciones que entran en contacto con el fluido serán de acero inoxidable apto para uso alimentario.

Se van a calcular las pérdidas de carga en los circuitos de tuberías más representativos que son:

- Carga de aclaradores desde centrífugas verticales
- Carga de depósitos de bodega desde los aclaradores
- Descarga depósitos de bodega hacia punto de carga de cisternas o envasado

Las bombas que se utilizan en el trasiego de aceite serán de aletas de desplazamiento positivo.

En la tabla siguiente se muestran los diferentes modelos de bombas TRIEF de aletas de desplazamiento positivo.

MODELO MODEL	CAUDAL EN L/H. VOLUME LT/HR.	POTENCIA EN CV POWER IN HP.	R.P.M.	ALT. MANO EN MTS. HEIGHT IN M.
BAL 1 - 2 R Serie BAL-300	4.000	1	930	30
	3.000	0,5	700	30
BAL 1½ - 2 R Serie BAL-400	10.000	2	640	20
	9.000	2	600	25
	8.000	2	500	30
	6.000	1,5	400	30
BAL 2½ - 2 R Serie BAL-500	25.000	5,5	530	30
	18.000	4	400	30
	15.000	3	350	30
BAL 3 - 2 R Serie BAL-600	60.000	12,5	650	30
	50.000	10	550	30
	40.000	7,5	450	30
	30.000	5,5	350	30
BAL 4 - 2 R Serie BAL-800	100.000	20	465	30
	80.000	15	3560	30

4.2. INSTALACIÓN DE TRASIEGO DE ACEITE DE TAMICES A CENTRÍFUGAS VERTICALES

Se trata de la instalación de transporte de aceite entre los depósitos vibro-tamiz F1 y F2, y las centrífugas verticales S4 y S5 de las líneas de extracción LE1 y LE2. Son dos líneas gemelas de 100 t/24h de capacidad, siendo la bomba y la tubería a instalar entre ambos equipos las mismas en las dos líneas.

La instalación para cada línea se compone de una bomba de desplazamiento positivo (P6-P7), y un tramo de tubería desde la salida de la bomba hasta la entrada de cada centrífuga.

En el caso de la línea de repaso (LR) se trata del trasiego de aceite entre el depósito vibro-tamiz (F3) y el depósito de la bodega destinado a almacenar el aceite de calidad inferior obtenido en el repaso del alpeorajo.

Se instalará una bomba de desplazamiento positivo (P8) a la salida del depósito vibro-tamiz (F3) y un circuito de tuberías con la valvulería adecuada hasta el depósito B39 de la bodega. El circuito de tubería que llega a la bodega será independiente del que se utilizará para el aceite de primera extracción.

4.2.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: Aceite

- Densidad: 915 kg/m³
- Viscosidad: 0,081 Pa*s
- Caudal: en función del tramo
- Velocidad de circulación fluido: 0,2 m/s
- Material de tuberías: Acero inoxidable AISI 304. Apto para uso alimentario

4.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.2.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

Se va a estimar el diámetro de la tubería para cada línea en función de su capacidad productiva trabajando como línea principal. Esto quiere decir que si en un momento dado hubiera que utilizar la línea de repaso como línea donde realizar la primera extracción de aceite el caudal a la salida del decánter será mayor que cuando trabaja como línea de repaso. Además aunque el rendimiento medio estimado de aceite respecto a la aceituna de entrada es del 20%, habrá épocas de la campaña donde este rendimiento pueda llegar a valores del 30%.

LÍNEA	RECORRIDO	CAUDAL (m ³ /h)	Diámetro mínimo (mm)	Diámetro normalizado (")
LE1	Desde la salida del depósito vibro-tamiz F1 a la centrífuga vertical S4	1,38	49	2
LE2	Desde la salida del depósito vibro-tamiz F2 a la centrífuga vertical S5	1,38	49	2
LR	Desde depósito vibro-tamiz F3 hasta depósito bodega B39	1,92	58	2,5

4.2.2.2. ELECCIÓN DE LA BOMBA

Se van a instalar tres bombas de desplazamiento positivo (P6 - P7 - P8) con una presión de funcionamiento máxima de 3 bares.

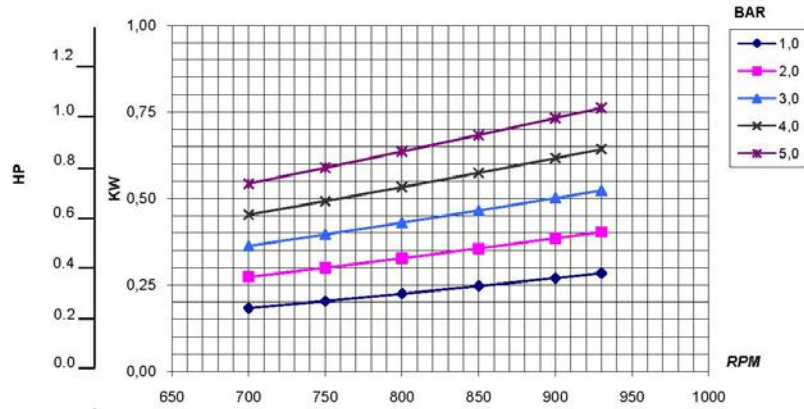
Del fabricante TRIEF se tienen las curvas de funcionamiento de la bomba modelo BAL 1-2R de la serie BAL 300 estimadas para una viscosidad de 10 cSt. La viscosidad del aceite de oliva es de 88 cSt, por tanto se va a elegir la bomba de mayor caudal dentro de la serie BAL 300 (para un caudal de 4.000 l/h) con una potencia de 1 CV (0,75 kw). Las tres bombas serán de este modelo.

SERIE- SERIES
BAL 300

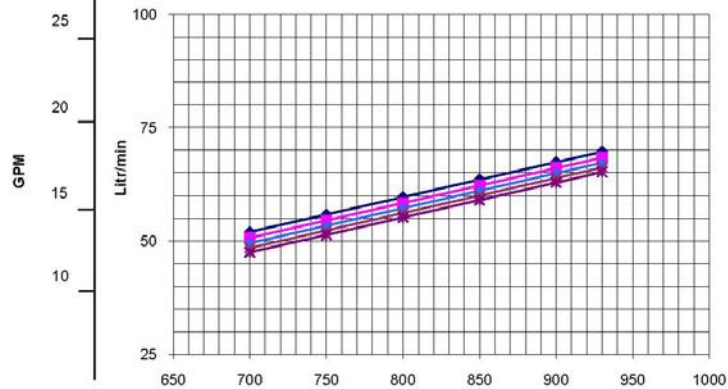
CURVA DE CARACTERISTICAS
PERFORMANCE CURVES

VISCOSIDAD-VISCOSITY
10cSt

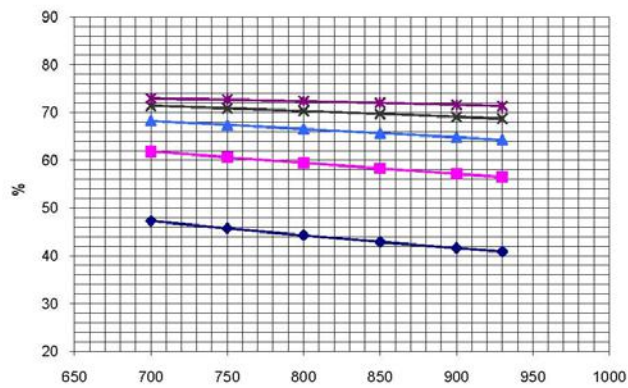
POTENCIA ABSORBIDA - ABSORVED POWER



CAUDAL UTIL- USEFUL FLOW RATE



RENDIMIENTO - EFFICIENCY



BOMBAS TRIEF,S.L.

4.3. INSTALACIÓN DE TRASIEGO DE ACEITE DE LAS CENTRÍFUGAS VERTICALES A ACLARADORES

Instalación de trasiego del aceite desde los depósitos de reposo (B13 y B14) situados en la salida de las centrífugas verticales (S4 y S5), respectivamente, hasta los aclaradores (F5 a F12).

Los depósitos decantadores llevan incorporada unas sondas de nivel que pone en marcha las bombas (P12 y P13) cuando se alcanza el nivel superior del depósito y las detiene al llegar al nivel inferior. Mediante estas bombas se trasiega el aceite hasta los aclaradores, habiendo un circuito de tuberías diferente en cada línea y por tanto los aclaradores disponen de dos circuitos de carga permitiendo la entrada de aceites de calidades diferentes simultáneamente en dos aclaradores distintos. La valvulería instalada en el circuito y a la entrada de los aclaradores es de accionamiento manual, eligiendo el maestro de almazara el aclarador donde introducir el aceite de cada centrífuga.

4.3.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: aceite
- Densidad: 915 kg/m³
- Viscosidad: 0,081 Pa*s
- Caudal de cada línea: 1,38 m³/h
- Velocidad de circulación fluido (máxima recomendada): 0,2 m/s
- Material de tuberías: Acero inoxidable AISI 304. Apto para uso alimentario

4.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.3.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

En las centrífugas verticales se produce la limpieza del aceite de impurezas que se arrastran a la salida del decánter. El caudal de aceite que entra y sale de cada centrífuga vertical es

prácticamente el mismo y a efectos de cálculo se considera igual. Por tanto se mantienen los diámetros de tubería para el trasiego del aceite.

LÍNEA	RECORRIDO	CAUDAL (m ³ /h)	Diámetro mínimo (mm)	Diámetro normalizado (")
LE1	Desde el depósito B13 a los aclaradores	1,38	49	2
LE2	Desde el depósito B14 a los aclaradores	1,38	49	2

4.3.2.2. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA

Las pérdidas de carga de la instalación son la suma de las pérdidas de carga en la tubería más las pérdidas de carga en singularidades más la altura geométrica, todas expresadas en metros.

$$h_c = h_t + h_s + h_g$$

Para la determinación de las pérdidas de carga en tubería se usará la ecuación de Darcy - Weisbach.

$$h_t = 0,0826 * f * \left(\frac{Q^2}{D^5}\right) * L$$

y para las pérdidas en singularidades,

$$h_s = K \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

Siendo,

K = coef. empírico adimensional

v = velocidad del fluido (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m²/s)

Se calculan las pérdidas de carga en el tramo más desfavorable de esta instalación que será el que va desde la centrífuga vertical S4 hasta el aclarador más alejado. La longitud máxima tubería de este circuito será:

$$L_{cv-acl} = 24 \text{ metros}$$

Puesto que ambos circuitos transportan el mismo fluido, en la misma tubería y a la misma velocidad máxima, tendrán el mismo número de Reynolds y el mismo factor de fricción.

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} = \frac{915 \frac{kg}{m^3} * 0,20 \frac{m}{s} * 0,0508 m}{0,081 Pa \cdot s} = 114,77$$

Fórmula el factor de fricción en régimen laminar $Re < 2.000$:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{114,77} = 0,558$$

En la siguiente tabla se muestran los elementos singulares en cada línea de extracción y su coeficiente adimensional K.

	CV-Aclarador	
	ud	K
Entrada tubería	1	0,5
Válvula esférica	4	40
Codo 90°	5	5
Codo 45°	2	0,8
T salida en línea	7	12,6
Salida tubería	1	1
	K =	59,9

Una vez conocido el coeficiente de singularidades se calculan las pérdidas de carga en singularidades.

Se muestran a continuación las pérdidas de cargas totales incluyendo la altura geométrica.

CV-Aclarador		
Pérdidas de carga en tubería	h_t (m)	+0,48
Pérdidas de carga en singularidades	h_s (m)	+0,122
Altura geométrica	h_g (m)	+3
Altura manométrica total	h_c (m)	=3,602

En el punto de funcionamiento, la altura manométrica dada por la bomba al menos igual a la altura manométrica total.

4.3.2.3. ELECCIÓN DE LA BOMBA

Se van a instalar dos bombas de desplazamiento positivo (P12 - P13) con una altura manométrica mínima de 15,233 metros para un caudal de 1,38 m³/h.

Según las propiedades del fluido y condiciones de funcionamiento se elige una bomba que cumpla con estos requisitos, optando por dos bombas TRIEF - BAL 1-2R - Serie BAL 300 de 0,5 CV.

4.4. INSTALACIÓN DE TRASIEGO DE ACEITE DE ACLARADORES A BODEGA, CARGA DE CISTERNAS Y ENVASADO

Se trata de la instalación de trasiego de aceite limpio desde los aclaradores F5 a F12 hasta la zona de bodega y posteriormente hacia el punto de carga de cisternas o a la envasadora, según el tipo de venta que se realice del aceite.

La instalación está formada por un circuito de tuberías que parte de los aclaradores hacia la bodega y sigue a la salida de la bodega, bien al punto de carga de cisternas o hacia el depósito coupage para mezclas de aceites que se vayan a envasar.

Si se destina el aceite a envasado primero llega al depósito de mezclas-coupage (B40), y desde el depósito de mezclas pasará al depósito nodriza de la envasadora (B41) pasando por el equipo de filtrado (F13).

Para el trasiego de aceites en esta instalación se utilizarán 3 bombas diferentes en función de la necesidad.

- Primera: se sitúa a la salida de los aclaradores, será una bomba de aletas de desplazamiento positivo (P15). Se elige un caudal de funcionamiento de 10 m³/h. Se trata de un caudal mayor que el de producción de aceite pero en las operaciones de trasiego de aceite a bodega se requiere reducir el tiempo de trabajo.
- Segunda: se va a instalar un punto de carga de cisternas que tienen una capacidad de 30 m³ aproximadamente. Para ello se instalará una bomba (P17) de aletas de desplazamiento positivo con un caudal de trabajo de 40 m³/h. Se busca poder llenar las cisternas en un periodo corto de tiempo sin darle demasiada velocidad al aceite para que no se estropee.
- Tercera: se dispone una bomba auxiliar (P18) para el trasiego de aceite entre depósitos de la bodega, para el envío de aceite hacia el depósito coupage donde mezclar los aceites a envasar y para hacer pasar el aceite por el filtro hasta el depósito nodriza de la envasadora. El caudal de trabajo elegido estará entre 15 y 20 m³/h.

4.4.1. PARÁMETROS DE CÁLCULO

- Fluido: aceite

- Densidad: 915 kg/m³
- Viscosidad: 0,081 Pa*s
- Caudal de trabajo: varía con la bomba que se utilice
- Velocidad de circulación fluido (máxima recomendada): depende de la operación a realizar
- Material de tuberías: Acero inoxidable AISI 304. Apto para uso alimentario

4.4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.4.2.1. SECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Se obtiene el diámetro mínimo para la tubería del circuito a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = v \cdot A$$

Donde,

Q = caudal máximo (m³/s)

v = velocidad del fluido (m/s)

A = sección de la tubería (m²)

Para el cálculo del diámetro de tuberías hay que tener en cuenta que el aceite se debe de trasegar a una velocidad no superior a 1 m/s y que existen bombas de diferentes caudales. Se estimarán diámetros para cada una de las bombas en función de su caudal y la velocidad máxima recomendada del fluido en esa operación. La velocidad máxima de circulación solo se utilizará en el punto de carga de cisternas donde el aceite ya es vendido.

BOMBA	RECORRIDO	CAU- DAL (m ³ /h)	Velocidad de circula- ción del fluido (m/s)	Diáme- tro mí- nimo (mm)	Diámetro normali- zado (")
P15	TRAMO 1: Trasiego de aceite entre aclaradores y depósitos de bodega	10	0,5	84	4
P17	TRAMO 2: Trasiego de aceite de depósitos de bodega a cisternas	40	1	119	5
P18	TRAMO 3: Trasiego de aceite entre depósitos de bodega o hacia envasadora	15-20	0,5	119	5

Se montará todo el circuito de tuberías desde aclaradores a bodega, punto de carga y envasado en un diámetro de 5". Todas las tuberías y valvulería serán de acero inoxidable AISI-304.

4.4.2.2. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA TUBERÍA

Las pérdidas de carga de la instalación son la suma de las pérdidas de carga en la tubería más las pérdidas de carga en singularidades más la altura geométrica, todas expresadas en metros.

$$h_c = h_t + h_s + h_g$$

Para la determinación de las pérdidas de carga en tubería se usará la ecuación de Darcy - Weisbach.

$$h_t = 0,0826 * f * \left(\frac{Q^2}{D^5}\right) * L$$

y para las pérdidas en singularidades,

$$h_s = K \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

Siendo,

K = coef. empírico adimensional

v = velocidad del fluido (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m²/s)

Se calculan las pérdidas de carga en tramo más desfavorable de cada uno de los tramos principales de esta instalación. Como la altura geométrica en cada tramo es la misma en todo su circuito se calcularán las pérdidas de carga para cada tramo de mayor longitud. Para cada tramo tenemos los siguientes datos:

	Longitud L (m)	Caudal Q (m ³ /h)	Altura geométrica h _g (m)	Diámetro interno tubería (m)	Velocidad fluido v (m/s)	nº Reynolds (Re)	Factor de fricción (f)
TRAMO 1	67	10	7	0,0976	0,5	573,851852	0,11152704
TRAMO 2	70	40	3	0,123	1	1434,62963	0,04461082
TRAMO 3	65	15	2	0,123	0,5	717,314815	0,08922163

En la siguiente tabla se muestran los elementos singulares en cada línea de extracción y su coeficiente adimensional K.

	CV-Aclarador	
	ud	K
Entrada tubería	1	0,5
Válvula esférica	4	40
Codo 90°	5	5
Codo 45°	2	0,8
T salida en línea	7	12,6
Salida tubería	1	1
	K =	59,9

Una vez conocido el coeficiente de singularidades se calculan las pérdidas de carga en singularidades.

Se muestran a continuación las pérdidas de cargas totales incluyendo la altura geométrica.

		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
Pérdidas de carga en tubería	h_t (m)	+0,54	+1,13	+0,30
Pérdidas de carga en singularidades	h_s (m)	+0,982	+4,062	+1,005
Altura geométrica	h_g (m)	+7	+3	+2
Altura manométrica total	h_c (m)	= 8,522	= 8,193	= 3,301

En el punto de funcionamiento, la altura manométrica dada por la bomba al menos igual a la altura manométrica total.

4.4.3.2. ELECCIÓN DE LA BOMBA

Las tres bombas que se van a utilizar en esta instalación (P15 - P17 - P18) serán bombas de aletas de desplazamiento positivo, cuya presión máxima de funcionamiento será de 3 bares.

Dentro del catálogo de las bombas TRIEF son las bombas modelo BAL. A continuación se muestran las curvas de funcionamiento de las bombas que se quieren instalar para una viscosidad cinemática de 110 cSt. Sabiendo que la viscosidad cinemática del aceite de oliva es 88 cSt.

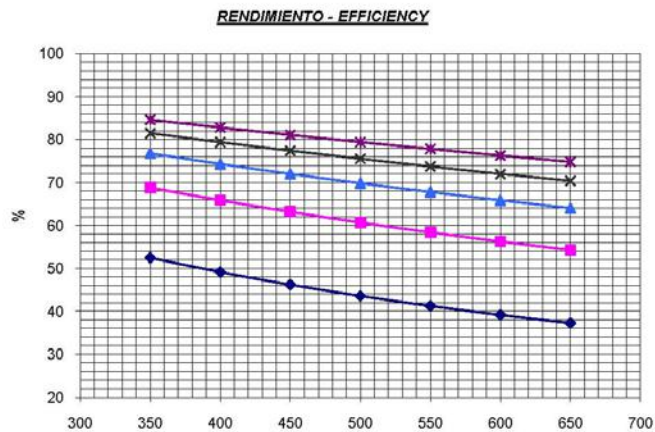
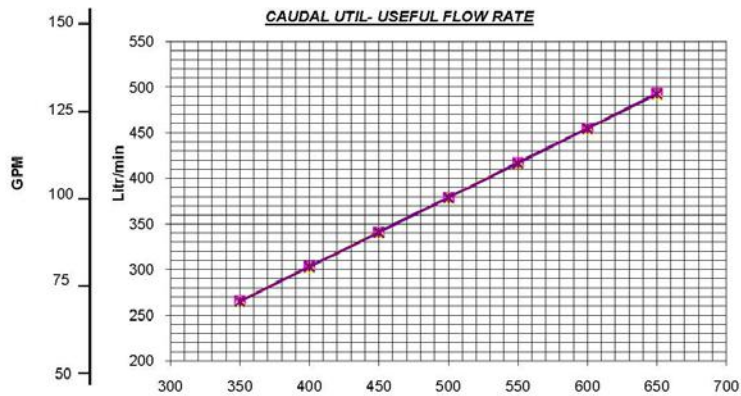
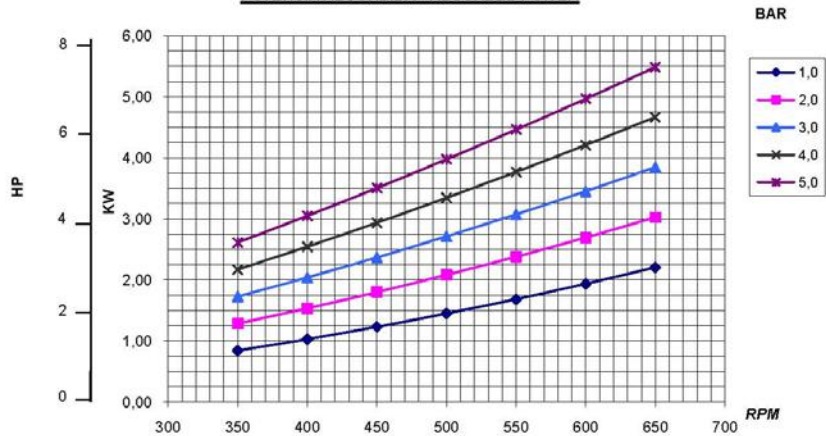
Para las bombas P15 y P18 tenemos:

SERIE- SERIES
BAL 500
MODEL- MODELO
BAL 21/2- 2R

CURVA DE CARACTERISTICAS
PERFORMANCE CURVES

VISCOSIDAD-VISCOSITY
110 cSt

POTENCIA ABSORBIDA - ABSORBED POWER



BOMBAS TRIEF,S.L.

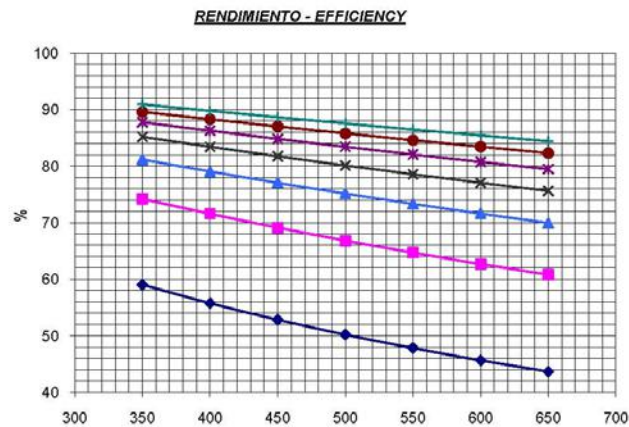
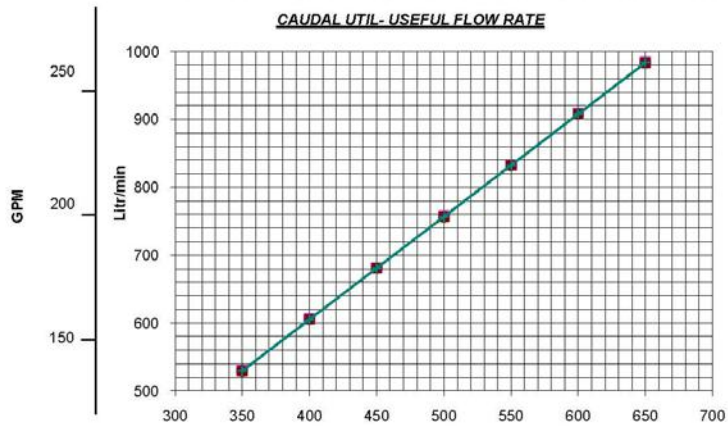
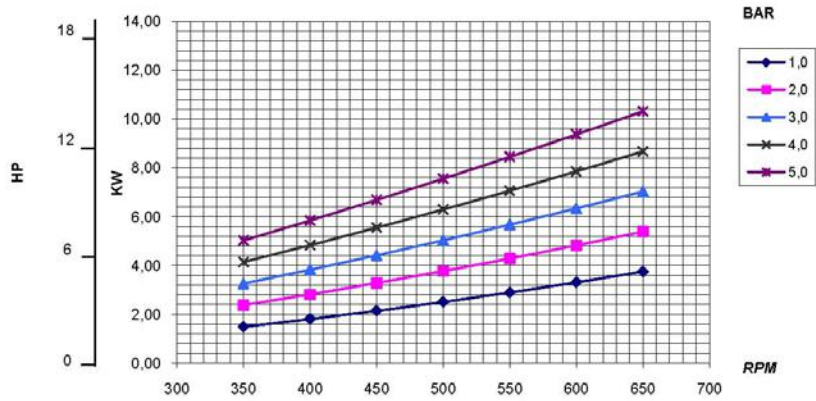
Para la bomba P17:

SERIE- SERIES
BAL600
MODELO- MODEL
BAL-3-2R

CURVA DE CARACTERISTICAS
PERFORMANCE CURVES

VISCOSIDAD-VISCOSITY
110 cSt

POTENCIA ABSORBIDA - ABSORBED POWER



BOMBAS TRIEF,S.L.

Resultando las bombas elegidas las que se incluyen en la siguiente tabla:

BOMBA	RECORRIDO	CAU- DAL (m³/h)	Velocidad de circula- ción del fluido (m/s)	Altura mínima (m)	Marca-Modelo- Serie	Potencia (CV) - (kw)
P15	Trasiego de aceite entre aclaradores y depósitos de bodega	10	0,5	8,52	TRIEF BAL 2 ½-2R-500	3 - 2,2
P17	Trasiego de aceite de depósitos de bodega a cisternas	40	1	8,193	TRIEF BAL 3 - 2R-600	7,5 - 5,5
P18	Trasiego de aceite entre depósitos de bodega o hacia envasadora	18	0,3	3,301	TRIEF- BAL 2 ½-2R-500	4 - 3

5. FILOSOFÍA DEL CONTROL

5.1. OBJETO Y DESCRIPCIÓN

Se van a indicar los diferentes puntos de control existentes en la almazara y como se realiza dicho control. Se representan los lazos de control más importantes del diagrama del proceso de producción.

5.2. PUNTOS DE CONTROL

En la industria almazarera, la variabilidad en las propiedades de la aceituna que entra en el proceso (variedad de aceituna, grado de madurez, humedad, suciedad, etc.) hacen que el control del proceso no se rija por una regla fija. El responsable del control en todo el proceso se denomina “maestro almazarero”, y su función consiste en controlar como transcurre el proceso y regular la maquinaria para obtener un aceite de máxima calidad. Podrá delegar en algún auxiliar de la almazara para los turnos nocturnos.

Desde el punto de vista del control del proceso, existen tres zonas de control diferentes. Cada una se controla independiente de la otra y con equipos diferentes.

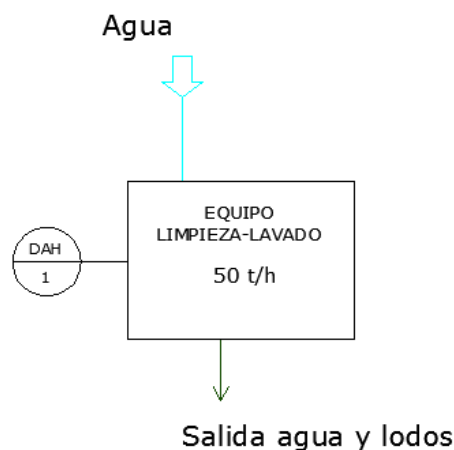
5.2.1. ZONA DE RECEPCIÓN, LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO PREVIO

Abarca el control de todos los equipos de las etapas del proceso 1 a 12, ambas inclusive.

El control se llevará a cabo desde la caseta de control situada al lado de las tolvas de recepción de aceituna. En ella se dispondrá de todo el equipo informático y panel de control necesarios para el manejo de los equipos. Los puntos de control en esta zona:

1. El primer lugar donde debe actuar el maestro almazarero es en la recepción de la aceituna. Según la variedad de aceituna, si está recogida del suelo o del árbol y, si presenta defectos o no, se elegirá la tolva de recepción donde descargue el vehículo y la tolva de almacenamiento donde quedará la aceituna antes de ser molturada. Para ello se pondrán en funcionamiento las cintas transportadoras correspondientes para seguir el camino elegido hasta la tolva de almacenamiento previo. El control se realiza a mediante un panel de control situado en la caseta.
2. La velocidad de las cintas transportadoras desde la tolva de recepción a los equipos compactos de limpieza-lavado se podrá regular manualmente mediante un potenciómetro según sea necesario. Las demás cintas tienen una velocidad de trabajo fija y solo estará regulado su puesta en marcha y pare desde el panel de control.
3. En función de la suciedad adherida a la aceituna, cuando esta entra en el equipo compacto de limpieza-lavado se optará por lavarla o por una vez eliminadas las hojas y ramas pasarla por un bypass dentro del equipo de limpieza sin lavarla.

4. En los equipos de esta zona de la almazara se instalarán alarmas que en caso de avería de los motores detengan automáticamente los equipos predecesores para evitar el colapso de la instalación. Cuando las intensidades de los motores superan un valor umbral se detendrán automáticamente por seguridad.
5. El vaciado de los depósitos de agua de las lavadoras se realizará cuando el densímetro situado dentro del depósito indique un valor máximo admitido y avise en el panel de control donde el maestro de almazara o un auxiliar detendrán la línea de limpieza cuando este sin carga y procederán a vaciar el depósito, llenándolo posteriormente con agua limpia para seguir trabajando.

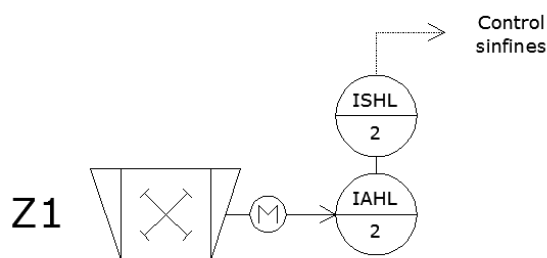


5.2.2. ZONA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

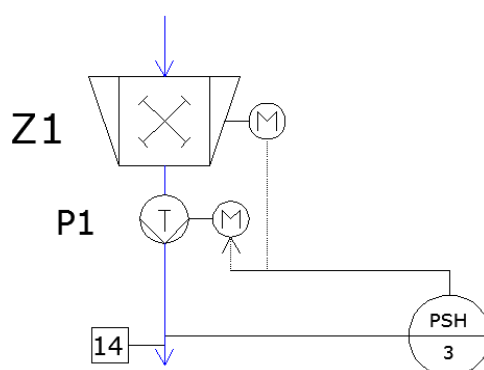
En esta zona se encuentra toda la maquinaria que afecta a las etapas 13 a 27, y de la 31 a la 39.

Para el control de los equipos de esta zona de la almazara se tiene un panel de control situado en la nave de molino donde se programará el funcionamiento de las diferentes líneas de extracción, así como el funcionamiento de los transportadores sinfín que van de las tolvas de almacenamiento previo a los molinos de martillos. Los puntos de control en esta zona se describen a continuación:

1. En las líneas de extracción de aceite el maestro almazara decide de que tolva de almacenamiento se coge la aceituna a molturar teniendo en cuenta que el tiempo máximo de permanencia de la aceituna en las tolvas debe oscilar entre 24-48 horas. A su vez elegirá si dicha aceituna entrará al molino de martillos de la línea de extracción 1 o 2 (LE1 o LE2).
2. En los transportadores sinfines se regulará la velocidad en función de la intensidad medida en el molino. Cuando la intensidad es más elevada el molino tiene sobrecarga de aceituna y se reduce la velocidad de abastecimiento. Cuando la intensidad del molino baja mucho significará que la tolva está vacía saltando un aviso para que el maestro almazarero detenga el equipo o abra otra tolva.

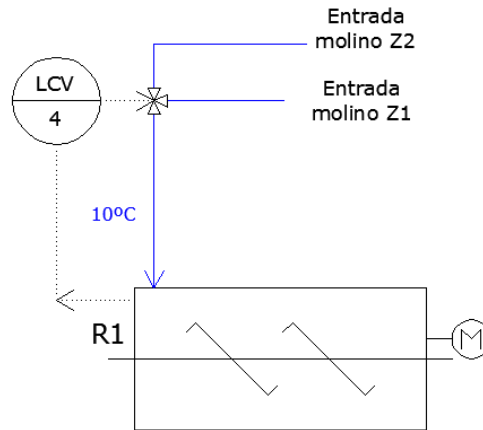


3. El grado de criba del molino de martillos se podrá regular manualmente en el mismo molino en función del estado de la aceituna. Se utilizará un grado de molturación más fino para aceituna de inicio de campaña y un grado mayor con aceituna más madura o atrojada.
4. La puesta en marcha de las líneas de extracción de aceite se realiza en dos fases. Una primera fase donde se abre la tolva de aceituna a molturar, se ponen en marcha los sinfines para llevarla al molino elegido arrancando dicho molino, la bomba pistón asociada y la batidora de la línea. La segunda fase de puesta en marcha de la línea comienza una vez ha transcurrido el tiempo de batido de 90-120 minutos de la masa. En este momento se pone en marcha la bomba a la salida de la batidora, el decánter, vibro-tamiz, bomba pistón que envía alpeorajo a batidora de repaso, batidora de repaso, bomba de trasiego aceite a centrífuga vertical, centrífuga vertical y bomba de trasiego a los aclaradores. Se habrá elegido el aclarador donde se introduce el aceite abriendo la válvula de entrada manualmente.
5. En la bomba de pistón además del sensor de alarma según la intensidad existirá un control de la presión en la tubería de salida. Cuando dicha presión aumenta por encima de 6 bares se detendrá la bomba y los equipos anteriores.

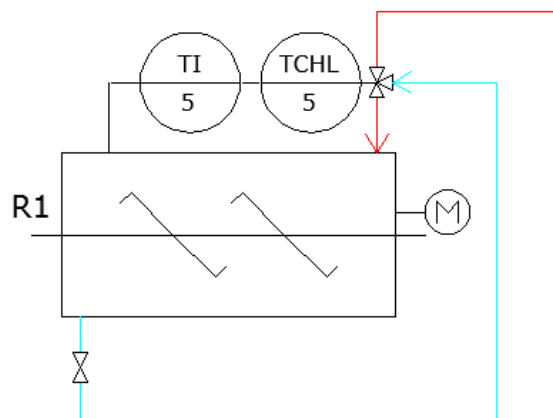


6. A la entrada de las batidoras de las líneas de extracción principales existen válvulas motorizadas de 3 vías que permiten al maestro almazarero elegir a cuál de ellas envía la pasta de aceituna desde los molinos. En el interior de las batidoras existen sensores de nivel que actúan sobre la válvula en la entrada cerrándola cuando está llena y abriéndola cuando

la batidora comienza a vaciarse. En caso de tener las dos batidoras llenas actuará deteniendo las bombas de alimentación, los molinos y los transportadores sinfines. Esta situación no debe ser algo común ya que desde los molinos a las centrífugas verticales son líneas continuas de proceso. Las válvulas motorizadas también se cerrarán en caso de avería en las batidoras y por consiguiente se detendrán todos los equipos predecesores.



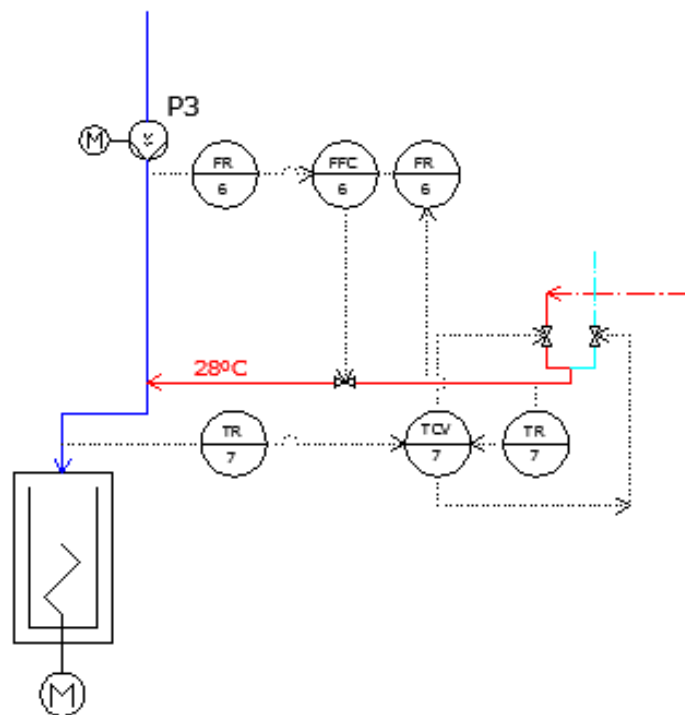
7. La válvula de 3 vías que regula la entrada de agua a la batidora se regula en función de la temperatura de la masa de batido. Dicha temperatura no debe superar los 28°C según la normativa de producción integrada. El lazo de control que regula esta válvula constará de un medidor de temperatura de la masa en el interior de la batidora y un controlador sobre la válvula que permite la entrada de agua del retorno de la batidora o de la caldera. En la batidora de repaso la regulación de la temperatura será la misma a diferencia de la temperatura máxima que en ese caso será de unos 50°C.



8. La adición de talco a las batidoras se controla manualmente según inspección visual de la masa por parte del maestro. Se añadirá talco cuando se considere que se trata de una pasta de aceituna “difícil”, es decir, con el tiempo de batido y la temperatura empleada no sería suficiente para obtener una separación óptima entre fase sólida y fase oleosa. El

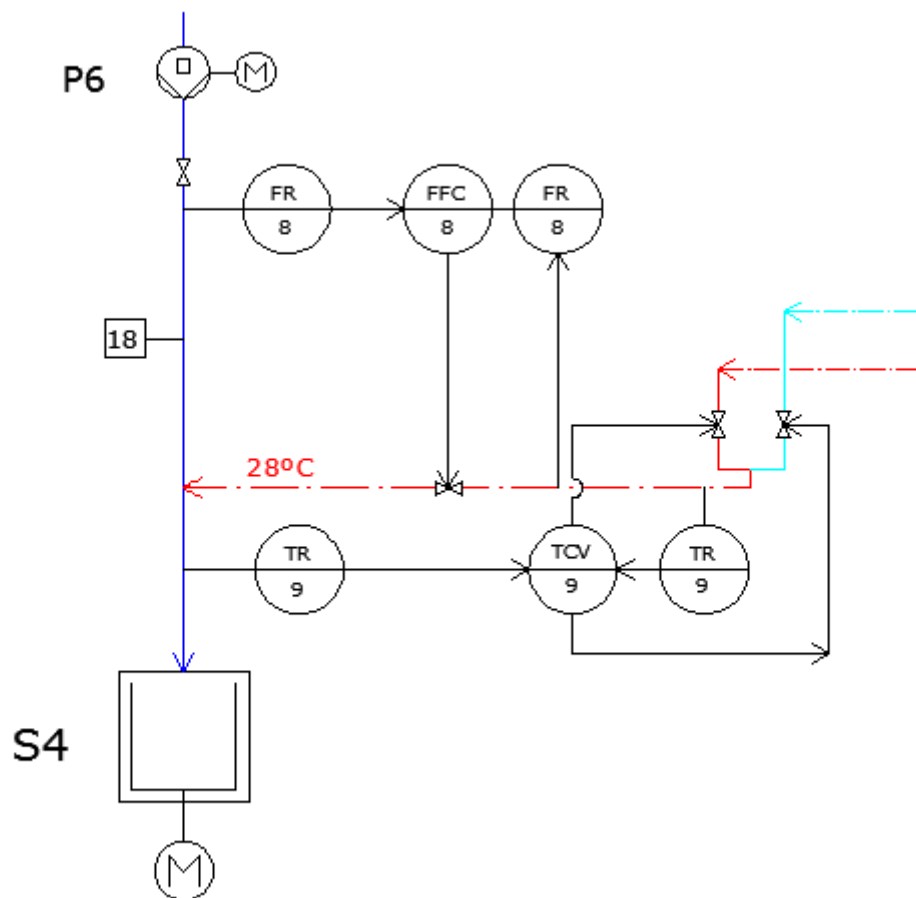
operario echa el talco en el tolvin que hay al lado de la batidora y conecta el sinfín de alimentación.

9. La regulación de la caldera va en relación con la apertura/cierre de las válvulas de tres vías que regulan la entrada de agua a las batidoras. Cuando estas válvulas permanecen cerradas a la entrada de agua caliente de la caldera porque la temperatura de la masa está en su máximo, se dosificará la entrada de hueso de aceituna a la caldera para controlar la temperatura de salida del agua en la caldera. Otro factor a controlar será el caudal de circulación de agua por el circuito cerrado.
10. En la salida de las batidoras existe adición de agua caliente. La cantidad de agua añadida se regula en función del caudal de pasta de aceituna que va desde la batidora al decánter horizontal mediante un medidor de caudal que actúa sobre un regulador de caudal en la tubería de agua (este regulador de caudal podrá ser manual puesto que se conoce la cantidad aproximada que circula en el proceso). El regulador de caudal actuará a razón de $0,05 \text{ m}^3/\text{t}$ de aceituna. La temperatura del agua se regula con un medidor de temperatura en la masa de aceituna regulando la entrada de agua desde la tubería de agua caliente y fría.

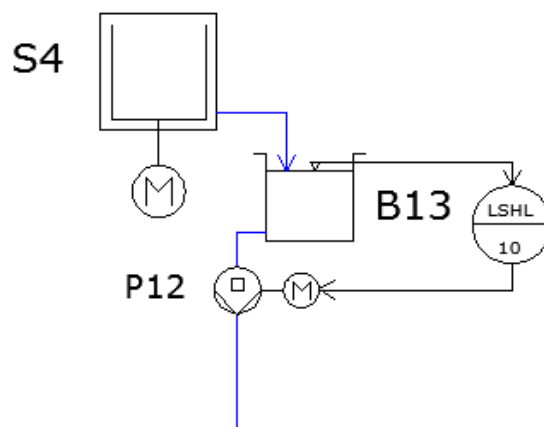


11. En el decánter se regula la apertura del diafragma manualmente para que las pérdidas de materia grasa en el alpeorajo sean mínimas y el aceite obtenido este limpio. A menor apertura del diafragma, la distancia al eje de giro del decánter también lo es, por lo que el líquido que sale es el de menor densidad obteniendo un aceite más limpio, pero se corre el riesgo de que parte del contenido graso se vaya en el alpeorajo. La apertura más idónea dependerá del tipo de aceituna cantidad de masa y el agua añadida.

12. El agua añadida al aceite en la centrífuga vertical lo hace mediante el mismo sistema de regulador de caudal y sensores de temperatura. La temperatura máxima del agua será de 28°C y el caudal de agua inyectado será de 0,08 m³/t de aceituna.



13. La descarga de aceite de la centrífuga vertical es continua hacia el depósito situado en la salida. Dicho depósito tiene una sonda de nivel que indica un nivel máximo y uno mínimo. Cuando la sonda llega al nivel máximo arranca la bomba de trasiego de aceite a los aclaradores y cuando alcanza el nivel mínimo la bomba se para evitando la descarga completa del depósito. El agua de limpieza de la centrífuga sale en continuo hacia el desengrasador.



14. Una vez funcionando la línea en continuo se cerrarán y abrirán válvulas de entrada a aclaradores conforme se vayan llenando o haya que clasificar el aceite producido. En principio las válvulas de los circuitos de llenado de los aclaradores serán de accionamiento manual.
15. El decánter de repaso, la bomba de pistón que envía el alpeorujo a la deshuesadora, la deshuesadora y el sinfín de transporte de orujo a las tolvas se arrancan una vez transcurrido el tiempo de batido en la batidora de repaso. El grado de criba de la deshuesadora se regula manualmente.

5.2.3. ZONA DE BODEGA Y ENVASADO

En esta zona se controlan las etapas 28, 29 y 30. A diferencia de las otras zonas, el control a realizar será todo manual, donde el operario de la bodega actuará bajo las indicaciones del “maestro de almazara”. Los puntos de control en esta zona son:

1. El tiempo de permanencia del aceite en los aclaradores es de entre 24-48 horas. Durante este periodo se realizan purgas en el inferior de los mismo retirando los sólidos resultantes en un pequeño deposito portátil e introduciéndolos en la batidora de repaso. En el momento que el maestro de almazara observa que la suciedad en el aclarador es baja se dispone a trasegar el aceite hacía la bodega. Se elige el depósito donde se enviará el aceite abriendo las válvulas del circuito correspondientes manualmente.
2. La carga de las cisternas se realizará usando una bomba portátil que se conecta al circuito de tuberías de la bodega y tiene la salida de aceite en el punto de carga de cisternas. Operación realizada manualmente por un operario programando las horas de carga de las cisternas para no interferir con el trasiego de aceite entre aclaradores y bodega.
3. El aceite que se vaya a envasar se envía al depósito coupage con la bomba portátil eligiendo los depósitos de donde se vaya a coger el aceite. Se podrán realizar mezclas de diferentes depósitos a criterio de los compradores, del maestro de la almazara o de un catador externo que hiciera una labor de asesoramiento. Una vez preparada la mezcla en

el depósito coupage se enviará al depósito nodriza. En función del cliente se hará pasar el aceite o no por el filtro de placas.

4. La puesta en marcha del filtro se realizará manualmente por el operario encargado de la función de envasado. El equipo de filtración posee un sistema de autolimpieza que actúa por diferencia de presiones entre la entrada y salida. Cuando se alcanza un cierto valor de diferencia de presiones se pone en marcha el motor eléctrico de la autolimpieza que hace girar el bloque filtrante, desplazando la capa de suciedad hacia las paredes del tanque y cayendo al fondo del mismo en la bandeja de recogida.
5. En la envasadora se colocan los envases en la máquina y se pone en funcionamiento. La máquina tara el envase, se pone a cero la báscula y se realiza el llenado en función del peso programado por uno de los grifos. La máquina dosifica el peso justo y se para automáticamente. Pulsando un botón, el operario pondrá en marcha el otro grifo permitiéndole tapar y etiquetar el envase lleno y alimentar uno vacío a la máquina. La dosificación del peso elegido se hace en el panel de control y oscila desde 0,25 hasta 5 litros.
6. Los envases llenados son colocados por el operario en el transportador con el tapón sobre la boca del envase. La cinta conduce los envases a la taponadora, donde entran en los alojamientos de la estrella. Al ser detectados por una fotocélula, el plato es accionado para posicionar los envases debajo del cabezal para su cierre. La taponadora dispone de un embrague de seguridad que detiene la máquina automáticamente en caso de atasco.
7. Una vez colocado el tapón vuelve al transportador hacia la etiquetadora. Una vez etiquetados los envases se acumulan en el plato receptor donde el operario procederá a su embalaje. El producto embalado es apilado dentro de la nave de producto terminado a la espera de ser cargado en el transporte y ser enviado al cliente.

6. DIMENSIONAMIENTO DE CINTAS TRANSPORTADORAS

6.1. OBJETO Y DESCRIPCIÓN

En este anexo se van a dimensionar las diferentes cintas transportadoras de la instalación, calculando el ancho de banda mínimo y potencia del motor necesarios para el transporte de los diferentes materiales.

Las cintas objeto de cálculo son las que aparecen en el patio de la almazara dentro de la instalación de limpieza y lavado de aceituna (H1 a H16). La situación de cada una de las cintas y los equipos que conectan se muestran en el *plano nº5 - hoja nº1*.

Se trata en todos los casos de cintas transportadoras en artesa con dos rodillos que tienen un ángulo de 20° respecto a la horizontal. Son accionadas por un motor eléctrico (1.500 rpm) que realiza la transmisión de energía mecánica al rodillo portante mediante poleas.

Los datos de diseño para las cintas vendrán determinados por su disposición dentro de la instalación, material transportado y cantidad del material transportado.

6.2. CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA Y POTENCIA DEL MOTOR

Para la realización de estos cálculos se va a seguir la norma UNE 58-204-92 “Cintas transportadoras provistas de rodillos portantes” y los prontuarios proporcionados por el fabricante TREICO S.A. que ofrecen datos característicos de las cintas transportadoras.

Los datos necesarios para el cálculo de las cintas transportadoras son:

- Longitud en L (m): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Altura de elevación H (m): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Ángulo de elevación δ (°): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Densidad del material transportado ρ (t/m³): dato conocido tanto para aceituna limpia como para orujo.
- Flujo de materia transportado Q (t/h): dato conocido del balance de materia del proceso.
- Velocidad de la banda v (m/s): dato proporcionado por el fabricante TREICO S.A.
- Tipo de cinta transportadora: Se van a instalar cintas en artesa de dos rodillos a 20° respecto a la horizontal.

6.2.1. ANCHO DE BANDA NECESARIO

Para calcular el ancho de banda se parte de la ecuación que determina el flujo de materia transportado Q (t/h), tomando como datos de diseño los días de máxima producción.

$$Q = Q_m \cdot v \cdot k \cdot \rho$$

Siendo,

Q_m = Capacidad teórica de transporte a $v = 1$ m/s;

v = Velocidad de la cinta en m/s. En este caso se estima 1 m/s;

k = coeficiente para bandas inclinadas. En función de la inclinación. Para cinta horizontal $k=1$;

ρ = densidad de la materia (t/m^3).

Se despeja de la ecuación el valor de Q_m y en la TABLA 3.1. del prontuario de TREICO S.A se obtiene el ancho mínimo de banda que cumple dicha capacidad teórica.

COD. UNE	Ángulo de inclinación δ (°)	Coef. Inclinación k	Flujo de materia Q (t/h)	Densidad (t/m^3)	Capacidad teórica Q_m (m^3/h)	Ancho de banda mínimo (mm)
H1	26	0,66	50	0,6	126	700
H2	26	0,66	50	0,6	126	700
H3	26	0,66	45	0,8	85	600
H4	26	0,66	45	0,8	85	600
H5	27	0,64	45	0,8	88	600
H6	27	0,64	45	0,8	88	600
H7	0	1	2	1,5	1	300
H8	0	1	2	0,2	10	300
H9	0	1	45	0,8	56	500
H10	0	1	45	0,8	56	500
H11	5	0,985	1	0,85	1	300
H12	5	0,985	1	0,85	1	300
H13	0	1	45	0,8	56	500
H14	0	1	45	0,8	56	500
H15	23	0,73	2	1,5	2	300
H16	23	0,73	2	0,2	14	300

Tabla A6.1. Datos de diseño de las cintas transportadoras.

Estos serán los anchos de banda necesarios en las diferentes cintas según los datos proporcionados por el fabricante.

6.2.2. POTENCIA NECESARIA

Para el cálculo de la potencia necesaria en el motor primero se debe calcular el esfuerzo tangencial en el/los tambor/es de accionamiento.

Dicho esfuerzo F_u (N) viene dado por la ecuación,

$$F_u = F_H + F_N + F_{s1} + F_{s2} + F_{st}$$

Donde,

F_H (N) = Resistencias principales;

F_N (N) = Resistencias secundarias;

F_{s1} (N) = Resistencias principales especiales;

F_{s2} (N) = Resistencias secundarias especiales;

F_{st} (N) = Resistencias debidas a la inclinación.

Las resistencias principales y las debidas a la inclinación son las siguientes:

$$F_H = f \cdot L \cdot g [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G) \cos \delta]$$

$$F_{st} = q_G \cdot H \cdot g$$

nos queda que el esfuerzo F_{u1} viene definido por,

$$F_{u1} = f \cdot L \cdot g [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G) \cos \delta] + q_G \cdot H \cdot g$$

Y F_{u2} ,

$$F_{u2} = F_N + F_{s1} + F_{s2}$$

Siendo,

q_{RO} (kg/m) = Masa de las partes giratorias de los rodillos portadores por metro de ramal cargado;

q_{RO} (kg/m) = Masa de las partes giratorias de los rodillos de retorno por metro de ramal de retorno;

q_B (kg/m) = Masa de la banda por metro en ramal superior o inferior;

q_G (kg/m) = Masa del material transportado por metro;

f = factor ficticio de rozamiento. Se estima un valor de 0,03. En condiciones desfavorables de mantenimiento;

g (m/s²) = Aceleración de la gravedad 9,81 m/s²;

L (m) = Longitud de la cinta. Dato;

H (m) = Altura de elevación. Dato;

δ (°) = Ángulo de inclinación. Dato;

Para obtener los valores de q_{RO} y q_{RU} utilizaremos la tabla 3.8 del prontuario. En función del ancho de banda que tengamos podremos utilizar diferentes diámetros de rodillos y a su vez elegir entre rodillos planos y rodillos abarquillados. En este caso al ser cintas en artesa se utilizarán rodillos abarquillados.

$$q_{RO} = \frac{\text{peso de los rodillos}}{\text{distancia entre los rodillos superiores}}$$

$$q_{RU} = \frac{\text{peso de los rodillos}}{\text{distancia entre los rodillos inferiores}}$$

Las distancias mínimas entre los rodillos superiores (s) e inferiores (i) vendrán determinadas por la TABLA 3.10 del prontuario y, dependerán de la densidad del material transportado y del ancho de banda de la cinta.

De la TABLA 3.5 se obtendrá el valor del peso de la banda q_B . Se elige una banda de tres capas con un recubrimiento 5:2 de tipo EP/160/60.

El cálculo de q_G se realizará a través de la fórmula,

$$q_G \left(\frac{kg}{m} \right) = \frac{Q \left(\frac{t}{h} \right)}{3,6 \cdot v \left(\frac{m}{s} \right)}$$

En la *tabla A6.2* se muestran todos los datos obtenidos para realizar los cálculos y los valores de esfuerzos F_{u1} y la potencia P_{u1} necesaria para vencer dichos esfuerzos en cada cinta.

El esfuerzo F_{u2} que es suma de las resistencias secundarias y especiales se reduce a los rozamientos producidos en la tolva de descarga en las cintas, los faldones de guía lateral en su rozamiento con la banda y el esfuerzo necesario para mover los rascadores de limpieza de la banda.

Se estima tanto para la tolva de descarga (P_{td}) como para los faldones de guía lateral (P_{gl}) una potencia de 0,05 kilovatios por metro lineal. Normalmente todas las cintas tendrán dos metros de rozamiento entre tolva de descarga y faldones de guía.

Para los rascadores de limpieza (P_{rl}) se tendrá en cuenta el ancho de banda:

Ancho de banda < 500 mm se aplicará una potencia de 0,75 kW

Ancho de banda > 500 mm y hasta 1.000 mm se le aplicará una potencia de 1 kW

En la *tabla A6.3* se muestran las potencias P_{td} , P_{rl} y P_{gl} necesarias para cada una de las cintas, así como la potencia mínima de accionamiento (kW),

$$P_a = P_{u1} + P_{td} + P_{gl} + P_{rl}$$

COD. UNE	L (m)	Al-tura H (m)	Ángulo de inclinación δ (°)	Flujo de materia Q(t/h)	Densidad (t/m ³)	Ancho de banda (mm)	s (m)	i (m)	Peso de los rodillos (kg)	q _{RO} (kg/m)	q _{RU} (kg/m)	q _B (kg/m)	q _G (kg/m)	F _u (N)	P _{u1} (kW)	P _{r1} (kW)	P _{fg} (kW/m)	P _{td} (kW/m)	P _a (kW)
H1	20,5	8,5	26	50	0,6	700	1,37	3	6,3	4,60	2,1	8,64	13,89	1266	1,266	1	0,05	0,05	2,37
H2	20,5	8,5	26	50	0,6	700	1,37	3	6,3	4,60	2,1	8,64	13,89	1266	1,266	1	0,05	0,05	2,37
H3	8,5	4	26	45	0,8	600	1,5	3	5,7	3,80	1,9	7,40	12,50	529	0,529	1	0,05	0,05	1,63
H4	8,5	4	26	45	0,8	600	1,5	3	5,7	3,80	1,9	7,40	12,50	529	0,529	1	0,05	0,05	1,63
H5	22,5	10,5	27	45	0,8	600	1,5	3	5,7	3,80	1,9	7,40	12,50	1278	1,278	1	0,05	0,05	2,38
H6	22,5	10,5	27	45	0,8	600	1,5	3	5,7	3,80	1,9	7,40	12,50	1278	1,278	1	0,05	0,05	2,38
H7	13,5	0	0	2	1,5	300	1,4	3	2,4	1,71	0,8	3,70	0,56	28	0,028	0,75	0,05	0,05	0,88
H8	12	0	0	2	0,2	300	1,65	3	2,4	1,45	0,8	3,70	0,56	24	0,024	0,75	0,05	0,05	0,87
H9	9,5	0	0	45	0,8	500	1,5	3	5,1	3,40	1,7	6,17	12,50	56	0,056	1	0,05	0,05	1,16
H10	9,5	0	0	45	0,8	500	1,5	3	5,1	3,40	1,7	6,17	12,50	56	0,056	1	0,05	0,05	1,16
H11	7	0,61	5	1	0,85	300	1,5	3	2,4	1,60	0,8	3,70	0,28	8	0,008	0,75	0,05	0,05	0,86
H12	7	0,61	5	1	0,85	300	1,5	3	2,4	1,60	0,8	3,70	0,28	8	0,008	0,75	0,05	0,05	0,86
H13	5,5	0	0	45	0,8	500	1,5	3	5,1	3,40	1,7	6,17	12,50	32	0,032	1	0,05	0,05	1,13
H14	5,5	0	0	45	0,8	500	1,5	3	5,1	3,40	1,7	6,17	12,50	32	0,032	1	0,05	0,05	1,13
H15	6,5	2,5	23	2	1,5	300	1,5	3	2,4	1,60	0,8	3,70	0,56	11	0,011	0,75	0,05	0,05	0,86
H16	6,5	2,5	23	2	0,2	300	1,65	3	2,4	1,45	0,8	3,70	0,56	11	0,011	0,75	0,05	0,05	0,86

Tabla A6.2. Datos de cálculo obtenidos para las cintas transportadoras.

La potencia del motor de la cinta será,

$$P_m = \frac{P_a}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

Siendo,

η_1 : rendimiento del grupo motor-transmisión utilizados (0,55 a 0,95)

η_2 : rendimiento de banda-cuna deslizamiento para rodillos en artesa 0,85

Según el criterio de los fabricantes basándose en la experiencia de diferentes instalaciones se debe de introducir un coeficiente de mayoración a la potencia del motor debido a la irregularidad de las descargas sobre las cintas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las potencias obtenidas para las diferentes cintas y la potencia del motor elegida según motores existentes en el mercado. Se ha aplicado un coeficiente de mayoración de un 30% (1,3).

COD. UNE	P_a (kW)	P_m (kW)	P_m mayo- rada (kW)	P_m elegido (kW)	P_m elegido (CV)
H1	2,37	3,09	4,0	4,0	5,5
H2	2,37	3,09	4,0	4,0	5,5
H3	1,63	2,13	2,8	3,0	4,0
H4	1,63	2,13	2,8	3,0	4,0
H5	2,38	3,11	4,0	4,0	5,5
H6	2,38	3,11	4,0	4,0	5,5
H7	0,88	1,15	1,5	1,5	2,0
H8	0,87	1,14	1,5	1,5	2,0
H9	1,16	1,51	2,0	2,2	3,0
H10	1,16	1,51	2,0	2,2	3,0
H11	0,86	1,12	1,5	1,5	2,0
H12	0,86	1,12	1,5	1,5	2,0
H13	1,13	1,48	1,9	2,2	3,0
H14	1,13	1,48	1,9	2,2	3,0
H15	0,86	1,13	1,5	1,5	2,0
H16	0,86	1,13	1,5	1,5	2,0

Tabla A6.3. Potencias de las cintas transportadoras.

7. DIMENSIONAMIENTO DE TRANSPORTADORES SINFIN

7.1. OBJETO Y DESCRIPCIÓN

Se van a dimensionar los diferentes transportadores sinfines existentes en la instalación de la almazara, proporcionando los diámetros del tornillo helicoidal y la potencia necesaria para su funcionamiento.

Dichos transportadores (H17 a H20) se encargan del transporte de la aceituna desde las tolvas de almacenamiento (B3 a B10) hasta los molinos de martillos (Z1 y Z2). Existe además un transportador sinfín (H23) que transporta orujo deshuesado desde la deshuesadora (F4) hasta las tolvas de orujo (B16 y B17).

Los transportadores sinfines H21 y H22 de adición de talco a batidoras y el transportador H24 de suministro de hueso de aceituna a caldera no serán objeto de cálculo en este proyecto.

Constarán de un motor eléctrico de 1.500 rpm con transmisión de cadena a un motorreductor sinfín-corona que transmite el movimiento al eje del tornillo.

Los datos de diseño para los sinfines vendrán determinados por su disposición dentro de la instalación, material transportado y cantidad del material transportado.

7.2. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TORNILLO Y POTENCIA DEL MOTOR

Para realizar los cálculos se va a seguir las normas UNE 58-244-88 “Aparatos de manutención continua para graneles. Transportadores de tornillo sinfín. Reglas para el diseño de los accionamientos” y UNE 58-207-89 “Aparatos de manutención continua para productos a granel. Transportadores de tornillo sinfín”.

Los datos necesarios para el cálculo del transportador son:

- Longitud en L (m): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Altura de elevación H (m): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Ángulo de elevación δ (°): dato conocido por la disposición dentro de la instalación.
- Densidad del material transportado ρ (t/m³): dato conocido tanto para aceituna limpia como para orujo.
- Caudal transportado I_v (m³/h): dato conocido del balance de materia del proceso.
- rpm del tornillo n: dato proporcionado por fabricante TREICO S.A.

7.2.1. TRANSPORTADORES DE ACEITUNA

Se trata de los transportadores:

- H17: transporta aceitunas de las tolvas B3, B5, B7 y B9 hacia el molino de martillos Z1.
- H18: transporta aceitunas de las tolvas B4, B6, B8 y B10 al molino de martillos Z2.
- H19: Lleva la aceituna del transportador H17 al molino Z2.
- H20: Lleva la aceituna del transportador H18 al molino Z1.

En la siguiente tabla se muestran los datos de diseño para el cálculo de los transportadores de aceituna.

COD. UNE	Longitud L (m)	Altura H (m)	Ángulo elevación δ (°)	rpm	Caudal Transportado I_v (m³/h)	Densidad ρ (t/m³)
H17	14,5	0	0	60	11,91	0,7
H18	14,5	0	0	60	11,91	0,7
H19	5	1	11,6	60	5,96	0,7
H20	5	1	11,6	60	5,96	0,7

Tabla A7.1. Datos diseño de transportadores sinfín de aceituna.

DIÁMETRO DEL TORNILLO

De la ecuación que determina el caudal de transporte:

$$I_v = 60 \cdot \phi \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S \cdot n$$

ϕ = Coeficiente de llenado. Se considera el valor de 0,45 propio de materiales que fluyen fácilmente. A los transportadores H19 y H20 se aplica una reducción de un 2% por grado de inclinación.

S = Paso del tornillo. Se estima un valor de 0,8D.

Se despeja el diámetro (D) mínimo que debe tener el tornillo y se elige de entre los diámetros normalizados de la serie R-10 el más pequeño que cumpla con lo requerido.

COD. UNE	Diámetro mínimo D (mm)	Diámetro normalizado R-10 UNE (mm)
H17	227	250
H18	227	250
H19	197	200
H20	197	200

Tabla A7.2. Diámetros de transportadores sinfín de aceituna.

POTENCIA NECESARIA

La potencia necesaria para el accionamiento del transportador en carga viene dada por la fórmula:

$$P = P_h + P_N + P_{st}$$

Donde,

P_h es la potencia necesaria para el desplazamiento del material;

$$P_h = \frac{I_m \cdot L \cdot \lambda}{367}$$

P_N es la potencia para el accionamiento del tornillo en vacío;

$$P_N = \frac{D \cdot L}{20}$$

P_{st} es la potencia requerida por la inclinación;

$$P_{st} = \frac{I_m \cdot H}{367}$$

I_m es la capacidad de un transportador expresado en t/h;

$$I_m = I_v \cdot \rho$$

λ es el coeficiente de resistencia al desplazamiento de graneles. Se estima a partir del anexo de la norma UNE un valor de 1,9 asimilándolo a valores como los de avena, cebada, maíz o patatas.

Hay que tener en cuenta los rendimientos del reductor sinfín-corona, de la transmisión de cadena y del motor eléctrico. Se van a estimar los siguientes rendimientos:

η_1 = rendimiento del reductor 0,8

η_2 = rendimiento de transmisión 0,95

η_3 = rendimiento del motor 0,75

Por tanto la potencia necesaria del motor será:

$$P_m = \frac{P}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}$$

Con todos estos datos se obtienen las potencias necesarias de los motores de cada transportador. A partir de la potencia mínima necesaria se elige el motor adecuado de entre los fabricantes según sus catálogos.

COD. UNE	Diámetro normalizado R-10 UNE (mm)	I_m (capacidad nominal tornillo en t/h)	P_H (kw)	P_N (kw)	P_{st} (kw)	P (kw)	P_{motor} (kw)	P_{motor} elegido (kw)
H17	250	8,34	0,63	0,18	0,00	0,81	1,42	1,50
H18	250	8,34	0,63	0,18	0,00	0,81	1,42	1,50
H19	200	4,17	0,11	0,05	0,01	0,17	0,30	0,37
H20	200	4,17	0,11	0,05	0,01	0,17	0,30	0,37

Tabla A7.3. Potencias de transportadores sinfín para aceituna.

7.2.2. TRANSPORTADOR DE ORUJO

Para calcular el diámetro del tornillo H23 y la potencia del motor que lo acciona se van a utilizar las mismas fórmulas que para los cálculos anteriores.

Los datos de diseño para este tornillo sinfín son:

COD. UNE	Longitud L (m)	Altura H (m)	Ángulo elevación δ (°)	rpm	Caudal Transportado I_v (m³/h)	Densidad ρ(t/m³)
H23	6	0	0	80	5,61	1,1

Tabla A7.4. Datos diseño de transportador sinfín de orujo.

DIÁMETRO DEL TORNILLO

COD. UNE	Diámetro mínimo D (mm)	Diámetro normalizado R-10 UNE (mm)
H23	160	160

Tabla A7.5. Diámetro obtenido de transportador sinfín de orujo.

POTENCIA NECESARIA

Se tiene para el orujo un coeficiente de resistencia al desplazamiento $\lambda=1,9$ como en el caso de la aceituna.

Siendo los rendimientos de caja reductora, transmisión de cadena y motor eléctrico los mismo que para los otros transportadores obtenemos los siguientes resultados.

COD. UNE	Diámetro normalizado R-10 UNE (mm)	I_m (capacidad nominal tornillo en t/h)	P_H (kw)	P_N (kw)	P_{st} (kw)	P (kw)	P_{motor} (kw)	P_{motor} elegido (kw)
H23	160	6,17	0,19	0,05	0,00	0,24	0,42	0,55

Tabla A7.6. Potencia de transportador sinfín de orujo.

8. CÁLCULO DE DEPÓSITOS DE BODEGA

8.1. OBJETO

Se trata de dimensionar los depósitos de la bodega para el almacenamiento de aceite de oliva y su conservación. La normativa básica de aplicación en la que se basa este anexo es la Norma UNE-EN 14015 - “Especificación para el diseño y fabricación de tanques construidos en el lugar de emplazamiento, verticales, cilíndricos, de fondo plano, no enterrados, soldados, para el almacenamiento de líquidos a temperatura ambiente y superior”.

8.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS

Se van a instalar en la bodega 20 depósitos cilíndricos de fondo plano inclinado para almacenamiento de aceite de oliva. Las características de los depósitos objeto de cálculo son:

- Diámetro (D) = 3,5 m
- Altura de depósito (H) = 6 m
- Altura pedestal de cimentación = 0,5 m
- Capacidad nominal = 57,72 m³ (52,8 t de aceite)
- Capacidad real = 56,8 m³ (52 t de aceite)
- Material de construcción: acero inoxidable AISI-304 (1.4301)
- Límite elástico del material: 210 N/mm²; chapa laminada en caliente, límite al 0,2%;
- Densidad de diseño: se utiliza la densidad del agua como densidad de diseño (1.000 kg/m³), ya que al ser la densidad del aceite menor (915 kg/m³), cuando se realicen las pruebas de carga que correspondan habrá que utilizar agua como fluido.

8.3. DISEÑO DEL DEPÓSITO

El depósito consta de un fondo plano inclinado, la envolvente cilíndrica y un techo fijo. Se calcularán los espesores de chapa en cada una de las partes del depósito.

8.3.1. FONDO DEL DEPÓSITO

Según el apartado 8.2 de la norma el espesor nominal mínimo de la chapa del fondo (e_a) para depósitos de acero inoxidable con soldadura con solape es de 5 mm. Todas las chapas del fondo se soldarán con solape salvo que el comprador o el proyectista especifiquen que se debe soldar a tope.

En el caso de soldadura con solape la distancia mínima entre la última soldadura y la primera virola debe de ser:

$$a) \quad l_a > \frac{240}{\sqrt{H}} \cdot e_a; l_a > 489,9 \text{ mm}$$

$$b) \quad 500 \text{ mm}$$

Entre los dos valores se debe elegir el mayor, por tanto la distancia mínima será de 500 mm.

8.3.2. DISEÑO DE LA CARCASA

Según el apartado 9. de la norma el espesor mínimo requerido debe ser el mayor de los espesores obtenidos de la tabla 16 (e), y las ecuaciones de espesor mínimo para las condiciones de diseño (e_c) y de ensayo (e_t).

Espesor mínimo indicado en la tabla 16 para depósitos de acero inoxidable con diámetros menores de 4 metros:

$$e = 2 \text{ mm}$$

Espesores en las condiciones de diseño y ensayo:

$$e_c = \frac{D}{20 \cdot S} (98 \cdot W(H_c - 0,3) + p) + c$$

$$e_t = \frac{D}{20 \cdot S_t} (98 \cdot W_t(H_c - 0,3) + p_t)$$

Siendo,

- c el margen de corrosión, en mm, que en el caso del acero 1.4301 no se considera puesto que es un material resistente a corrosión;
- D el diámetro del tanque, en m;
- e_c el espesor de la carcasa requerido para las condiciones de diseño, en mm;
- e_t el espesor de la carcasa requerido para las condiciones de diseño, en mm;
- H_c la distancia desde el fondo de la virola hasta la altura de líquido, en m;
- p es la presión de diseño (puede despreciarse en depósitos con presiones de diseño inferiores o iguales a 10mbar), en mbar;
- p_t es la presión de ensayo (y es igual a la presión de diseño por 1,1 para presiones de diseño superiores a 10 mbar), en mbar;
- S es la tensión de diseño admisible, en N/mm²;
- S_t es la tensión de ensayo admisible, en N/mm²;

- W es la densidad máxima de diseño del líquido contenido en condiciones de almacenamiento, en kg/l;
- W_t es la densidad máxima de diseño para el medio del ensayo, en kg/l;

Se obtienen unos espesores mínimos de:

$$e_c = 0,698 \text{ mm}$$

$$e_t = 0,621 \text{ mm}$$

Por tanto el espesor de las chapas de la carcasa será de 2 mm.

8.3.3. DISEÑO DEL TECHO FIJO

Se elige un techo abovedado con estructura soporte, siendo el espesor mínimo de chapa tanto para el chapeado del techo como para sus elementos estructurales de 3 mm para aceros inoxidables según el apartado 10.3. de la norma.