



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

ICA I

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS

Autor: María Correas Quijano

Director: Santiago Villafañe Trabajo

Madrid

29 de Junio 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor Dña María Correas Quijano
DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a ..25..... deJunio..... de ..2018..

ACEPTA



Fdo.....María Correas Quijano.....

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

..... Diseño de una planta de procesamiento de natillas

.....
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico ... 2017/18 ... es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: María Correas Quijano

Fecha: 25 / 06 / 2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Santiago Villafañe Trabajo

Fecha: 25 / 06 / 2018





UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

ICA I

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS

Autor: María Correas Quijano

Director: Santiago Villafañe Trabajo

Madrid

Junio 2018

DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS

Autora: Correas Quijano, María

Director: Villafañe Trabajo, Santiago

Entidad colaboradora: GEA Processing Engineering

ABSTRACTO

El consumo de productos lácteos está en continuo aumento y es por ello que se necesita diseñar plantas de procesamiento de los mismos tanto para antiguos clientes como para nuevos, que quieren entrar en este mercado.

En una primera parte del proyecto se va a analizar la tecnología existente en este tipo de plantas para poder implementar los equipos, elementos y procesos más adecuados en el diseño de una planta de procesamiento de natillas. Al tratarse de productos alimentarios, es necesario que exista un diseño higiénico. Por lo tanto, se estudiarán los tipos de sistema de limpieza, junto con los principios clave requeridos para conseguir un buen diseño higiénico. A continuación, se revisarán los diferentes elementos más utilizados en las plantas de procesamiento de productos lácteos: bombas, válvulas y tanques; y se explicarán las diferencias entre los distintos tipos y usos de los mismos. Es vital conocer las aplicaciones de cada uno de ellos para poder aplicarlos correctamente en la fase de diseño de la planta.

La segunda parte del proyecto consiste en el propio diseño de la planta de procesamiento de natillas. En un primer momento se deberá determinar el número de áreas en que consistirá esta planta y proporcionar una explicación del funcionamiento de cada una de ellas. En este caso, al tratarse de una ampliación de una planta ya existente de procesamiento de productos lácteos, cuya nueva funcionalidad será producir natillas, se podrán aprovechar las áreas existentes y sólo se procederá al diseño de las áreas esenciales para esta nueva producción. Esto es, habrá un área de mezcla donde se tendrá que diseñar la entrada de ingredientes en un tanque, la inserción de polvos en la mezcla y el enfriamiento del producto para ser enviado a la siguiente área. En la segunda área se realizarán las actividades de homogeneización, cocción y pasteurización. Para ello, se tendrá que diseñar el equipo más importante en esta área: el intercambiador de calor. De aquí pasará a una tercera área donde se almacenará el producto en unos tanques, esperando a ser enviado a la envasadora. El área de envasado está fuera del alcance de este proyecto, pero se tendrá que tener en cuenta para realizar un diagrama de cargas con las actividades que se están realizando en la

planta durante cada hora. Una vez se tenga definido dicho diagrama de cargas, se puede proceder a realizar todos los cálculos necesarios para que la planta funcione.

Los cálculos más relevantes son los relacionados con los caudales del producto de limpieza en cada línea o tanque, los caudales de producto de natillas por cada tubería y los diámetros de todas las tuberías. Además, será preciso dimensionar tanto los intercambiadores de placas que se encontrarán en la primera y segunda área, como cada una de las bombas que se encuentran a lo largo del proceso. No habrá que olvidar las bombas de servicios, utilizadas para impulsar el agua usada para calentar o enfriar el producto en las diferentes etapas del intercambiador de calor.

A su vez, se deberán identificar todas y cada una de las válvulas que se tendrán instalar para que el flujo de producto siga el recorrido establecido, asegurando un diseño higiénico.

Por último, se llevará a cabo el cálculo del presupuesto del proyecto. Este presupuesto incluirá únicamente los costes de la compra de los elementos y equipos necesarios para el diseño de la parte mecánica de esta planta, sin incluir los costes de compra de terreno ni los costes de instalación y mantenimiento de la planta.

Realizar un diseño mecánico de una planta como la de este proyecto permite conocer en profundidad todas las actividades que se llevan a cabo en el procesado de cualquier producto lácteo. Es necesario conocer las características del producto para poder tratarlo sin dañarlo y lograr el producto final que se desea, con la mayor calidad posible.

DESIGN OF A CUSTARD PROCESSING PLANT

Author: Correas Quijano, María

Director: Villafañe Trabajo, Santiago

Collaborating entity: GEA Processing Engineering

ABSTRACT

The consumption of dairy products is continuously increasing, and this is the reason why it is needed to design processing plants of these products for old clients and new ones, who want to be in this market.

In the first part of this project, the existing technology used in this type of plants will be analyzed in order to implement the most adequate equipment and processes to the design of a custard processing plant. Since the product treated is a food product, it is necessary to have a hygienic design. Therefore, different types of cleaning systems will be studied, together with the key principles required to achieve a good hygienic design. Then, the most used elements that can be found in dairy products processing plants will be studied: pumps, valves and tanks; and the differences between all the types and uses will be explained. It is vital to know the applications of each of them to be able to use them during the design of the plant.

The second part of the project consist on the design of the custard processing plant itself. Firstly, the number of areas will be determined and an explanation of its performance will be given. In this case, as it is an extension of an existing dairy products processing plant, which its new function will be to produce custard, the existed areas can be used, so it will just be necessary to design the important areas for the new production. This means that there will be a mixing area where several things will have to be design: the entrance of ingredients in a tank, the insertion of powder in the mixture and the cooling of the product to send it to the next area. In the second area, the activities of homogenization, cooking and pasteurizing will take place. For these tasks, it will be required to design the most important equipment of this area: the heat exchanger. From this area, the product will pass to the next one, where it will be stored in two tanks waiting to be sent to the packaging machine. The packaging area is out of scope of this project, but it will be taken into account in order to get a flow diagram which contains the information of what activities are being carried out at every hour. Once this diagram is defined, the calculations can be done.

The most important calculations are the ones related to the flowrates of the cleaning product in each line and tank, the flowrates of the custard product and the diameters of every pipeline. Also, it will be required to dimension the size of the heat exchangers that will be found in the first and second area, as well as the pumps that can be found along the project. The service pumps cannot be forgotten, used to boost the water for heating or cooling the product at the different stages of the heat exchanger.

Moreover, each and every valve that have to be installed so the product follows the right circuit will be identified, assuring a hygienic design.

Finally, the calculation of the budget of the project will be carried out. This budget will just include the costs of the purchase of the elements and the equipment needed for the mechanical design of this plant, without including the field costs nor the installation and maintaining cost of the plant.

Doing a mechanical design of a plant like this one allows to know deeply all activities that take place in the processing of any kind of dairy product. It is necessary to know the characteristics of the product in order to treat it without damaging it and get the desired final product, with the best possible quality.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	13
LISTA DE ILUSTRACIONES	15
PARTE 1: MEMORIA	17
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	19
1.1 CONTEXTO.....	19
1.2 MOTIVACIÓN Y FASES DEL PROYECTO	22
CAPÍTULO 2: MEMORIA DESCRIPTIVA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE PRODUCTOS LÁCTEOS	23
2.1 VISTA GLOBAL.....	23
2.2 DIRECTRICES PARA EL DISEÑO HIGIÉNICO.....	27
2.2.1 Tipos de sistemas CIP	29
2.2.2 Principios clave para un buen diseño higiénico.....	30
2.3 SELECCIÓN DE BOMBAS	40
2.3.1 Bomba centrífuga	40
2.3.2 Bomba centrífuga autocebante.....	41
2.3.3 Bomba de desplazamiento positivo.....	42
2.3.4 Sellos mecánicos.....	46
2.3.5 Cavitación	47
2.4 SELECCIÓN DE VÁLVULAS	48
2.4.1 Válvula de simple asiento	49
2.4.2 Válvula de doble asiento	50
2.4.3 Válvulas modulantes.....	58
2.4.4 Válvulas mariposa.....	58
2.5 TANQUES.....	60
2.6 CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	61
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS	63
3.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREAS	63
3.1.1 ÁREA DE MEZCLA: Área 01	63
3.1.2 ÁREA DE PASTEURIZACIÓN: Área 02.....	66
3.1.3 ÁREA DE ALMACENAMIENTO: Área 03.....	68
3.2 DIAGRAMA DE CARGAS	70

3.3	JUSTIFICACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS.....	71
3.4	CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE CIP	72
3.4.1	En cada línea.....	72
3.4.2	En los tanques	72
3.5	CÁLCULO DE INTERCAMBIADORES DE PLACAS.....	74
3.5.1	Intercambiador de placas del área 1	76
3.5.2	Intercambiador de placas del área 2	77
3.5.3	Cálculo del retenedor	80
3.6	CÁLCULO DE BOMBAS	81
3.6.1	Bombas en el área 01	81
3.6.2	Bombas en el área 02	99
3.6.3	Bombas en el área 03	113
3.6.4	Resumen de bombas elegidas	119
3.7	VÁLVULAS USADAS EN EL PROYECTO	120
3.7.1	Válvulas del área 01.....	120
3.7.2	Válvulas del área 02.....	122
3.7.3	Válvulas del área 03.....	123
	CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES	125
	CAPÍTULO 5: REFERENCIAS.....	127
	PARTE 2: PRESUPUESTO	129
	CAPÍTULO 1: LISTADO DE ELEMENTOS DEL PROYECTO CON PRECIOS	131
1.1	VÁLVULAS.....	131
1.2	INSTRUMENTACIÓN	132
1.3	TANQUES.....	132
1.4	BOMBAS	132
1.5	EQUIPOS.....	133
1.6	TUBERÍAS.....	133
1.7	CODOS.....	133
	CAPÍTULO 2: CÁLCULO DEL PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	135
	PARTE 3: PLANOS	137
	CAPÍTULO 1: LISTADO DE PLANOS.....	139

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Perspectiva de la producción de leche a nivel mundial 2012-2022, en miles de toneladas (Fuente FAO).....	19
Ilustración 2: Mayores exportadores mundiales de productos lácteos (Fuente USDA)	20
Ilustración 3: Producción por tipo de leche en Europa	21
Ilustración 4: Esquema de los pasos en el diseño de una planta	23
Ilustración 5: Bypass en bombas de desplazamiento positivo.....	32
Ilustración 6: Válvulas para invertir el sentido de flujo con bombas centrífugas	33
Ilustración 7: Tramos muertos en bloques de válvulas	33
Ilustración 8: Bloque de válvulas eco-matrix.....	34
Ilustración 9: Reducción de tramos muertos en tanques que no están en el mismo bloque	34
Ilustración 10: Circuito de tuberías en el vaciado de tanques para eliminar tramos muertos.....	35
Ilustración 11: Circuito de tuberías en el llenado de tanques para eliminar los tramos muertos.....	36
Ilustración 12: Configuración de válvulas para la limpieza de la cámara creada entre dos de ellas	36
Ilustración 13: Configuración 1 para limpiar la salida de los tanques.....	37
Ilustración 14: Configuración 2 para limpiar la salida de los tanques.....	38
Ilustración 15: Configuración para limpiar la entrada de los tanques	38
Ilustración 16: Curva presión-caudal de las bombas	40
Ilustración 17: Esquema bomba centrífuga.....	41
Ilustración 18: Esquema bomba de lóbulos.....	42
Ilustración 19: Esquema bomba peristáltica	43
Ilustración 20: Esquema bomba de pistón	44
Ilustración 21: Esquema bomba de tornillo.....	44
Ilustración 22: Esquema bomba de doble tornillo.....	45
Ilustración 23: Esquema bomba de diafragma	46
Ilustración 24: Sellos mecánicos.....	47
Ilustración 25: Esquema válvula VARIVENT	48
Ilustración 26: Esquema válvulas de simple asiento tipo N y U	49
Ilustración 27: Esquema válvulas simple asiento tipo W y X	50
Ilustración 28: Esquema válvula de doble asiento tipo D	51
Ilustración 29: Principio de funcionamiento válvula tipo D.....	51
Ilustración 30: Esquema válvula de doble asiento tipo B	52
Ilustración 31: Balancer válvula tipo B.....	52
Ilustración 32: Esquema válvula tipo R.....	53
Ilustración 33: Principio de funcionamiento válvula tipo R	54
Ilustración 34: Procedimiento para la limpieza de la cámara intermedia de la válvula tipo R	54
Ilustración 35: Esquema válvula tipo K.....	55
Ilustración 36: Esquema válvula tipo C.....	55

Ilustración 37: Esquema válvula tipo T	56
Ilustración 38: Procedimiento de limpieza de la válvula tipo T	56
Ilustración 39: Esquema válvulas tipo UF y NF	57
Ilustración 40: Esquema válvula tipo L	57
Ilustración 41: Esquema válvulas de mariposa tipo 711 y 788	58
Ilustración 42: Esquema válvula de mariposa tipo 988	59
Ilustración 43: Posición de seguridad de la válvula de mariposa tipo 988	59
Ilustración 44: Diagrama de cargas de la planta.....	70
Ilustración 45: Modelo de rociado LA.....	73
Ilustración 46: Ejemplo de funcionamiento de un intercambiador de placas	74
Ilustración 47: Ejemplo de intercambiador de placas con 2 pasos y 3 vías	75
Ilustración 48: Tipos de placas en función del tipo de corrugación.....	75
Ilustración 49: Condiciones de entrada y salida del intercambiador de placas del área 01	76
Ilustración 50: Condiciones de entrada y de salida del intercambiador de placas del área 02	77
Ilustración 51: Selección de bombas	82
Ilustración 52: Curvas de la bomba TP3050, 2 polos, 50 Hz	83
Ilustración 53: Selección de bombas	86
Ilustración 54: Curvas de la bomba TP8080, 2 polos, 50 Hz	87
Ilustración 55: Selección de bombas	89
Ilustración 56: Curvas de la bomba TP2050, 2 polos, 50 Hz	90
Ilustración 57: Selección de bombas	92
Ilustración 58: Curvas de la bomba TP1020, 2 polos, 50 Hz	93
Ilustración 59: Selección de bombas	95
Ilustración 60: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz	96
Ilustración 61: Esquema línea de agua de servicios	97
Ilustración 62: Curva bomba Grundfos, 15 m ³ /h, 20 mca.....	98
Ilustración 63: Selección de bombas	101
Ilustración 64: Curvas de la bomba TP2575, 2 polos, 50 Hz	102
Ilustración 65: Selección de bombas	104
<i>Ilustración 66: Curva de la bomba TP2030</i>	<i>105</i>
Ilustración 67: Curva de la bomba TP1540.....	105
Ilustración 68: Motor de la bomba TP2030.....	106
Ilustración 69: Motor de la bomba TP1540.....	106
Ilustración 70: NPSH requerido para la bomba TP2030	107
Ilustración 71: Curva de la bomba Grundfos, 12 m ³ /h, 20 mca	108
Ilustración 72: Curva de la bomba Grundfos, 30 m ³ /h, 20 mca	109
Ilustración 73: Selección de bombas	111
Ilustración 74: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz	112
Ilustración 75: Curvas de las bombas positivas de Fristam.....	114
Ilustración 76: Gráficas de la bomba FKL 50.....	115
Ilustración 77: Selección de bombas	117
Ilustración 78: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz	118
Ilustración 79: Configuración válvulas N+X.....	121



PARTE 1: MEMORIA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO

En España, tanto como en todo el mundo, el consumo de productos lácteos se encuentra en continuo aumento. De hecho, en los últimos 30 años, la producción lechera mundial se ha incrementado en más del 50%. Hoy en día se producen unos 800 millones de toneladas de productos lácteos en el mundo, siendo más de 6000 millones las personas que los consumen.

Las previsiones para los próximos años indican que la producción seguirá en aumento. Este gráfico muestra las miles de toneladas que se esperan producir en el 2022, con respecto a 2012, en los países más importantes de producción de leche.

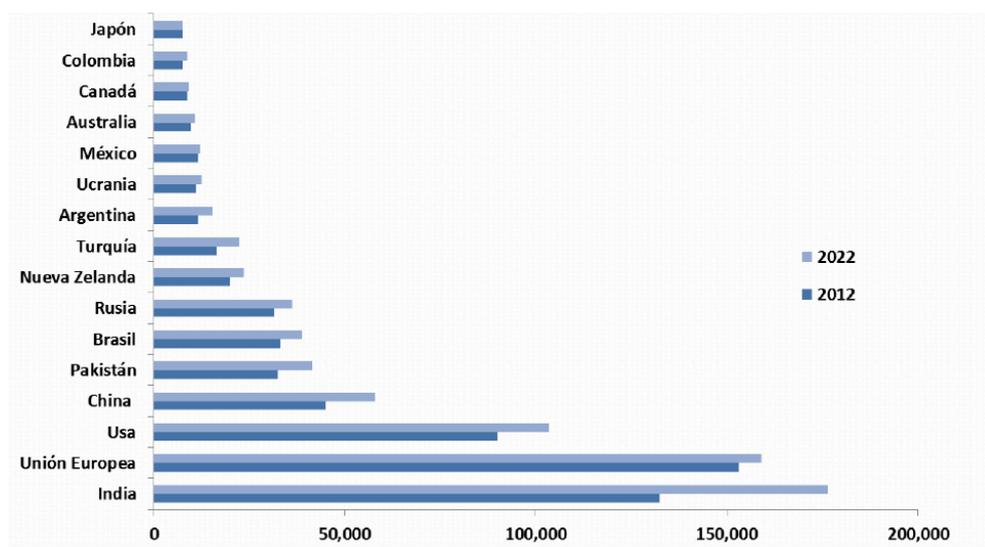


Ilustración 1: Perspectiva de la producción de leche a nivel mundial 2012-2022, en miles de toneladas (Fuente FAO)

Según este pronóstico, la producción a nivel mundial de leche aumentará en 168Mt del 2012 al 2022. Este crecimiento se deberá sobre todo al incremento de producción en los países en desarrollo. En cabeza de estos se encuentran India y China, que entre ellos representarán el 40% de ese aumento. Aparte de la Unión Europea y EEUU, que siempre han sido grandes productores de leche pero que no esperan incrementar su producción enormemente, países como Pakistán, Brasil, Nueva Zelanda, Turquía y Argentina van a aumentar considerablemente su producción en los próximos años. El crecimiento previsto mundialmente en producción de leche será casi del 2% anual.

También es relevante conocer qué está pasando con otros productos lácteos como la leche entera/descremada en polvo, la mantequilla y el queso. En la Ilustración 2 se puede observar que estos productos tienen un crecimiento mundial de entre 1 y 3% anual. Los principales exportadores de estos productos, y por lo tanto productores, son Nueva Zelanda, la Unión Europea, Argentina, EEUU y Australia.

	2009-11 promedio	2012 preliminar	2013 pronóstico	Var 2013- 2012
	miles de toneladas			%
LECHE ENTERA EN POLVO				
Mundial	2,155	2,437	2,464	1.10
Nueva Zelanda	959	1,261	1,350	
Unión Europea	432	388	350	
Argentina	159	201	180	
Australia	121	109	99	
LECHE DESCREMADA EN POLVO				
Mundial	1,502	1,827	1,853	1.42
Unión Europea	376	523	497	
Estados Unidos	356	445	432	
Nueva Zelanda	371	390	400	
Australia	146	168	190	
MANTEQUILLA				
Mundial	848	898	923	2.78
Nueva Zelanda	420	463	460	
Unión Europea	142	127	137	
Belorusia	69	82	90	
Estados Unidos	51	50	55	
Australia	60	53	65	
QUESO				
Mundial	2,229	2,583	2,658	2.9
Unión Europea	645	776	815	
Arabia Saudita	231	341	350	
Nueva Zelanda	269	306	317	
Estados Unidos	170	262	254	
Egipto	160	111	100	
Australia	163	163	170	

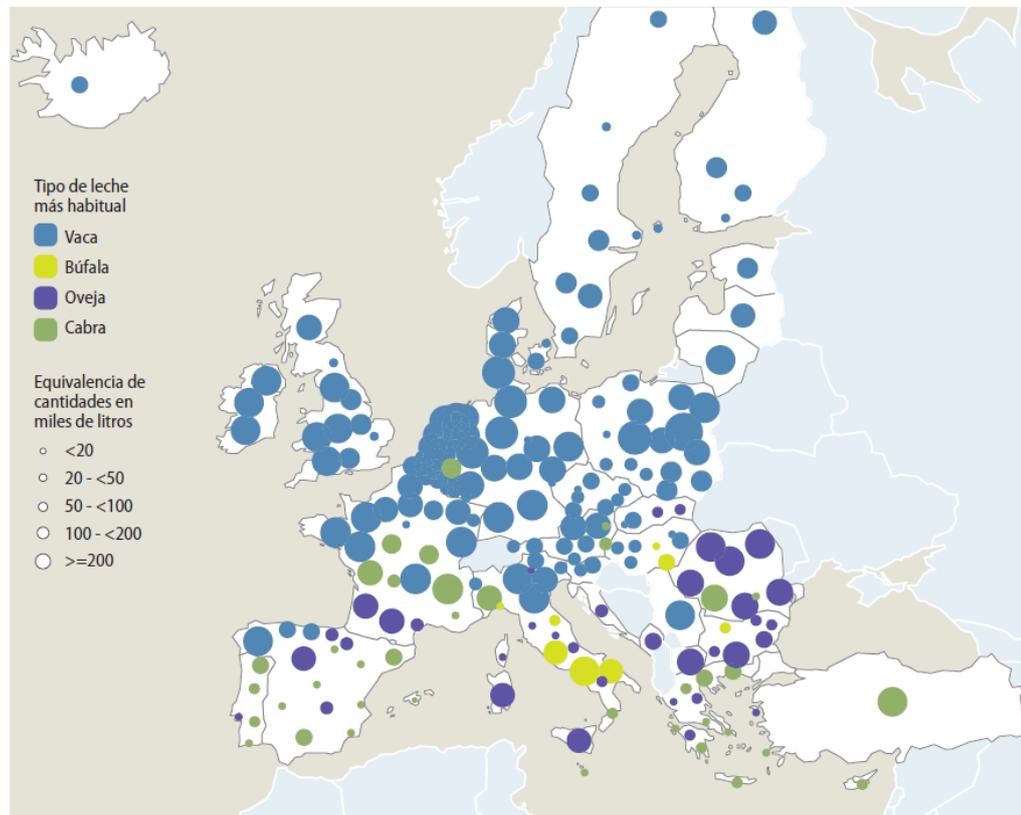
Ilustración 2: Mayores exportadores mundiales de productos lácteos (Fuente USDA)

Centrándose en Europa, el tipo de leche más habitual producido es el de leche de vaca, tal y como se observa en la Ilustración 3. Sin embargo, España es el segundo país que más leche de cabra produce en Europa, seguido de Francia y Países Bajos, y en 2015 fue el primer productor de leche de oveja de la Unión Europea.

Aun así, el consumo interno del país es mayor que la producción, lo que convierte a España es un país importador de productos lácteos. Históricamente, esto siempre ha sido así, y ha provocado una cierta especialización en leche líquida de consumo a nivel nacional. Poco a poco esta especialización se va ampliando a otros productos del mismo sector, dando lugar a construcción de nuevas plantas de procesamiento de diferentes productos lácteos.

Producción por tipo de leche más habitual.

(miles de litros)



Fuente: Eurostat

Ilustración 3: Producción por tipo de leche en Europa

Los productos lácteos más importantes producidos, aparte de la leche, son: yogur, queso, mantequilla, helado, batido de leche, nata, dulce de leche, flanes y natillas. Existen muchos tipos de yogures, quesos, natas, etc., y para poder conseguir elaborar las diferentes variedades se necesita una tecnología potente.

Debido al aumento de consumo de todos estos tipos de productos lácteos, la tecnología ha tenido que ir mejorando y adaptándose para cubrir una demanda grande de productos alrededor de todo el mundo. En el siguiente apartado se revisarán las soluciones tecnológicas para el procesamiento de productos lácteos.

1.2 MOTIVACIÓN Y FASES DEL PROYECTO

El procesamiento de la leche es delicado ya que se trata de un producto con un reducido tiempo de conservación. Es fácil que se desarrollen microorganismos que dañen el producto en sí o que provoquen enfermedades en las personas que lo consuman. Gracias a su procesamiento, se consigue conservarla mucho más tiempo y prácticamente eliminar la posibilidad de que transmita enfermedades.

Se necesitan diferentes técnicas para prolongar el periodo de buen estado de la leche y poder elaborarla y transformarla, si es lo que se quiere, en derivados lácteos.

Es por ello que se considera de especial interés realizar un proyecto con el que se consiga proporcionar el conocimiento, tanto técnico como de proceso, necesario en plantas de procesado de lácteos. Esta será la parte más descriptiva del proyecto. De esta manera se conseguiría implantar una buena tecnología en la planta, con unos buenos equipos de limpieza, llegando a tener un diseño higiénico. Este diseño es necesario pues no se pueden desatender las etapas de limpieza, que son unas de las más importantes ya que garantizan un correcto estado del producto, sin riesgos para la salud del consumidor.

En una segunda parte del proyecto se diseñará una planta de procesado de natillas donde se aplicará todo lo aprendido en la primera parte. Esto servirá para poner en práctica los diferentes conocimientos y estandarizaciones para el caso específico de las natillas, y para obtener un presupuesto de la parte mecánica del proyecto.

Las fases del proyecto serán:

1. Realizar el diseño descriptivo que incluya las partes más importantes del diseño de las plantas de procesado de productos lácteos
2. Realizar un diagrama de cargas del proceso
3. Realizar los planos detallados de las diferentes áreas de la planta
4. Calcular tuberías, bombas, intercambiadores de calor, tanques, válvulas y otros elementos necesarios para el procesado
5. Calcular un presupuesto de la parte mecánica del proyecto

CAPÍTULO 2: MEMORIA DESCRIPTIVA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE PRODUCTOS LÁCTEOS

2.1 VISTA GLOBAL

El diseño comienza en cuanto se empieza a preparar una oferta. Con ella se identifica el alcance del proyecto. Dentro del alcance, el diseñador es responsable de asegurar que el sistema diseñado cumple con lo que el cliente ha pedido, de una manera segura y eficaz.

Se debe documentar de buena manera todo el diseño ya que es probable que en algún momento el documento pase a manos de un ingeniero que no haya estado relacionado con el mismo, y las responsabilidades y deberes se repartan entre todas las personas involucradas en el proyecto, incluyendo las nuevas.

La parte de diseño del proyecto termina cuando los equipos o el contrato de instalación son comprados.

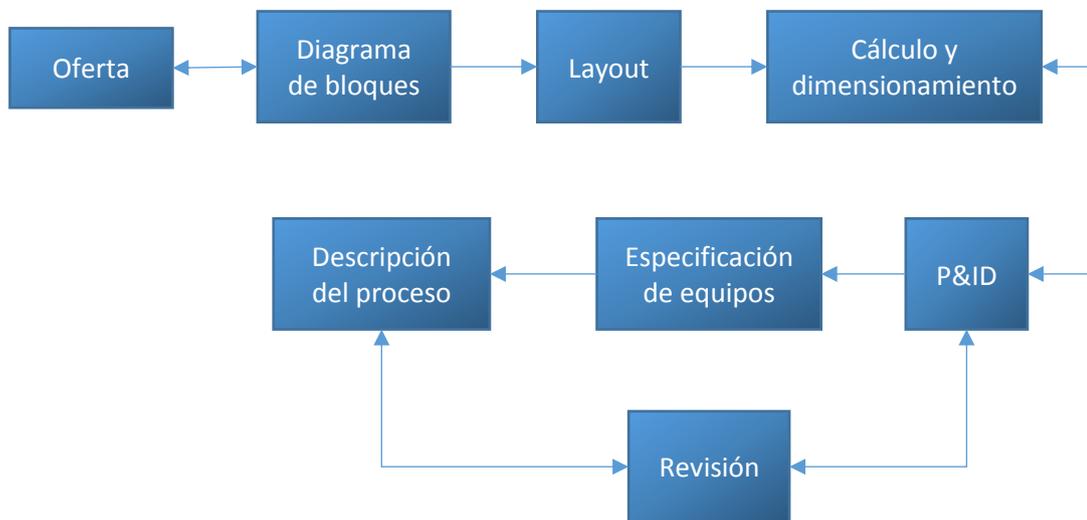


Ilustración 4: Esquema de los pasos en el diseño de una planta

Los pasos que se siguen en el diseño de una planta son:

1- Esquema del proceso en formato de diagrama de bloques:

Muestra las entradas, líneas de transferencia, almacenamiento e intercambios de calor junto con otras unidades de operación (filtración, separación, evaporación) y debe cumplir los requisitos del cliente.

Se puede revisar varias veces y ser modificado por nueva información, nuevas preferencias del cliente o por elección del diseñador.

Gracias a este diagrama se muestra la información mínima requerida para dimensionar los equipos. El diseñador debe considerar:

- Tipos de productos (densidad, viscosidad, temperatura, calor específico, límites de velocidad)
- Transferencia de masa
- Transferencia de calor (cambios de temperatura incluyendo los requerimientos de pasteurización)
- Recuperación de calor (uso de almacenamiento de frío/calor del agua para transferencias de calor)
- Requerimientos de almacenamiento
- Unidades de operación y equipos especializados

2- Layout físico

Normalmente los planos de la planta vienen dados por el cliente, pero se pueden revisar y cambiar. Es necesario revisarlo para asegurarse de que todos los equipos pueden ser instalados, manipulados y mantenidos de forma segura.

El diseñador debe considerar:

- Espacio requerido para la instalación, manipulación y mantenimiento
- Altura de los equipos
- Ruido (algunos equipos ruidosos pueden necesitar estar situados en una habitación diferente para no exceder los niveles de ruido en la zona de proceso)
- Drenajes de algunas tuberías, válvulas y equipos que necesiten agua de refrigeración

3- Cálculo y dimensionamiento de líneas de tubería y bombas

Es necesario dimensionar las líneas de tubería y bombas para poder realizar el P&ID (Process and Instrument Diagram).

4- P&ID

Es el documento base para el diseño. Tiene multitud de usos:

- Se usa para debatir con el cliente sobre especificaciones del proyecto
- Los ingenieros mecánicos lo usan para crear una lista de equipos que urge comprar
- Los ingenieros eléctricos lo usan para preparar listas I/O y escribir requerimientos
- Los ingenieros mecánicos y automáticos lo usan para la descripción de procesos
- Los contratistas de instalación lo usan para calcular precios

Es un documento muy importante en el diseño y, por eso, tiene que ser cuidadosamente preparado por el diseñador antes de que otras personas lo usen. Las consideraciones más importantes son:

- Tiene que aparecer los ítems de los principales equipos
- Precisión: comprobar que los requerimientos funcionales del cliente están representados y que todos los dispositivos tienen un propósito útil y económico
- Claridad: dejar espacio para poner etiquetas a todos los dispositivos

5- Especificación de los equipos

No es en sí una actividad de diseño, pero se necesita para pasar al siguiente paso.

6- Descripción del proceso

Esto involucra la interacción entre cliente e ingeniero de automatización.

7- Revisión del diseño

Es un proceso continuo de chequeo del diseño.

Otros factores importantes en el diseño de una planta son:

- **Seguridad:**

No hay que olvidar que la planta de procesado va a ser construida, manejada y mantenida por personas. La compañía está legalmente obligada a asegurar la seguridad de cada individuo en todo momento.

El diseñador debe:

- Identificar cualquier riesgo que el diseño pueda tener durante la construcción, manejo o mantenimiento de la planta
- Eliminar los riesgos donde sea posible

- Comunicar las medidas de control necesarias o los riesgos que no se puedan eliminar para que sean tenidos en cuenta
- Tener en cuenta los planes de seguridad y salud existentes

- **El mercado CE:**

Se empezó a utilizar para armonizar estándares nacionales con los de la UE. De esta manera, los proveedores necesitan tener la marca CE para certificar que sus productos están normalizados, son seguros y se ajustan a las directrices de la Unión Europea.

- **Conservación de la energía:**

Actualmente, se sabe que se está sufriendo un cambio climático y que, además, los recursos son limitados. Es por ello que hay que tener un especial cuidado a la hora de usar energía, no sólo porque es un gasto, sino por el efecto que pueda tener en el planeta. Hay que tener en cuenta cuánta energía va a ser consumida, sobre todo en el paso de la construcción del diagrama de bloques, que es cuando se definen las principales operaciones de transferencia de calor y masa.

Es interesante tener en cuenta la conservación de la energía en los siguientes casos:

- Regeneración de calor
- Recuperación de CIP (sistema de limpieza, Cleaning In Place)
- Caídas de presión: minimizándolas
- Control de las operaciones: a través de control automático para apagar las transferencias de calor o masa cuando no son necesarias
- Medidas de la potencia eléctrica consumida

A continuación, se van a detallar las partes más importantes o complejas que incluye el diseño de una planta de procesamiento de productos lácteos.

2.2 DIRECTRICES PARA EL DISEÑO HIGIÉNICO

Un diseño higiénico se basa en la facilidad con que los equipos y las líneas de la instalación se pueden limpiar. El objetivo es poder hacer limpiezas con frecuencia en la propia planta. Para referirse a esta limpieza se utiliza el término **CIP (Cleaning-In-Place)**, que se define como un sistema automático de limpieza de un circuito de tuberías y/o equipos individuales, sin tener que desmantelar o abrir los equipos de la instalación y sin apenas interacción por parte del operador.

Un proceso típico de CIP consta de las siguientes operaciones:

- *Enjuague preliminar:* se usa agua normalmente fría para arrastrar los restos de residuos sólidos que puedan existir. Es frecuente que el agua usada para esta fase sea el agua recuperada del último enjuague realizado en la CIP anterior.
- *Limpieza con sosa cáustica:* se hace circular sosa cáustica caliente (típicamente al 1,5% de concentración y a 75°C) para eliminar cualquier resto que se haya quedado adherido a las paredes.
- *Enjuague intermedio:* se realiza para eliminar los restos de sosa con agua.
- *Limpieza con ácido:* se hace circular ácido caliente (típicamente al 0,75% de concentración y a 60°C) para eliminar restos de depósitos minerales. Este paso es opcional y se suele realizar una vez por semana.
- *Enjuague final:* con agua de buena calidad y potable para eliminar restos de ácido.
- *Drenaje:* se permite durante un periodo de tiempo corto que los conductos y equipos drenen por gravedad.

Para procesos más sensibles a los restos de microorganismos que puedan quedar aún en el circuito (por ejemplo, procesado de leche), también se requiere:

- *Sanetización:* enjuague de agua con desinfectante a unos 95°C para matar algunos microorganismos.
- *Esterilización:* último enjuague con vapor a 130-140°C para casos más extremos donde se necesiten matar todos los microorganismos, o incluso moho.

Es importante que, antes de que el proceso de limpieza empiece, todos los equipos y líneas estén vacíos para reducir pérdidas de producto, hacer el mínimo número de ciclos de limpieza, enviar la menor cantidad de producto a los efluentes, reducir costes de productos de limpieza y mejorar la eficiencia de la misma.

Como se acaba de mencionar, el agua es necesaria durante el proceso de limpieza y es muy importante que se tenga en cuenta la calidad y el grado de dureza del mismo.

La calidad del agua viene determinada principalmente por el pH y la cantidad de sales de calcio y magnesio que contenga (cuanto mayor sea, más fácil será tener problemas de corrosión).

La dureza del agua reduce la efectividad de los productos usados en la limpieza y, además, puede hacer que se depositen materiales en los equipos y conductos. Se recomienda un grado de dureza bajo, con una concentración de carbonato cálcico no superior a 30 ppm.

Existen cuatro normas básicas para la limpieza:

- *Tiempo de contacto*: cuanto más tiempo esté en contacto el producto de limpieza con las sustancias a eliminar, más posibilidades hay de que estas se disuelvan y puedan ser arrastradas.
- *Turbulencia*: se necesita tener un régimen turbulento para que el producto de limpieza sea capaz de despegar la suciedad de las paredes de los conductos. Además necesita ir a una velocidad mínima de 1,5 m/s para que sea capaz de arrastrar los materiales despegados que no llega a disolver.
- *Concentración*: a mayor concentración, mejor limpieza, pero también mayor costes y mayores peligros.
- *Temperatura*: a mayor temperatura, más efectiva es la acción de la limpieza. Entre los 50 y 80°C, la rapidez de la reacción química se dobla cada 10°C.

Es importante saber que no se debe aumentar la temperatura y la concentración sin ningún criterio ya que hay partes en los equipos que podrían sufrir corrosión si se alcanzan ciertos niveles de temperatura y concentración. Un elemento crítico son las juntas de las válvulas.

Normalmente, hay diferentes circuitos de CIP para limpiar los siguientes elementos:

- *Líneas*: tienen una velocidad objetivo de 1,5 m/s y, en función del diámetro de conductos, se requiere un determinado caudal de CIP.
- *Equipos*: como separadores o intercambiadores de calor de placas, que tienen requerimientos de caudal y presión adicionales.
- *Tanques*: se limpian usando “spray balls”, que consiste en una bola en el interior del tanque por la que sale agua pulverizada que debe conseguir mojar toda la superficie interior del tubo, teniendo en cuenta que si hay agitadores en el interior, estos van a crear zonas de sombra que también habrá que limpiar; “rotating jet cleaner”, que consiste en un chorro de agua a alta presión que aplica el producto de limpieza en las paredes del tanque mientras rota; y “orbital cleaner”, que están diseñados para dar una limpieza completa del interior del tanque.

2.2.1 Tipos de sistemas CIP

Existen dos tipos de sistemas CIP, que se pueden usar tanto en sistemas centralizados de CIP como en descentralizados.

Sistemas CIP de único uso

Estos sistemas usan la solución de limpieza sólo una vez. Esta solución es preparada específicamente para cada limpieza. Normalmente, se trata de un sistema pequeño, ideal para plantas pequeñas y se suelen encontrar cerca del equipo que se va a limpiar. Una vez usado el producto de limpieza, se envía a residuos, evitando así la contaminación cruzada.

Este tipo de sistema se recomienda en:

- Equipos con mucha suciedad
- Tanques que requieren poco volumen de producto de limpieza
- Lugares donde haya un espacio de instalación limitado
- Ocasiones donde el producto de limpieza es muy agresivo contra los conductos y equipos

Las ventajas son:

- Se prepara una disolución de limpieza con la concentración exacta para cada paso de limpieza
- Como es una disolución pura, tiene un poder de limpieza óptimo
- La inversión en el equipo es baja, reduciendo los costes fijos de un equipo de limpieza

Sistemas CIP recuperable

En este tipo de sistemas, la solución de limpieza se recupera y se reutiliza tantas veces como sea posible. Normalmente este sistema tiene un tanque de agua recuperada, un tanque de agua limpia, un tanque de sosa cáustica, un tanque de ácido y un sistema de calentamiento.

Este sistema se recomienda cuando:

- El enjuague preliminar puede eliminar un gran porcentaje de sólidos
- Se necesita limpiar varios tanques
- Se usan productos de limpieza caros
- El sistema de limpieza es complejo

Las ventajas son:

- Menor agua y energía consumidas
- Explotación económica de las soluciones de limpieza con altas concentraciones
- Periodos de limpieza más cortos
- Menor suciedad del agua residual

Sistemas CIP centralizados y descentralizados

Centralizados:

Se usa normalmente en plantas pequeñas con conductos de CIP relativamente cortos. Las soluciones de limpieza se mantienen calientes gracias al uso de intercambiadores de calor en tanques aislados. Suele estar muy automatizado, ya que utiliza sensores de nivel en los tanques y sensores de temperatura y de conductividad para determinar la concentración de las soluciones de limpieza que se están usando.

Descentralizados:

Se usa en plantas grandes que necesitarían conductos muy largos si usasen sistemas de CIP centralizados. Este sistema centralizado se reemplaza por varias unidades de CIP satélites que se encuentran más cercanas a los equipos a limpiar. Los productos de limpieza sí que suelen almacenarse de forma centralizada, y desde ahí se envían a las unidades satélite. El calentamiento del agua se lleva a cabo en cada unidad de CIP.

Este sistema minimiza el consumo de agua y de soluciones de limpieza, reduciendo así el volumen de producto enviado a los efluentes, comparado con el enviado en los sistemas centralizados. Además, estos sistemas se usan cuando se necesitan distintas composiciones de CIP en las diferentes partes de la planta. Es común usar sistemas CIP de un único uso.

2.2.2 Principios clave para un buen diseño higiénico

Los siguientes principios son necesarios tenerlos en cuenta en todo tipo de instalación que requiera un diseño higiénico.

Conocer el producto y cómo lo trata el cliente normalmente

Es necesario hablar con el cliente para decidir cuáles son:

- Los estándares que aplican al proceso y a los equipos: hay estándares en los procesos de calentamiento y pasteurización regulados por la UE.
- Las propiedades del producto que se va a tratar: En el caso en que el producto sea perecedero (lo cual es frecuente en productos lácteos), habrá que evitar los tramos muertos (dead legs, en inglés), donde se queda el producto parado durante cierto tiempo, habrá que hacer limpiezas de CIP frecuentemente y almacenar el producto a una temperatura por debajo de los 6°C.
- El intervalo entre limpiezas: el ideal es de 24 horas.

Respetar el producto

Hay que respetarlo para evitar daños en la manipulación mecánica, ya que un producto dañado deja más residuos, dejando una capa de producto sobre las paredes de los conductos y equipos. Esto deriva en mayor riesgo de deterioro, mayor producto de limpieza que se tiene que tirar y mayores tiempos de limpieza.

Para respetarlo hay que diseñar las líneas de manera que el producto no vaya a velocidades superiores a las límite establecidas. También se debe diseñar tanques para eliminar el aire que pueda contener el producto en los casos en que el aire pueda dañar el producto. Y para productos perecederos se tiene que diseñar una estación de enfriamiento antes de almacenarlo.

Layout de productos separados en áreas

Con este principio se pretende que exista una barrera física entre los productos que requieren diferentes grados de cuidados o productos que pueden contaminar a los demás. De esta manera, resultaría fácil llevar a cabo las tareas de limpieza tanto en el proceso como en el ambiente donde tiene lugar el proceso.

En las plantas de pasteurización, el peligro principal está en contaminar el producto pasteurizado de producto no pasteurizado, ya que las bacterias que se han eliminado con el tratamiento volverían a aparecer y se extenderían por todo el producto.

Proporcionar espacio para la realizar la limpieza

Los equipos deben tener suficiente espacio alrededor para que permita una limpieza manual. La distancia mínima debe dejar que una persona camine sin problema entre los equipos, que pueda agacharse o pueda colocar la cabeza de un cepillo de limpieza.

Esto significa:

- Dejar 2m de espacio de la parte superior de los tanques al techo para colocar una plataforma por donde puedan caminar los operarios.
- Dejar 0,5m hasta el techo para tuberías.
- Dejar 0,9m entre paredes y equipos, y 0,15m entre tuberías y paredes.
- Dejar 0,1m entre suelos y conductos o equipos, a menos que sea también necesario el acceso por debajo del equipo (como en tanques), donde hay que dejar 0,8m de distancia hasta el punto más bajo del equipo.

Diseño de la CIP

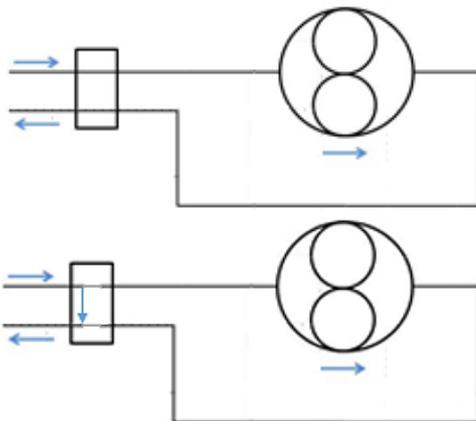
- Hay que diseñar desde el principio que los conductos y los equipos se pueden limpiar sin desmontarse.
- Tiene que haber CIP diferentes para productos que deben evitar la contaminación cruzada.
- Los tanques y las líneas se limpian separadamente para asegurar una limpieza efectiva.
- Aislar las líneas de CIP de las líneas de producto usando válvulas mix-proof (que se explicarán más adelante).
- Colocar válvulas de drenaje en las líneas para que, una vez que el producto se haya almacenado, la línea se pueda enjuagar inmediatamente.
- Intentar que los tanques se vacíen por gravedad, para una limpieza más efectiva y rápida.

Tratar que haya un único camino para cada producto

Teniendo un solo camino por el que pase cada producto se consigue no tener tramos muertos durante la producción, pudiendo recuperar la totalidad del producto y limpiar toda la línea de forma adecuada. Esto sería lo ideal, pero en la realidad hay muchas excepciones que no permiten que esto se pueda hacer así.

A continuación se proponen diferentes opciones alternativas que se podrían aplicar para intentar tener un único camino.

- **Bypass en bombas de desplazamiento positivo:**



Durante la producción, el flujo pasa a través de la bomba, si aguas abajo de la bomba hay algo que bloquea la línea, la válvula se levanta para liberar presión.

Si durante la CIP la válvula se activa, permite un flujo de CIP mayor en la línea que si se hace pasar esta por la bomba de desplazamiento positivo.

Ilustración 5: Bypass en bombas de desplazamiento positivo

- Válvulas para invertir el sentido de flujo con bombas centrífugas:

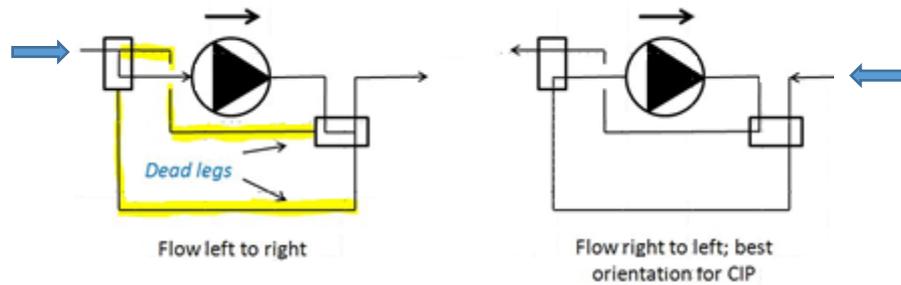


Ilustración 6: Válvulas para invertir el sentido de flujo con bombas centrífugas

Esta es la configuración utilizada cuando se tiene una bomba detrás de un tanque para vaciarlo o llenarlo. La imagen de la izquierda muestra lo que ocurre cuando las válvulas están activadas, y la de la derecha cuando no están activadas.

La mejor orientación para el proceso de CIP es la de la derecha, ya que se estarían limpiando los tramos muertos que hay con la orientación de la izquierda.

- “Dead legs” en bloques de válvulas:

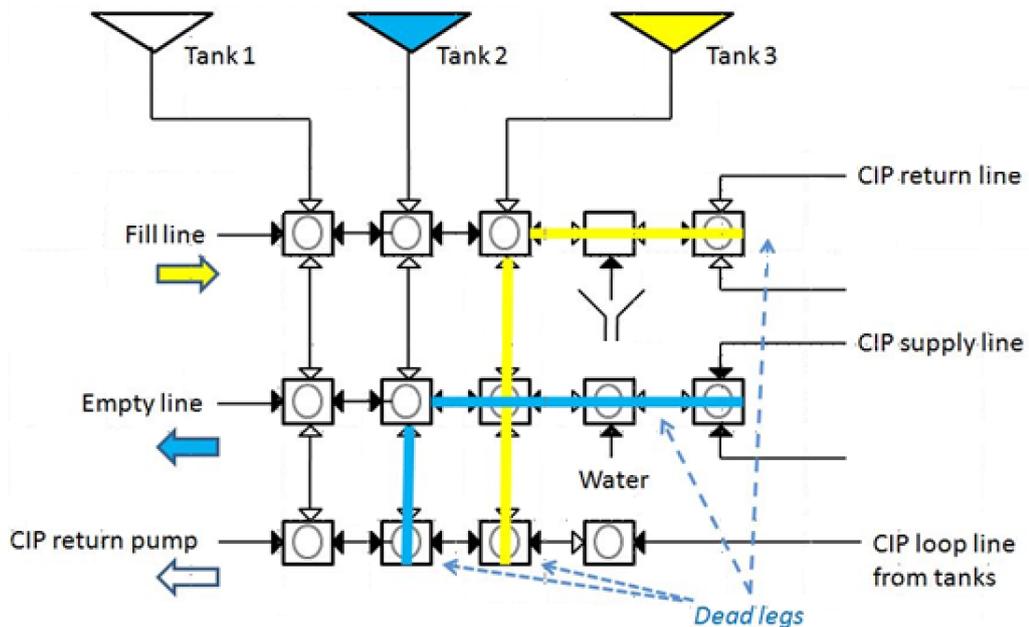


Ilustración 7: Tramos muertos en bloques de válvulas

Esto es lo que suele ocurrir cuando se dejan de llenar los tanques. Como se observa en la imagen, hay muchos metros de tubería que se quedan con producto parado. Aunque la CIP luego será capaz de limpiar todos los tramos muertos, es conveniente reducir los que sea posible.

Una forma de eliminar los tramos muertos del tanque a las válvulas es usar las eco-matrix. De esta forma las válvulas quedan todas en un bloque compacto. Sin embargo,

no se conseguiría reducir los tramos muertos horizontales representados en la imagen anterior.



Ilustración 8: Bloque de válvulas eco-matrix

- Reducción de tramos muertos en tanques que no están en el mismo bloque:

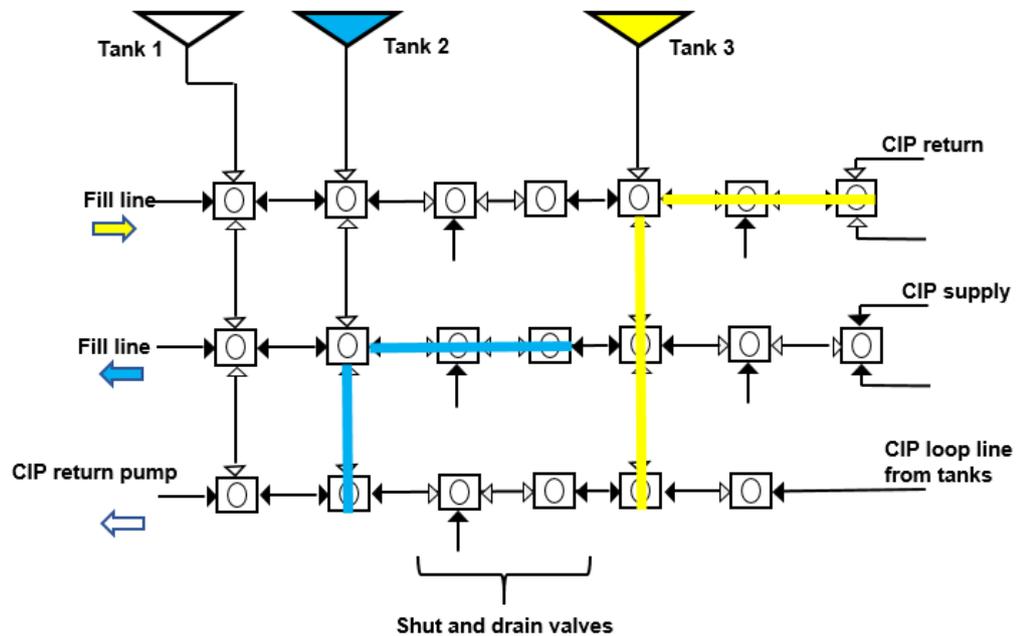


Ilustración 9: Reducción de tramos muertos en tanques que no están en el mismo bloque

Cuando hay una gran distancia entre dos tanques que no pertenecen al mismo bloque, se pueden instalar unas válvulas “shut and drain” (de cierre y de drenaje) después del último tanque del primer bloque para reducir el tramo muerto existente.

- **Circuito de tuberías en el vaciado de tanques para eliminar los tramos muertos:**

Este circuito permite el movimiento del fluido en ambas direcciones, eliminando así el tramo muerto durante las operaciones de producción. El producto solo permanece parado en los posibles tramos muertos durante un pequeño periodo de tiempo y luego, cambiándose la activación de las válvulas, se cambia el camino por el que pasa el fluido, con lo que se consigue que el producto no se quede estanco en ningún posible tramo muerto.

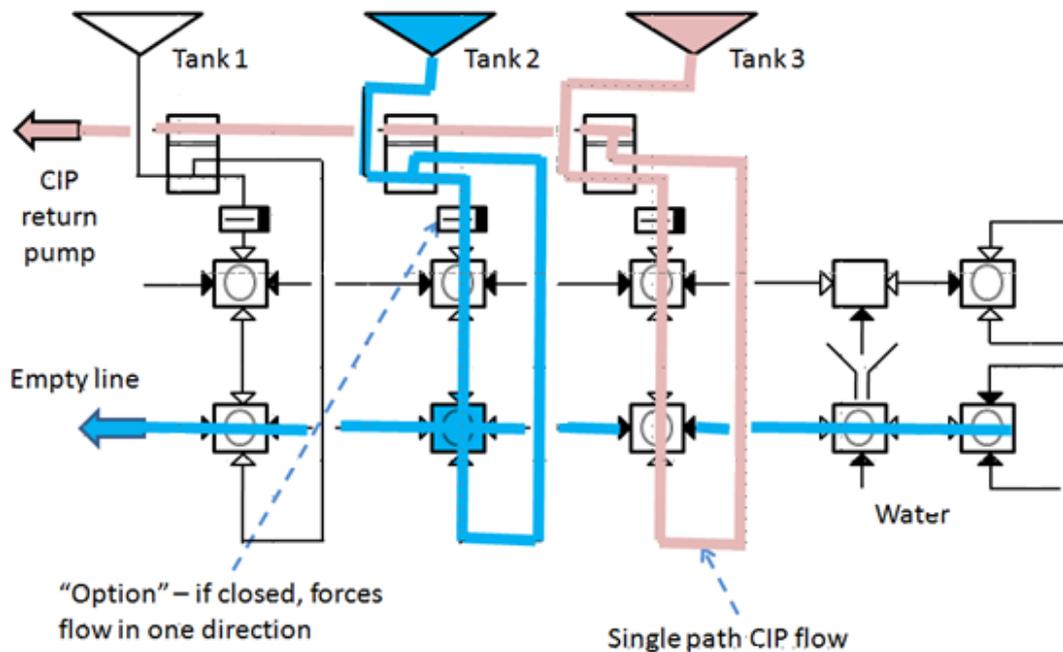


Ilustración 10: Circuito de tuberías en el vaciado de tanques para eliminar tramos muertos

- **Circuito de tuberías en el llenado de tanques para eliminar los tramos muertos:**

El mismo efecto se puede conseguir en el llenado de tanques usando la siguiente configuración, con el fin de eliminar los tramos muertos.

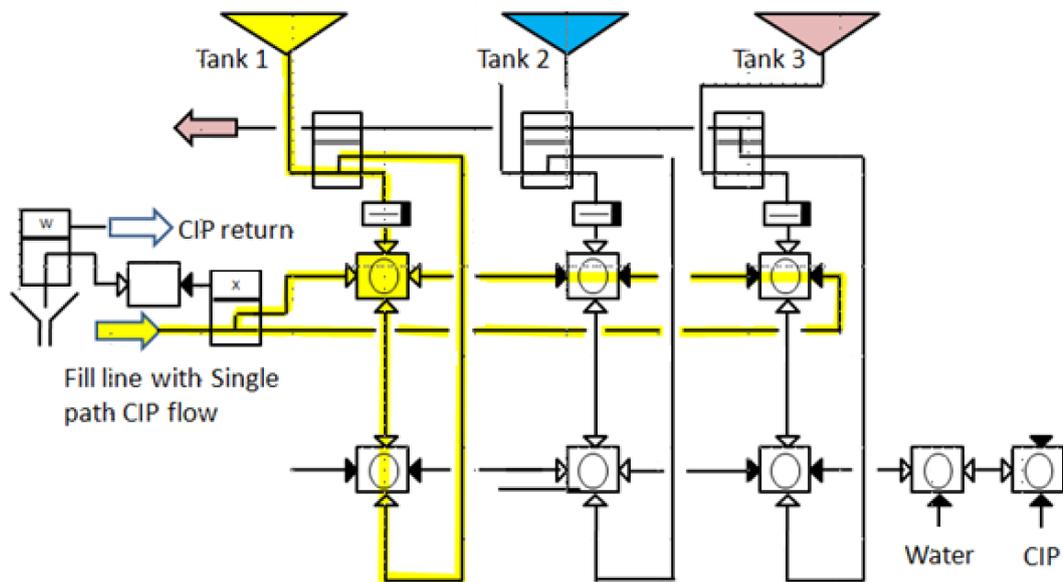


Ilustración 11: Circuito de tuberías en el llenado de tanques para eliminar los tramos muertos

Evitar la contaminación del producto

Si hay riesgo de contacto entre dos productos diferentes (producto-producto, CIP-CIP, producto-CIP), debe existir una cámara entre ellos para que el riesgo de contaminación se minimice o se elimine, si es posible. Si algún producto llega a entrar en la cámara, es necesario limpiarla.

Existen dos configuraciones para evitar la contaminación del producto:

- Usando válvulas Varivent (las cuales se explicarán posteriormente)
- Usando la combinación de dos válvulas para limpiar la cámara creada entre ellas si el producto se introduce en la cámara. El esquema de esta configuración se muestra a continuación:

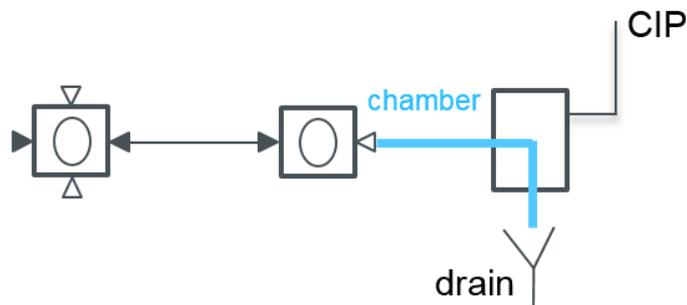


Ilustración 12: Configuración de válvulas para la limpieza de la cámara creada entre dos de ellas

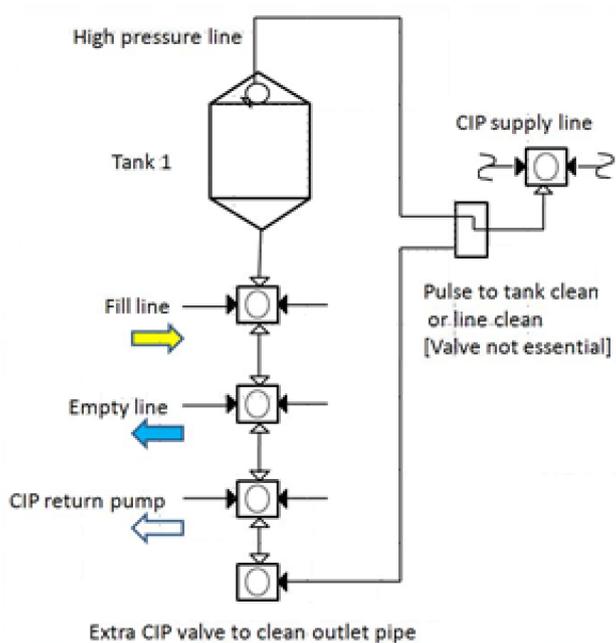
Minimizar las conexiones de producto a tanques

Cuando se almacena producto en un tanque siempre se sigue el ciclo: llenado, espera, vaciado. Durante este proceso, las tuberías conectadas directamente al tanque también serán tramos muertos. Por lo tanto, interesa:

- Minimizar la longitud de la tubería entre el tanque y el bloque de válvulas. Si hay riesgo de incremento de temperatura en la línea de tuberías hay que considerar aislarla para mantener la temperatura a la que se llena el tanque.
- Si en el tanque hay un proceso de fermentación, considerar el uso del diseño eco-matrix (explicado en el punto 0) o el uso de válvulas tipo T con una conexión directa al tanque.

Se utilizan sistemas diferentes para limpiar la línea y el tanque. La línea se llena de CIP, que limpia las superficies internas de las tuberías arrastrando los residuos. En cambio, la limpieza de los tanques es diferente ya que no es práctico llenar el tanque de CIP para limpiarlo. El efecto de limpieza se consigue por medio de un spray a alta presión (explicado con más detalle en el punto 2.2).

Para limpiar la salida de los tanques hay varias opciones:

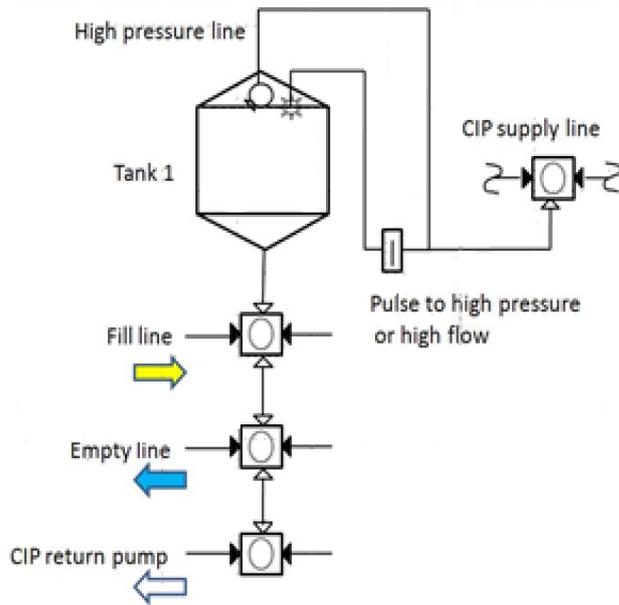


En este caso, el suministro de CIP está diseñado para dos situaciones:

- Limpieza del tanque (bajo volumen)
- Limpieza de la línea (alto volumen)

La experiencia indica que se debe limpiar la salida del tanque como una línea normal.

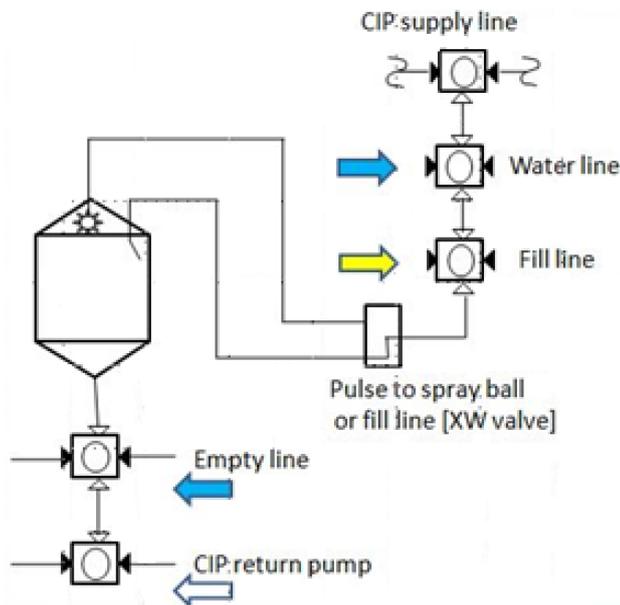
Ilustración 13: Configuración 1 para limpiar la salida de los tanques



En este caso, hay también dos formas de suministrar la CIP, pero el volumen utilizado en la “spray-ball” es suficiente para limpiar la salida del tanque.

Ilustración 14: Configuración 2 para limpiar la salida de los tanques

Para limpiar la entrada al tanque (cuando esta está en la parte superior del tanque) se procede de la siguiente manera:



Es necesario colocar una válvula para diferenciar entre cuando está pasando CIP o producto para llenar el tanque, y poder dirigir el flujo a su tubería correspondiente.

Ilustración 15: Configuración para limpiar la entrada de los tanques

Seleccionar equipos higiénicos

En la etapa especificación del proyecto, se debe elegir, cuando se posible, equipos con certificación EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group).

Si el equipo que se necesita para el cliente no está en la lista de equipos certificados por EHEDG, hay que identificar los peligros potenciales para la higiene en dicho equipo y planear como tratar con ellos. Las modificaciones que se tendrán que realizar son:

- Añadir equipos de limpieza adicionales
- Añadir un paso anterior a la producción de esterilización
- Aumentar el tiempo de limpieza hasta que las muestras de producto den buenos resultados

Especificar los estándares mecánicos de instalación

Las soldaduras en las instalaciones higiénicas se hacen usando tecnología TIG, y estas deben ser tan limpias, suaves y regulares como sea posible. Una buena soldadura no asegura una buena limpieza, pero una mala soldadura suele acabar en deficiencias de limpieza.

Cuando se realiza una instalación es necesario que se realice un control de calidad exhaustivo, llevado a cabo por supervisores expertos que puedan garantizar la existencia de una buena calidad en la instalación mecánica.

Supervisar que la instalación tiene los estándares específicos

Finalmente, se llevarán a cabo las inspecciones de la instalación completa en planta, donde se verá si los principios de diseño higiénico se han respetado. Esta inspección será llevada a cabo por supervisores con experiencia en la industria alimentaria, ya que al trabajar con productos que las personas van a ingerir hay que conocer bien los estándares y ser muy estrictos.

Para cumplir con los estándares de limpieza deseados en la planta es necesario seguir un plan de calidad.

2.3 SELECCIÓN DE BOMBAS

Las bombas se clasifican en dos tipos:

- Centrífugas: aumentan la presión acelerando el fluido
- De desplazamiento positivo: aumentan la presión moviendo un volumen

Las características de operación de cada tipo de bomba se ilustran a continuación. Una bomba centrífuga tiene una curva característica más aplanada, donde la presión decrece con el flujo, mientras que una de desplazamiento positivo típicamente mueve más o menos el mismo volumen independientemente de la presión.

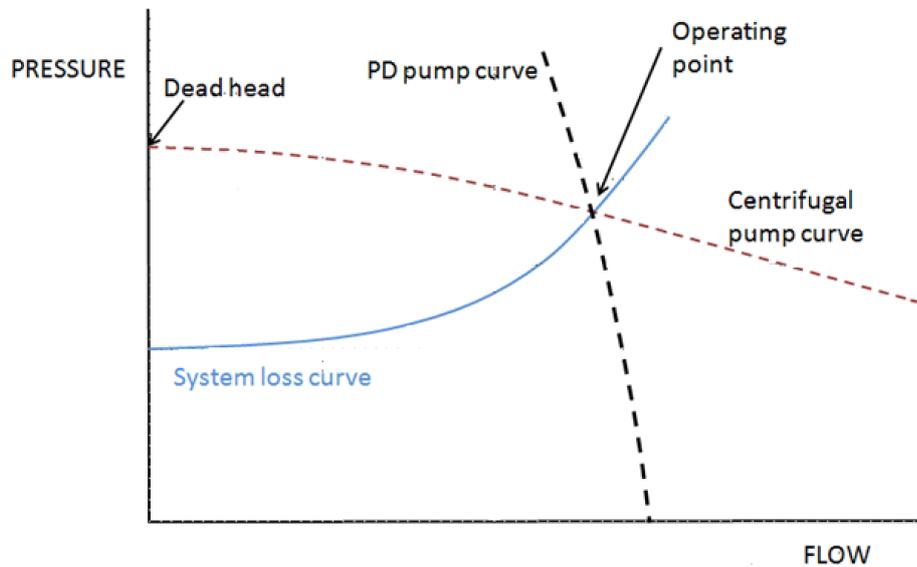


Ilustración 16: Curva presión-caudal de las bombas

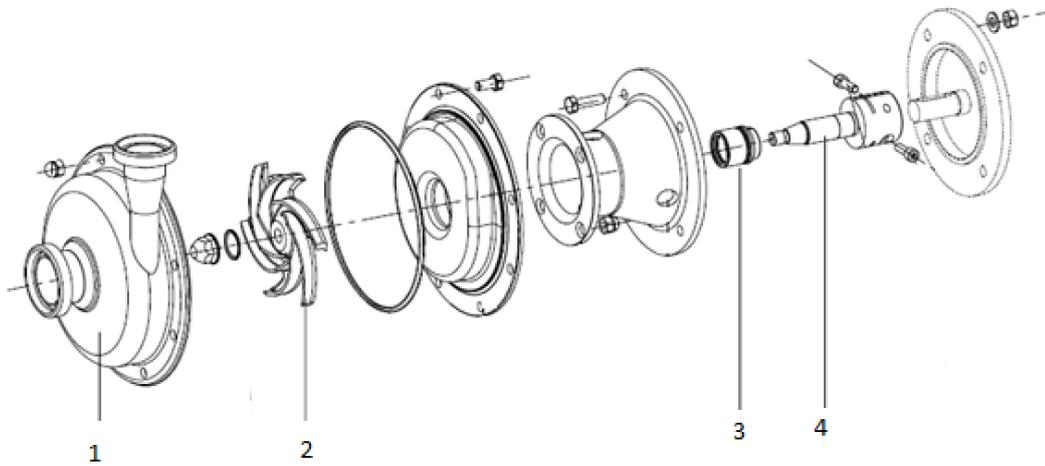
El “dead head” representa la presión añadida por la bomba centrífuga cuando la salida está cerrada.

El “system loss curve” representa la caída de presión en las tuberías y equipos aguas abajo de la bomba. A medida que el flujo y la velocidad aumentan, estas pérdidas aumentan. La presión a flujo nulo representa la presión requerida para elevar el fluido al punto de descarga.

2.3.1 Bomba centrífuga

Una bomba centrífuga toma fluido por la parte central del rodete y lo acelera mediante el movimiento del rodete hasta que lo expulsa por la descarga. El movimiento rápido del fluido es de repente ralentizado cuando sale de la carcasa de la bomba, y esto es lo que genera presión en el punto de descarga.

Las partes más importantes de este tipo de bombas están indicadas en el siguiente esquema.



1: carcasa de la bomba / 2: rodete de la bomba / 3: sello mecánico / 4: eje

Ilustración 17: Esquema bomba centrífuga

Las bombas centrífugas tienen muchas aplicaciones en la industria. Son más baratas que las de desplazamiento positivo de tamaño similar, y además muchas de ellas tienen el certificado EHEDG.

Sin embargo, no son buenas para los casos en los que haya bajo caudal (por debajo de los 5 m³/h se requiere una selección cuidadosa de la bomba), ni para casos en los que la tubería de succión no esté inundada de fluido (retorno de CIP desde los tanques), ni para fluidos que sean sensibles al cizallamiento (por la aceleración causada por el rotor), ni para fluidos con una viscosidad mayor de 300 cP.

2.3.2 Bomba centrífuga autocebante

Este tipo de bombas tiene una modificación mecánica en la carcasa del rodete para abordar uno de los puntos débiles de las bombas centrífugas: el requerimiento de succión inundada. En función del fabricante, este punto débil se resuelve con diferentes configuraciones. Una de estas configuraciones consiste en la existencia de un inductor montado excéntricamente para mantener como un “pozo” de fluido mientras se crea un anillo de fluido. Necesita, por ello, tener la tubería conectada por un punto bajo.

Estas bombas se utilizan casi siempre solo para el retorno de CIP desde los tanques. La mayoría de ellas no están diseñadas de forma higiénica y, por tanto, no son adecuadas para producto. También hay otras que son menos eficientes que las bombas centrífugas estándar, por lo que, además de consumir mucha energía, no son adecuadas para generar altas presiones.

2.3.3 Bomba de desplazamiento positivo

Bomba de lóbulos rotativos

Estas bombas introducen el fluido por una entrada central entre dos lóbulos rotativos y, a medida que los lóbulos rotan, cada uno lleva un volumen fijo de fluido hasta que llegan al lado opuesto, donde se comprime y “escapa” a través del orificio de salida.

Esta bomba crea una succión suficiente para autocebarse. El flujo es necesariamente pulsado debido a los intervalos de succión y de suministro, y aumentando el número de lóbulos se reduce el efecto de pulsación.

Existe un pequeño espacio entre los lóbulos y la carcasa del rodete que permite que cierta cantidad de fluido vuelva a la parte de succión. Este efecto disminuye a medida que la viscosidad aumenta.

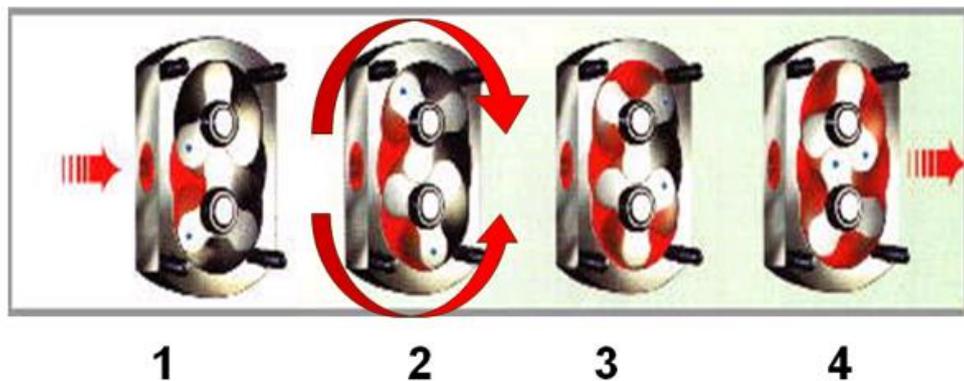


Ilustración 18: Esquema bomba de lóbulos

Las bombas de lóbulos rotativos se utilizan para líquidos con una viscosidad mayor de 300 cP o para líquidos sensibles al cizallamiento.

Bomba peristáltica

Es el tipo de bomba más simple y no tiene ninguna válvula ni anillo ni nada susceptible de obstrucción y corrosión. El fluido solo está en contacto con la parte interior de la manguera, eliminando el riesgo de contaminación del fluido por la bomba, y viceversa. Además, puede funcionar en seco sin problema.

La manguera se comprime gracias a un rotor con unas zapatas semicirculares que van comprimiendo y desplazando el producto que se introduce en la manguera. El material de la manguera se elige en función del producto que va a contener.

Es posible que la limpieza de la manguera sea complicada. Hay que chequear las posibilidades de limpieza para cada tipo de manguera.

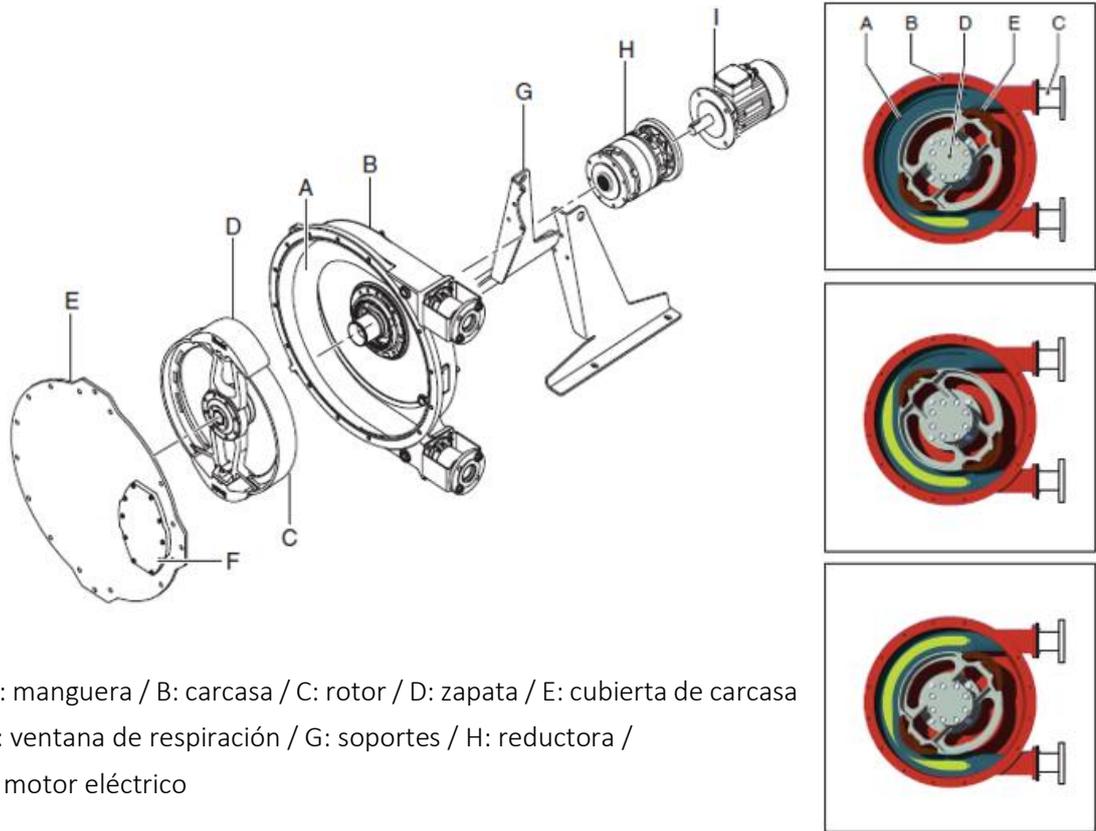


Ilustración 19: Esquema bomba peristáltica

Las bombas peristálticas son ideales para la mayoría de fluidos, incluso para aquellos con muy alta viscosidad, aquellos sensibles al cizallamiento, corrosivos, abrasivos, o para aquellos que contienen sólidos.

Están recomendadas para aplicaciones de medida y dosificación. Son fáciles de instalar, fáciles de operar y baratas de mantener.

Bomba de pistón

Este tipo de bomba está diseñado para producir dosis reguladas de fluido en una instalación. El pistón (D), al desplazarse hacia abajo, permite que el fluido entre en la cámara (C) a través de (B). Cuando (D) se mueve hacia arriba, desplaza el fluido y lo descarga a través de (E). Es necesario que haya una rotación de la válvula cónica (A) de forma coordinada para permitir la entrada y salida de fluido.

El pistón (D) tiene dos anillos (F) y (H), y el espacio creado entre ellos se denomina barrera hidráulica (G). Esto permite la limpieza del anillo (F) que está en contacto con el fluido y necesita ser limpiado.

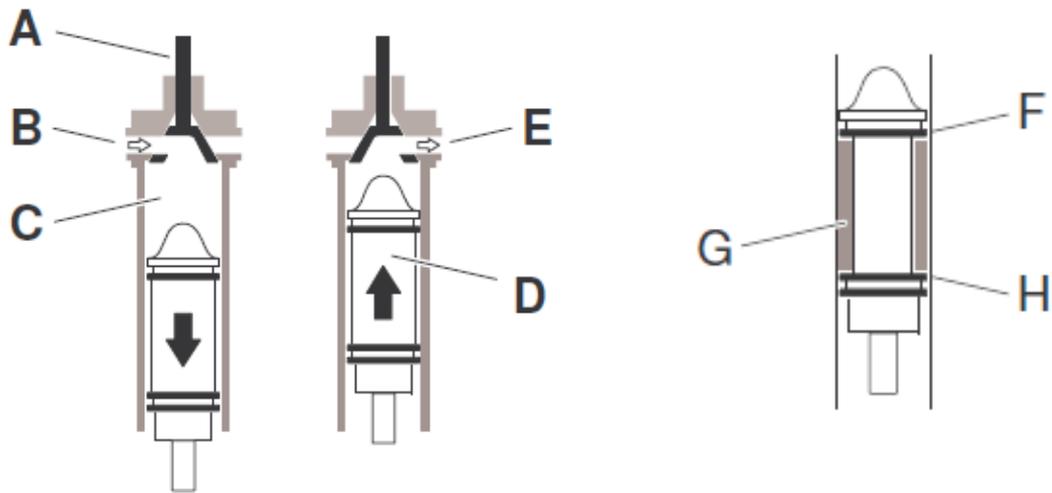


Ilustración 20: Esquema bomba de pistón

Esta bomba se usa para lograr una gran precisión inyectando fluido, por ejemplo, durante el envasado de yogur, natillas u otros productos viscosos, y además permite inyectar productos con sólidos, como yogur con trozos de frutas.

Bomba de tornillo

Este tipo de bomba consiste en un tornillo que mueve el fluido a lo largo de su eje a medida que gira. Tiene un gran poder de aspiración y puede bombear fluidos viscosos (como mantequilla, crema, pulpa de fruta...) y generar altas presiones.

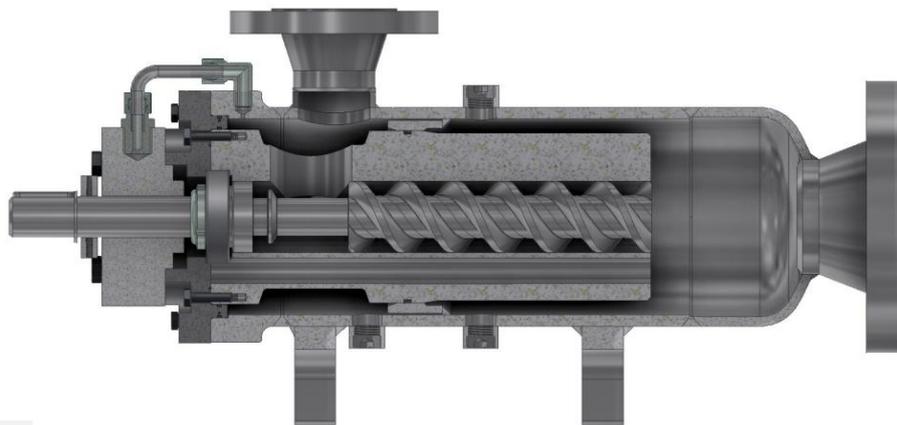


Ilustración 21: Esquema bomba de tornillo

Bomba de doble tornillo

Esta bomba consiste en dos tornillos que forman cámaras, que se llenan de fluido que es bombeado mientras los tornillos rotan. El fluido es movido desde el lado de succión hasta el lado de descarga (que es el punto de mayor presión).

Mientras se bombea no hay contacto metal-metal con la carcasa de la bomba. Esto permite alcanzar un buen rendimiento de la bomba incluso con fluidos corrosivos, contaminantes y lo lubricantes.

Cabe destacar que se puede conseguir que el flujo vaya en la otra dirección cambiando la dirección de los ejes, de manera que la succión sea la descarga y viceversa.



Ilustración 22: Esquema bomba de doble tornillo

Esta bomba se usa también para fluidos viscosos y altas presiones, pero es más compacta que la de un solo tornillo y el recambio de sus piezas es más barato.

Bomba de diafragma

El diafragma se acciona usando aire comprimido, por lo que la válvula se activa mediante presión positiva y negativa. El fluido es succionado desde la línea de succión (mientras que la válvula de descarga permanece cerrada), se introduce el fluido en la cámara, y durante la descarga, la válvula de descarga se abre mientras que la de succión se cierra.

Es posible que el diafragma se accione mecánicamente. En este caso, estas bombas se usan como bombas dispensadoras.

Estas bombas se usan principalmente para el transporte de productos, pero no durante el procesado. Se usan para el bombeo de sosa cáustica y ácido, y otros productos como el concentrado de frutas, mermelada, miel...

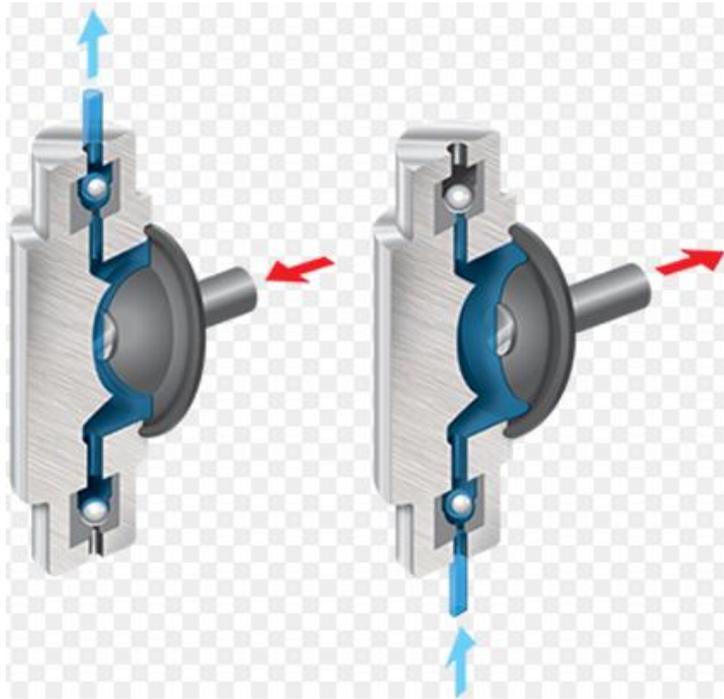


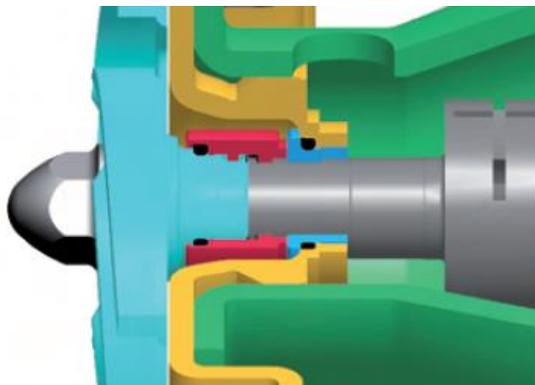
Ilustración 23: Esquema bomba de diafragma

2.3.4 Sellos mecánicos

La mayoría de bombas mostradas necesitan sellos mecánicos.

Un sello mecánico es un dispositivo usado para contener el fluido dentro de la bomba, donde un eje rotativo atraviesa la carcasa. Es necesario permitir que el eje entre en la parte húmeda de la bomba sin permitir que el fluido presurizado escape por ahí. Es por eso que los sellos mecánicos son necesarios.

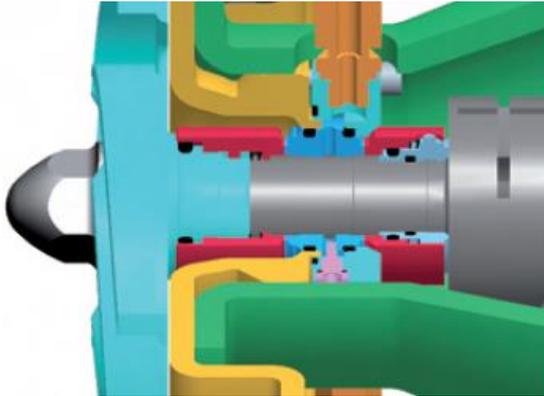
Los sellos mecánicos más típicos son:



Sello mecánico de actuación simple

Tiene un solo anillo y se usa para sustancias no abrasivas y para aplicaciones de baja presión.

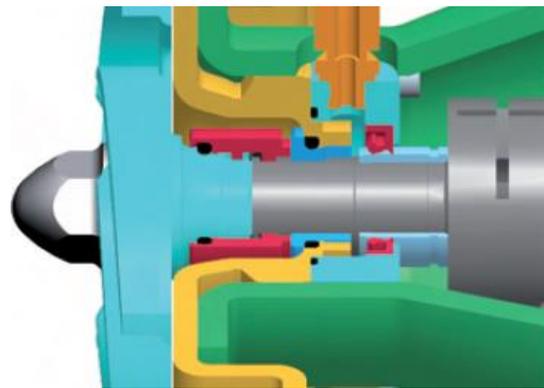
Se lubrica con el líquido bombeado.



Sello mecánico de actuación simple y lubricación externa

Se usa para productos altamente viscosos (>100 cP) y que se cristalizan fácilmente.

Se lubrica desde el exterior con un líquido especial, y se comienza a lubricar antes de que la bomba se ponga en funcionamiento.



Sello mecánico de doble actuación

Se usa para fluidos peligrosos y abrasivos.

Se lubrica desde el exterior con un líquido especial, y se comienza a lubricar antes de que la bomba se ponga en funcionamiento.

Ilustración 24: Sellos mecánicos

2.3.5 Cavitación

Es muy importante asegurar que no hay ninguna parte de la instalación con muy baja presión porque si la presión en cualquier punto del circuito es menor que la presión de vapor del fluido, aparecerá la cavitación. Este efecto hará que se dañe la bomba.

Para ver si la instalación se encuentra próxima al efecto de cavitación, se usa el NPSH (Net Positive Suction Head). Hay dos tipos de NPSH:

- NPSHd (disponible): mide cómo de cerca el fluido está de la cavitación
- NPSHr (requerido): es el valor límite en un punto específico de la instalación para evitar la cavitación del fluido

El NPSHr tiene que ser menor que el NPSHd de una bomba centrífuga para que no exista la cavitación y la bomba funcione de forma efectiva.

A efectos prácticos, existen varias reglas que se pueden aplicar. Una muy útil es disponer de una tubería de succión a la bomba recta, siempre que sea posible. Esto es especialmente relevante para bombas de desplazamiento positivo porque el flujo pulsado crea una aceleración adicional, difícil de calcular, que puede afectar a la cavitación.

2.4 SELECCIÓN DE VÁLVULAS

Existen muchos fabricantes de válvulas y muchos tipos de válvulas. Sin embargo, lo que se pretende en este apartado mostrar una selección de válvulas que podrán ser usadas en el diseño de la planta de procesado que se realizará en la continuación de este documento. Todas las válvulas aquí mostradas son propiedad de la empresa GEA.

El sistema de válvulas VARIVENT® está diseñado para plantas de procesado en las que la calidad de la producción, la higiene y la seguridad son una prioridad.

Las principales partes de una válvula VARIVENT® son:

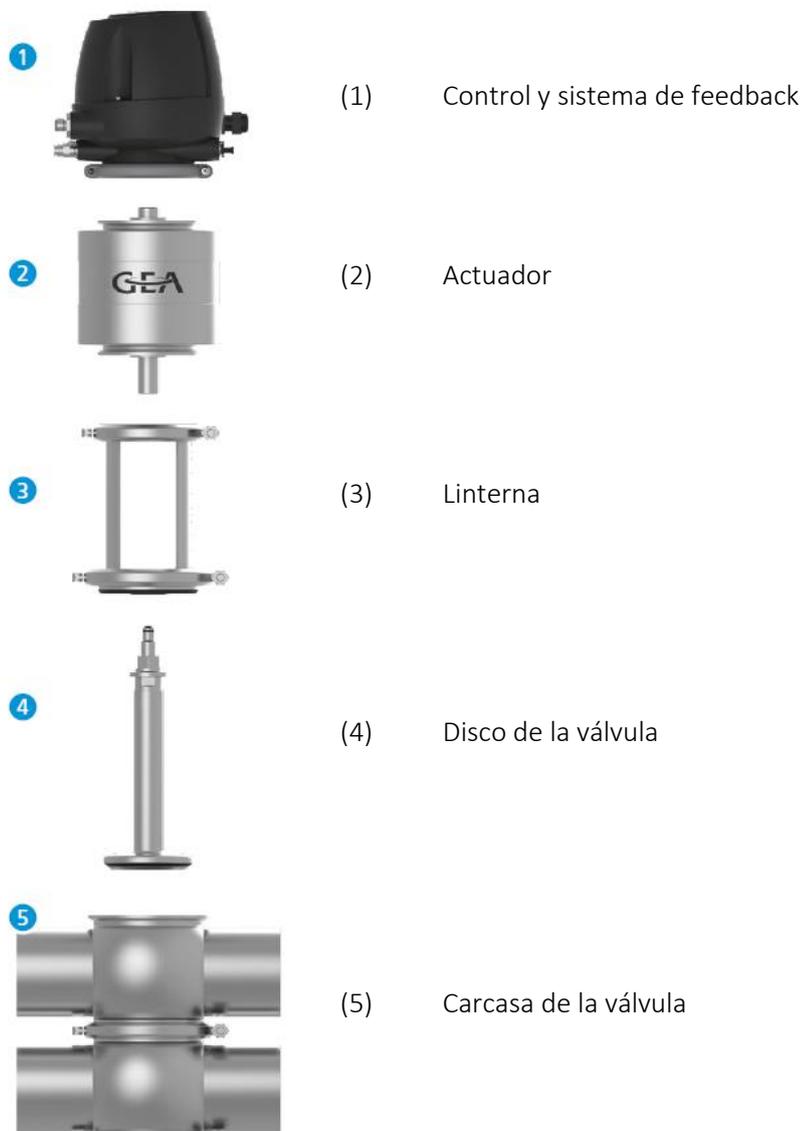


Ilustración 25: Esquema válvula VARIVENT

A la hora de elegir el tipo de válvula es importante tener en cuenta que los diferentes tipos de válvulas tienen distintos comportamientos y que cada uno de ellos es útil para determinadas aplicaciones. Es muy importante asegurarse de que la válvula está instalada de tal manera que el asiento se cierre a contraflujo para evitar que se produzcan roturas por golpes de ariete.

A continuación se detallan los tipos de válvulas más importantes que se usan en este tipo de plantas.

2.4.1 Válvula de simple asiento

Dentro de este tipo de válvulas hay dos categorías:

Válvulas N y U

Son válvulas que paran el flujo. En función de la dirección del flujo se sabe cuál es el tipo de válvula más adecuada, ya que una válvula debería siempre cerrarse a contraflujo, como se ha mencionado anteriormente.

Las aplicaciones típicas de este tipo de válvulas son: válvula de drenaje (la tipo U), válvula de bypass, válvula dosificadora y válvula de salida de tanque.

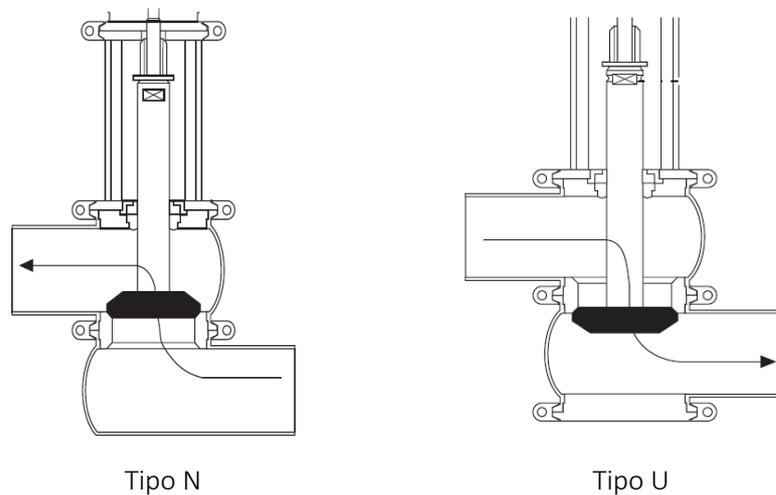


Ilustración 26: Esquema válvulas de simple asiento tipo N y U

Válvulas W y X

Son válvulas que cambian la dirección del flujo, y que también deben cambiar de posición a contraflujo.

Las aplicaciones típicas son: suministro de CIP, retorno de CIP, hacer converger el fluido (tipo W), hacer divergir el fluido (tipo X).

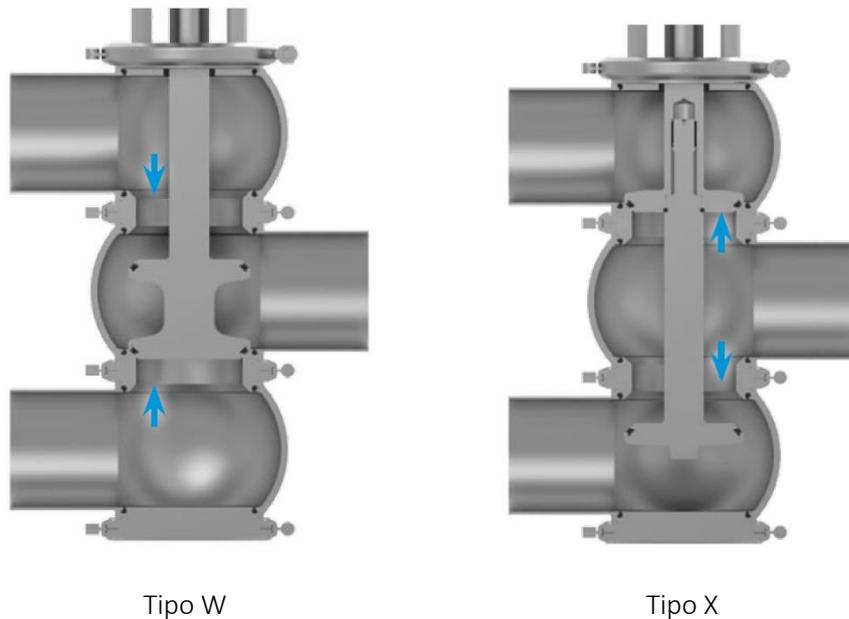


Ilustración 27: Esquema válvulas simple asiento tipo W y X

2.4.2 Válvula de doble asiento

Válvula D

Cuando la válvula pasa de cerrado a abierto, el asiento de abajo se desplaza hacia arriba unos 2 mm (dejando que el fluido de la carcasa de abajo entre en el espacio que había entre los dos asientos), hasta que toca al asiento de arriba y entonces ambos asientos siguen desplazándose hacia arriba juntos.

Para poder eliminar el fluido que ha entrado en el espacio entre los asientos existe un dispositivo que conecta este espacio con la zona de la linterna, por donde se permite la salida de las fugas.

Gracias a este sistema de doble asiento se permite detectar cuándo la junta del asiento falla, ya que fugaría hacia el espacio entre los asientos, sin contaminar el fluido que puede estar circulando por la otra carcasa.

Debido a que, al menos, al abrir la válvula el espacio entre los asientos queda mojado de producto, este espacio debería ser limpiado. Para la limpieza del mismo se procede de la siguiente manera: la válvula dispone de un actuador que permite elevar el asiento superior de la válvula, dejando que durante la limpieza de CIP el producto de limpieza pase también por este espacio y lo limpie.

Las aplicaciones típicas de esta válvula son: bloques de válvulas y salida de tanques.

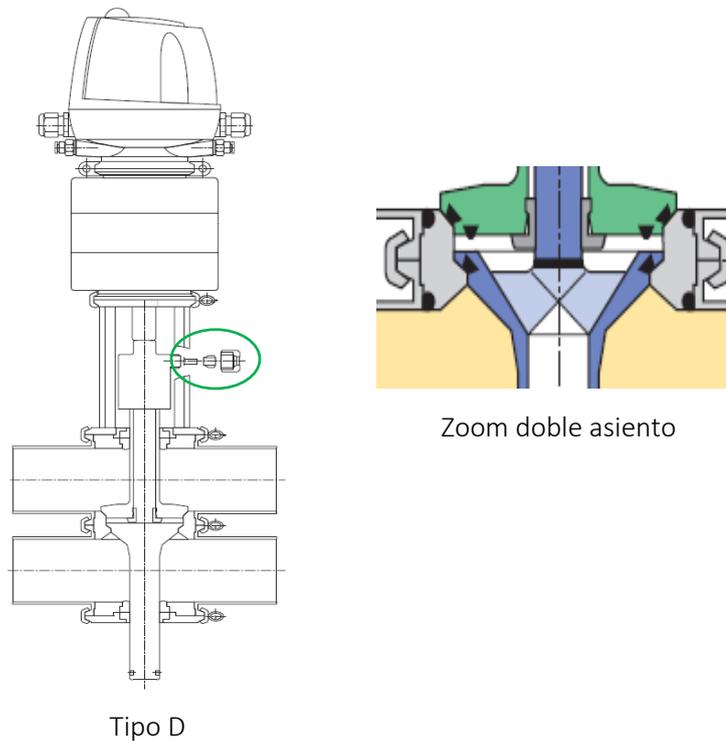


Ilustración 28: Esquema válvula de doble asiento tipo D

En la siguiente imagen se puede observar el principio de funcionamiento de este tipo de válvulas:

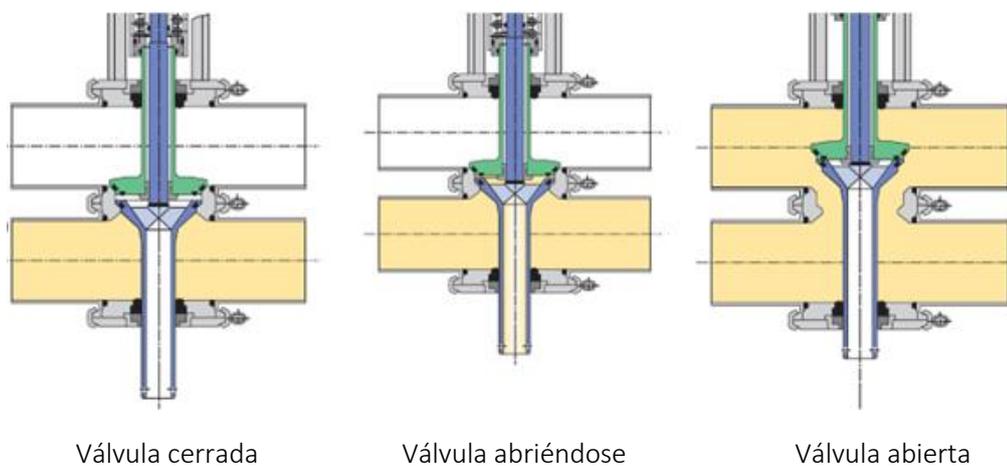


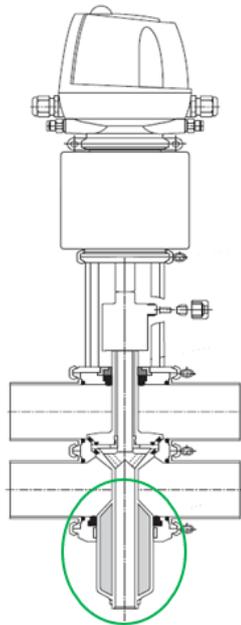
Ilustración 29: Principio de funcionamiento válvula tipo D

Válvula B

Cuando hay picos de presión alta por encima de 25 bar, el asiento inferior de la válvula puede abrirse. Gracias al espacio que existe entre los dos asientos, el fluido que fuga se introduciría en él y éste sería extraído a través de una salida de fugas por la parte inferior. Además, la válvula viene con un “balancer” para el asiento inferior que ayuda a que la válvula no se abra si aumenta la presión.

El funcionamiento del doble asiento es igual que para la válvula anterior, y también dispone del dispositivo para detectar fugas por la parte de la linterna.

Las aplicaciones de esta válvula son parecidas a las de la válvula D, salvo que estas se suelen usar más cuando el fluido usado es caro y está sometido a altas presiones.



Tipo B

Ilustración 30: Esquema válvula de doble asiento tipo B

El efecto del “balancer” se puede ver en la siguiente figura, donde la presión actúa de la misma forma en todas las direcciones, permitiendo que se ejerza presión tanto en el asiento inferior como en el propio “balancer”, balanceando el efecto de la presión sobre el asiento inferior.

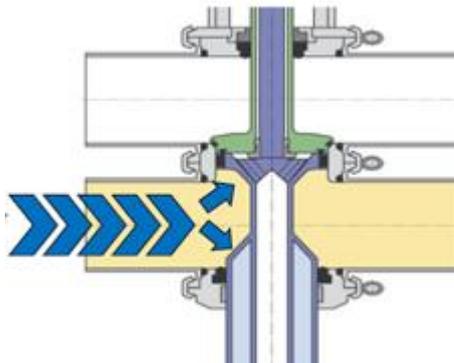


Ilustración 31: Balancer válvula tipo B

Válvula R

La característica más importante de esta válvula es que, en lugar de tener dos asientos iguales que se apoyan solo en un punto sobre la carcasa, el asiento inferior de la válvula R apoya su superficie lateral sobre la carcasa. Esto hace que tenga ciertas diferencias con respecto a las válvulas anteriores. La principal es que el asiento inferior se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo. Se desplaza hacia abajo porque así permite el paso de CIP en el espacio entre los dos asientos. Y al desplazarse hacia arriba tiene la ventaja de que no entra producto en dicho espacio, logrando no perder nada de producto. En cuanto el asiento de abajo toca al de arriba, los dos continúan desplazándose juntos hacia arriba.

Es necesario tener cierto cuidado si se va a utilizar para productos corrosivos ya que la junta del asiento inferior está continuamente arrastrándose por la pared y si estuviera en contacto con un producto corrosivo el desgaste de la misma sería mayor, por lo que no es recomendable.

Las aplicaciones típicas de esta válvula son parecidas a las de las válvulas D y B, salvo que estas se usan más para las ocasiones en que el producto es caro y no se pueden permitir pérdidas.

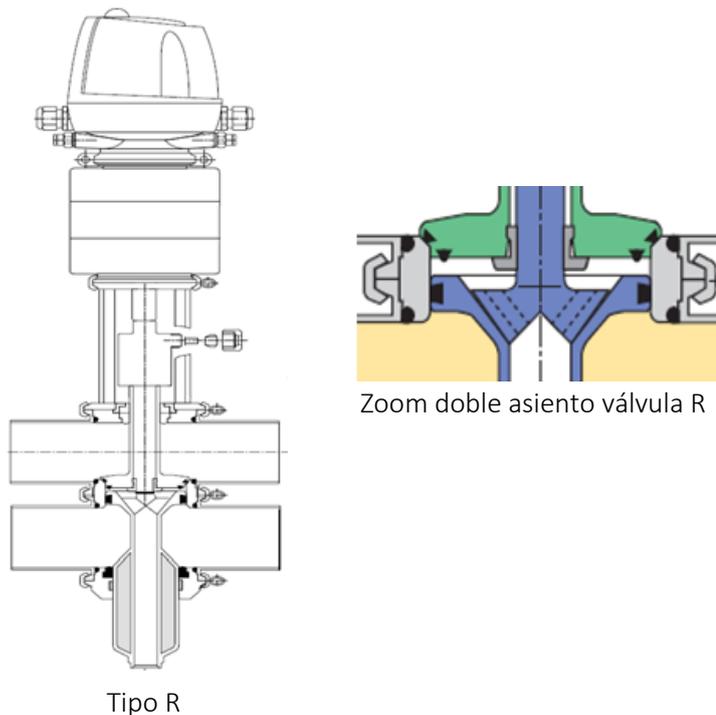
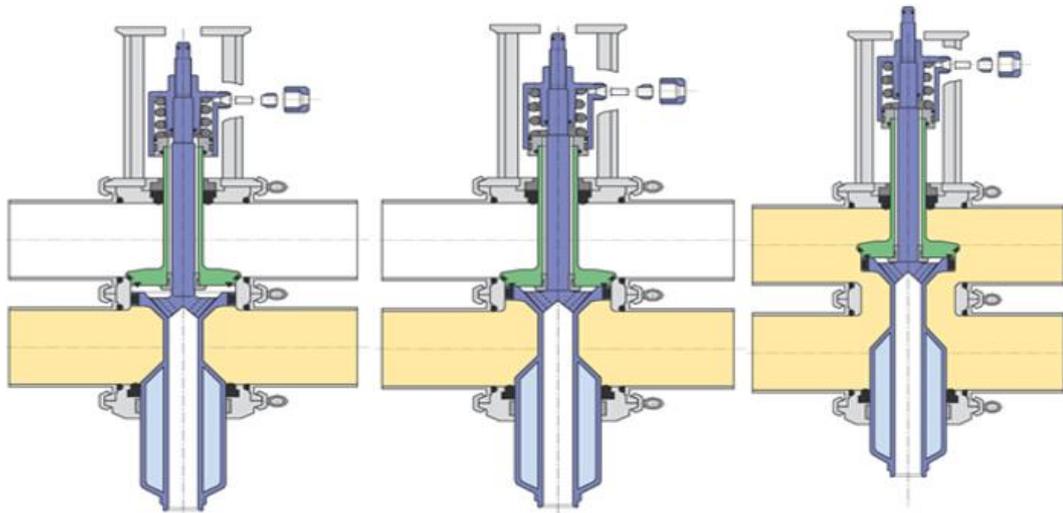


Ilustración 32: Esquema válvula tipo R

En la siguiente imagen se puede observar el principio de funcionamiento de este tipo de válvulas:



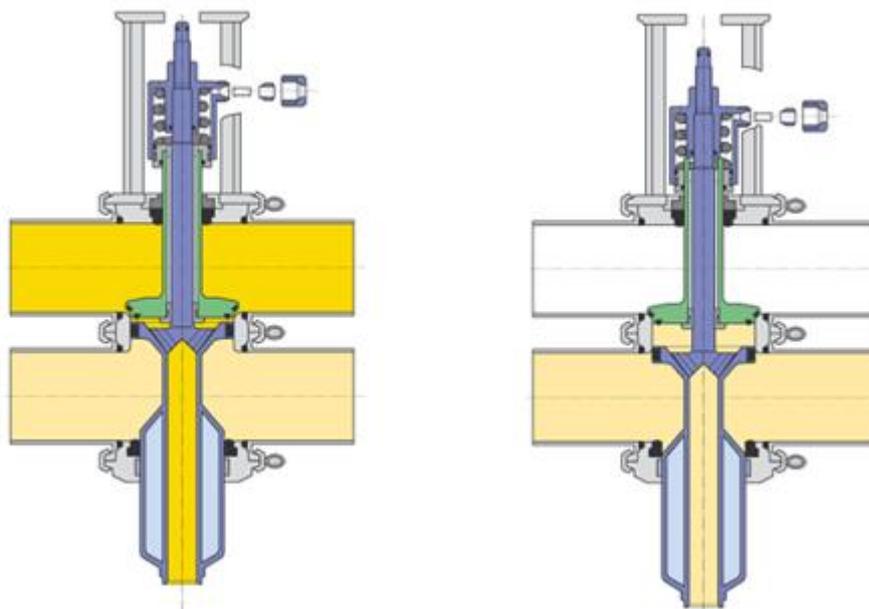
Válvula cerrada

Válvula abriéndose

Válvula abierta

Ilustración 33: Principio de funcionamiento válvula tipo R

Para la fase de limpieza, hay dos formas de limpiar la cámara intermedia, representadas en la siguiente ilustración:



Subiéndose el asiento superior

Bajándose el asiento inferior

Ilustración 34: Procedimiento para la limpieza de la cámara intermedia de la válvula tipo R

Válvula K

También existe la posibilidad de que la válvula sea de doble asiento pero que no se limpie el espacio que queda entre estos. Por tanto, esta válvula no es adecuada para aplicaciones en las que se necesita un diseño higiénico. La válvula K es una versión económica de la válvula D, donde la higiene no es lo principal, sino que simplemente se quiere asegurar que los dos flujos no se contaminen el uno al otro mediante el uso del doble asiento.

Las aplicaciones típicas de esta válvula son en áreas de CIP donde sólo pasa producto de limpieza y no hay nada que se pueda contaminar.



Ilustración 35: Esquema válvula tipo K

Válvula C

Esta válvula es la única válvula que tiene un solo disco. Este disco tiene dos apoyos y por eso sigue perteneciendo al grupo de doble asiento. Sin embargo, no es tan segura como las otras porque no tener dos asientos separados.

La cámara de fugas se drena a través de las válvulas de drenaje laterales.

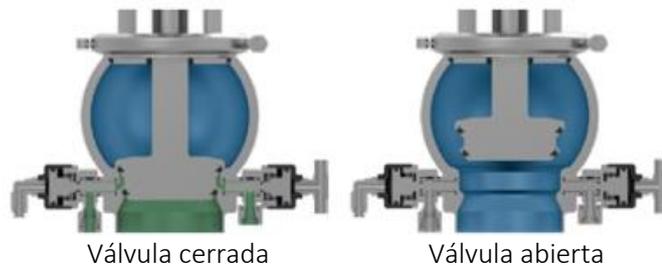


Ilustración 36: Esquema válvula tipo C

Válvulas para tanques

Se usan diferentes válvulas para llenar y vaciar tanques. Las más comunes son:

- **La válvula T:**
Tiene un asiento radial, similar al de la válvula R, también tiene un “balancer” en la parte del actuador, y es posible colocarla en horizontal si es necesario.

A continuación se puede observar un ejemplo de cómo se coloca esta válvula T.



Ilustración 37: Esquema válvula tipo T

Si hay producto de limpieza en la tubería, el disco inferior se desplaza hacia abajo, dejando que entre producto entre los dos discos para que se limpie esa cámara (como se puede ver en la imagen de la izquierda). El disco superior también se puede desplazar hacia arriba, en la dirección del tanque, para limpiar la cámara (como se puede observar en la imagen de la derecha). Para ello, el líquido debe estar previamente almacenado en un tanque a un nivel adecuado.

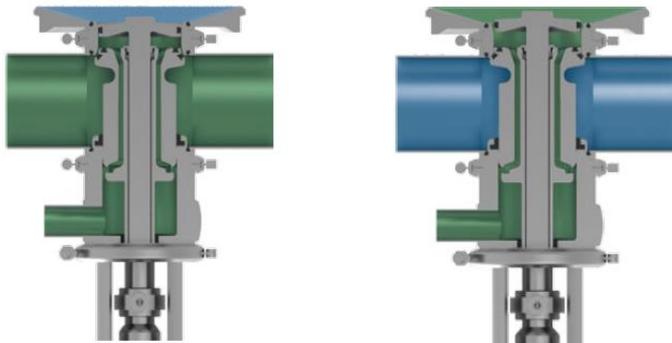
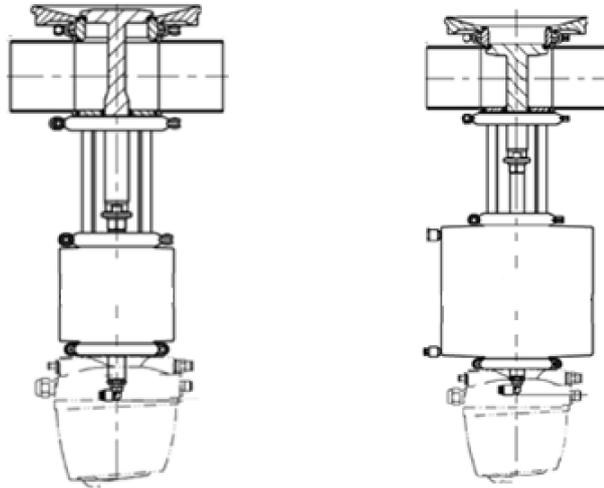


Ilustración 38: Procedimiento de limpieza de la válvula tipo T

- **Las válvulas UF y NF:**

Permiten el cierre de la salida del tanque. Son una solución económica de la tipo T ya que no aseguran que se contaminen los fluidos, al ser de simple asiento.



Tipo UF

Tipo NF

Ilustración 39: Esquema válvulas tipo UF y NF

- **La válvula L:**

Permite parar el flujo o unir dos flujos y es adecuado para la recuperación de producto con el uso del “cerdito”. El “cerdito” es un objeto usado para recuperar producto empujándolo por la tubería.

Esta válvula se puede colocar boca arriba, boca abajo o en horizontal, y tiene un asiento radial, similar al de la válvula R.

En la imagen de la derecha se muestra cómo se limpia la cavidad.

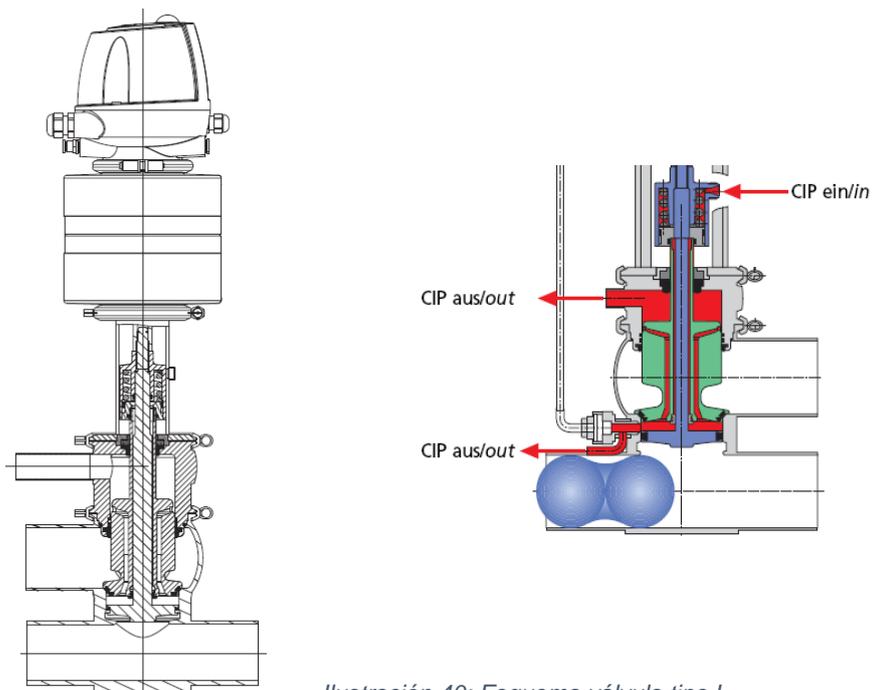


Ilustración 40: Esquema válvula tipo L

2.4.3 Válvulas modulantes

Estas válvulas se utilizan para controlar condiciones como el flujo, la presión o la temperatura mediante su apertura o cierre completo o parcial que responden a las señales recibidas de dispositivos que comparan “set-point” con el valor que están detectando los sensores colocados en el proceso.

Las aplicaciones típicas son: llenado de tanques, control de presión del tanque, control del flujo, en los pasteurizadores, en los intercambiadores de calor, o en aplicaciones de dosificación.

Existen tres válvulas:

- **Tipo P:** que no funciona como una válvula modulante regular, ya que tiene diferentes posiciones de apertura.
- **Tipo S y A:** que funcionan como válvulas modulantes regulares. Tienen un ajuste fino y se usan cuando se requiere una mayor precisión.

2.4.4 Válvulas mariposa

Su función es cortar el paso del fluido y hay varios tipos:

- **Tipo 711:** los extremos de la válvula están soldados. Es la elección estándar para aplicaciones en las que las bridas de la válvula se pueden separar fácilmente para permitir el reemplazo de ciertas partes de la misma.
- **Tipo 788:** la válvula está unida mediante bridas a la tubería. Es la elección estándar para aplicaciones en las que las tuberías son rígidas.



Tipo 711



Tipo 788

Ilustración 41: Esquema válvulas de mariposa tipo 711 y 788

- Tipo 988: cuando la válvula está cerrada, hay una separación que asegura la contaminación (mixproof) de los dos productos. Esta separación se logra a través de dos sellos perimetrales. Esta cavidad que queda entre ellos está abierta a la atmósfera, así que cualquier fuga es visible inmediatamente.



Ilustración 42: Esquema válvula de mariposa tipo 988

Además, tiene una posición de seguridad con candado, para que si se están haciendo pruebas y se quiere tener esa válvula en una posición determinada, se pueda fijar su posición y no permitir que nadie la cambie por error.



Ilustración 43: Posición de seguridad de la válvula de mariposa tipo 988

2.5 TANQUES

Existen dos tipos de tanques principales, los presurizados y los atmosféricos.

Los **tanques presurizados** se encuentran totalmente sellados y se utilizan cuando el producto que se está almacenando es de gran calidad, o ha pasado por varios procesos y con lo cual ahora tiene un gran valor añadido. A estos tanques se le inyecta aire comprimido para que, si se produjese una fuga, fuese el aire comprimido el que saldría al exterior del tanque, en lugar de meterse el aire atmosférico, gracias a que la presión en el tanque sería superior a la atmosférica. De esta manera, el producto no sería contaminado por el aire. Esto supone un coste adicional con respecto a que no se presurizara, puesto que supone tener una estación de aire comprimido, junto con la instalación adecuada para el tratamiento (filtros) y el transporte de este aire hasta los tanques. Es un coste que es necesario pagar si se quiere ser riguroso con la higiene del producto.

Por el contrario, los **tanques atmosféricos** están abiertos al exterior, de manera que el interior del tanque se encuentra a la presión exterior y además es posible que cualquier suciedad pueda caer dentro del tanque. Se suelen usar en casos en que el producto aún no está tratado y que va a ser tratado posteriormente, eliminando cualquier microorganismo que pueda tener.

2.6 CONSERVACIÓN DE ENERGÍA

La energía es una preocupación global y es uno de los mayores gastos a nivel económico de cualquier país, desde los hogares hasta las grandes fábricas. Por ello, es necesario identificar las partes del diseño en las que se puede contribuir a la conservación de la energía.

Existen tres principios en la conservación de la energía:

- **Gestionar**

Promover un acercamiento sistemático a la gestión de la energía. Se puede invitar al cliente a llevar al manager responsable del proyecto a las reuniones lo antes posible para que haya buena relación de trabajo y así poder detectar oportunidades para la eficiencia energética.

- **Medir**

Hacer cálculos sobre los requerimientos energéticos que tienen los equipos para poder mandarle al cliente un informe en una de las primeras etapas del proyecto. Además, habrá que proporcionar los dispositivos necesarios para que el cliente mida el gasto energético que tienen los equipos que le interesan.

- **Reducir**

Una vez que se tienen los diagramas de bloques, hay que examinar de qué manera se puede conservar la energía:

- Reducir las temperaturas para calentar el fluido al mínimo requerido en el proceso
- Minimizar los pasos de almacenamiento cuando se requiere enfriar
- Regeneración de calor
- Recuperar el calor residual en descargas de drenaje
- Utilizar el proceso de calentamiento más eficiente para el producto que se calienta

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREAS

3.1.1 ÁREA DE MEZCLA: Área 01

En esta área se realiza la mezcla de los diferentes ingredientes que se usarán para producir las natillas. Una vez estén correctamente mezclados se enfriará el producto mediante un intercambiador de calor.

PRODUCTO:

Se traerán a esta área los productos e ingredientes necesarios para formar la natilla. Estos ingredientes son:

- Leche desnatada
- Azúcar líquido
- Nata

Uno por uno, todos los productos se introducirán en el tanque correspondiente por medio de un juego de válvulas. Primeramente, se activará una válvula tipo D de doble asiento que permitirá que el producto se dirija a uno de los dos tanques. El resto de válvulas, de la línea que va al tanque, las atraviesa sin modificar la posición de las mismas, llegando a una válvula U que está abierta para permitir que el producto entre en el tanque.

Los productos entrarán por la parte baja del tanque para evitar que éste se estropee, ya que al tratarse de productos viscosos, resultaría fácil que se dañasen si cayesen desde una altura considerable. Dentro del tanque se removerán todos los productos mediante unos agitadores intentando alcanzar una mezcla uniforme. Durante una hora, los productos se estarán introduciendo en el tanque uno por uno y mezclándose adecuadamente. Pasado este tiempo, se abrirá la válvula U de fondo de tanque, dejando que este se vacíe.

Por ahora sólo se tienen los diferentes ingredientes mezclados, pero aún queda añadirle polvos a la mezcla, en un paso posterior, para que se conforme la natilla. Al salir la mezcla del tanque gracias a la apertura de la válvula U, se abre la primera válvula tipo D que se encuentra para dirigirse hacia la zona de polvos. Es necesario que haya cierta presión en la tubería para que el producto pueda llegar hasta la bomba por donde se introducen los polvos. Esta es la razón por la que el producto será impulsado por una bomba previa, que además llevará un variador de frecuencia. Este variador estará controlado por un caudalímetro que se sitúa a continuación de la bomba y que le indicará a la bomba el caudal que está dando. Si este caudal es inferior al de consigna, el variador subirá la frecuencia a la que funciona la bomba para que dé más caudal y alcanzar el deseado. Lo contrario sucedería en caso de que el caudal indicado sea superior. El caudal de consigna de esta bomba es 30000 l/h.

La mezcla sale del tanque a 20°C, temperatura adecuada para añadir los polvos fácilmente. Estos polvos se añaden a través de una tolva, que tiene una válvula mariposa automática a su salida que se abrirá cuando se quieran añadir los polvos.

Se necesita una bomba especial para introducirlos en la mezcla inicial, que pueda funcionar con polvos y además que tenga certificado ATEX. Adicionalmente, al tratar un fluido viscoso, esta bomba necesitará estar refrigerada con agua. La entrada de agua se controlará mediante una electroválvula que cortará el flujo de agua mientras la bomba no esté en funcionamiento y permitirá el flujo del mismo en cuanto comience a funcionar. Después de atravesar la bomba habrá un sensor de caudal que permita detectar el movimiento del caudal para cerciorarse de que está pasando agua y que, por tanto, la bomba se está refrigerando. Esta bomba también manejará un caudal de 30000 l/h.

Una vez introducidos los polvos, se vuelve a impulsar el producto mediante una bomba que servirá para llevar el producto hasta el tanque, sin pasar aún por el intercambiador de placas (haciéndole un bypass). Se quiere que esta bomba cree vacío entre ella misma y la bomba anterior, donde se introducen los polvos, para que el producto no se salga por la entrada de polvos, sino que se quiere asegurar que son los polvos los que entran en la tubería. Esto se consigue haciendo que la bomba en cuestión dé un poco más de caudal que la bomba de polvos, creando una presión inferior a 1 atm en el tramo entre ambas bombas. Esta presión se medirá, y se mandará el valor a la bomba que debe crear el vacío para que, si la presión se acerca o sobrepasa el valor 1, la bomba se acelere, dando más caudal y creando ese vacío buscado. El caudal de consigna de esta bomba será de 35000 l/h para poder crear ese efecto de vacío.

En el momento que se están introduciendo los polvos en la tolva se puede caer cualquier metal o elemento, que deberá ser retirado. La manera de hacerlo consiste en colocar una trampa magnética, que retendrá los elementos metálicos, y un filtro, que no dejará pasar los grumos de polvo o cualquier otro elemento que sea de tamaño superior al del filtro.

En esta primera vuelta no se quiere enfriar el producto porque se va a llevar al tanque y se va a remover todo de forma correcta. Será después de este paso cuando se enfríe el producto. Por ahora, se hace un bypass al intercambiador de placas, abriendo la combinación de válvulas W-N situadas a la entrada y salida del intercambiador de placas. De aquí, el producto completamente mezclado se dirige al tanque de nuevo, pasando por el juego de válvulas anteriormente explicado.

En el tanque se remueve toda la mezcla con los polvos, dejando que la mezcla se hidrate y, esta vez sí, el tanque se vaciará por la misma línea que antes y el producto pasará por el intercambiador de placas, sin que la tolva introduzca polvos en el producto. Para que pase por el placas, las combinación de válvulas W-N que están a la entrada y salida del placas se mantienen en su posición original. Tras atravesar el intercambiador de placas se mide la temperatura para asegurarse de que la temperatura alcanzada es de 8°C, tal y como se desea. De aquí, el producto frío es enviado al tanque de nuevo.

El siguiente paso es llevar el producto al área de pasteurización. El tercer tanque se vacía y se abre la segunda válvula D que se encuentra, permitiendo que acceda a la línea que se dirige a dicha área. Al salir el producto del tanque sin presión suficiente como para llegar hasta la siguiente área, el producto se impulsa mediante una bomba que también lleva

variador de frecuencia conectado al caudalímetro situado a continuación de la bomba, con el mismo fin que el explicado anteriormente. Esta bomba tiene un caudal de 7500 l/h.

CIP:

Se deben limpiar: los tanques, la línea de vaciado que lleva a la inyección de polvos, el intercambiador de placas y la línea de vaciado que envía al pasteurizador.

El caudal de CIP necesario en tuberías de DN65 es de 18000 l/h, y se tendrán que realizar todas las etapas de CIP: enjuague preliminar con agua, limpieza con sosa, enjuague intermedio con agua, limpieza con ácido, enjuague final con agua y drenaje.

Tanques:

Desde la línea de impulsión de CIP, se hace llegar la misma a los tanques abriendo la válvula K correspondiente al tanque que se quiere limpiar, permitiéndose limpiar así la línea por la que el producto ha llegado anteriormente al tanque. Para limpiar el interior del tanque, se activa una válvula N que dirige la CIP a las "spray balls", por donde el producto de limpieza sale a gran presión, limpiando bien las paredes internas del tanque. De ahí, cae todo el producto por gravedad, al abrir la válvula de fondo de tanque, hasta la línea que hace el retorno de CIP. Mientras llega al retorno de CIP, va limpiando las tuberías por donde se vacían los tanques cuando el producto se dirige a las líneas de vaciado.

Línea de vaciado que lleva a la inyección de polvos e intercambiador de placas:

Para limpiar esta línea, se introduce la CIP al comienzo de la línea a través de las válvulas W y N y se hace llegar y pasar por la bomba centrífuga, la bomba especial para polvos y por el intercambiador de placas. Además, como el intercambiador de placas necesita un caudal de 40000 l/h para limpiarse, es necesario colocar una bomba adicional entre la salida del intercambiador y la entrada, de manera que recircule 12000 l/h. Este caudal, sumado a los 18000 l/h que vienen por la línea de producto en fase de CIP, hace un total de 30000 l/h.

Continúa por la línea de producto hasta llegar a los tanques, por el mismo camino que si se estuviese enviando producto de vuelta a los tanques. Como en la limpieza exclusiva de los tanques, la CIP se deja salir del tanque abriendo la válvula de fondo de tanque, llegando a la línea de retorno de CIP. Esta línea tiene una bomba para poder llevar el producto hasta el área de CIP. Al comienzo del retorno de CIP en el área de CIP se encuentra un TT (Transmisor de Temperatura) que manda el valor de temperatura que hay en ese punto. Este TT servirá para confirmar que las temperaturas alcanzadas durante el proceso de CIP son las adecuadas y se ha limpiado todo bien. El área de CIP se encuentra próximo a esta área y no se va a perder demasiada energía en la tubería conecta ambas áreas.

Línea de vaciado que lleva al pasteurizador:

Se introduce CIP al comienzo de esta línea mediante las válvulas W y N, limpiando también los dobles asientos de las válvulas tipo D. Se hace pasar el producto de limpieza por la bomba centrífuga, que lo envía hasta la siguiente área (área de pasteurización). En el área de pasteurización pasa por dos válvulas, limpiándolas, y finalmente se dirige a la línea de retorno de CIP a través de la válvula U.

3.1.2 ÁREA DE PASTEURIZACIÓN: Área 02

La actividad principal en esta área es la pasteurización, pero también se realiza la homogeneización y la cocción del producto. Las tres actividades son necesarias para conseguir un buen producto.

Primeramente, se va a explicar brevemente en qué consisten estas tres actividades, y posteriormente se detallará el camino que sigue tanto el producto como la CIP dentro del área.

- Homogeneización: Consiste en hacer pasar el producto lácteo a través de unos finos tamices con el fin de reducir el tamaño de los glóbulos de grasa que contenga. De esta manera se consigue que las partículas de grasa que estén aglomeradas emulsionen, quedando distribuidas de forma homogénea en el producto, y así no se degraden.
- Cocción: Consiste en calentar la mezcla a cierta temperatura (próxima a los 70°C) para que se activen los polvos que se han introducido en dicha mezcla, ya que el almidón se activa a esa temperatura, para que coja viscosidad el producto.
- Pasteurización: Consiste en calentar el producto durante un tiempo corto a una temperatura elevada de unos 70-80°C (en función del proceso se puede estar un tiempo corto a 80°C o un tiempo un poco superior a una temperatura inferior, por ejemplo 70°C) y enfriarlo a continuación rápidamente a unos 4°C. Con este proceso se consigue eliminar los microorganismos sin modificar las propiedades del producto. A mayor temperatura, más microorganismos se eliminan y, por tanto, más tiempo te durará ese producto. Sin embargo, a mayor temperatura, mayor gasto energético se tendrá en el intercambiador de placas y, por tanto, más dinero habrá que invertir en él.

PRODUCTO:

Antes de recibir el producto desde el área de almacenamiento hay que asegurarse de que las temperaturas y presiones alcanzadas en el intercambiador de placas son las correctas para poder realizar con éxito las tres actividades que se llevan a cabo en esta área. Para ello, se impulsa agua y se hace el recorrido completo que haría el producto pero con agua (para no desperdiciar producto) tantas veces sea necesario, hasta alcanzar todas las temperaturas y presiones deseadas. El agua se dirigirá a la siguiente área, tal y como haría el producto ya pasteurizado, pero no se introducirá en ningún tanque y volverá a esta área para cerrar el lazo y poder alcanzar las temperaturas deseadas.

Este procedimiento siempre tendrá lugar después de que se realice la CIP de esta área, ya que con la CIP se dejan de tener las temperaturas necesarias en cada punto para pasteurizar el producto.

Una vez verificadas todas las mediciones, se procede a recibir el producto desde el área de almacenamiento. En un primer momento habrá contacto entre el producto y el agua, pero esta agua será drenada en la siguiente área justo después de los tanques para que el producto pasteurizado sea lo único que entra en los tanques.

El producto entra en la línea que envía al intercambiador de placas a través de una válvula D y se impulsa mediante una bomba centrífuga que está refrigerada de igual forma que las explicadas en el área anterior. Uno de los puntos con más presión del circuito estará situado justo antes de la entrada al intercambiador placas. Por tanto, es necesario asegurarse de que la presión en este punto no superará la máxima presión que puede soportar el intercambiador, para no dañarlo.

El producto llegará a 8°C y se introducirá en la primera etapa del intercambiador de placas, donde se calienta hasta los 75°C. Esta temperatura se puede confirmar mediante la instalación de un transmisor de temperatura a la salida de esta primera etapa. Entre este punto y la entrada al homogeneizador, hay que confirmar que se tiene una presión de 3-4 bares, ya que este equipo funciona como una bomba y necesita cebarse con esa presión de entrada.

A la salida del homogeneizador se encuentra el retenedor. Aquí se tendrá el producto a una temperatura de 70°C durante 5 minutos. Durante este tiempo el producto se cocerá y además se pasteurizará. Es importante confirmar que la temperatura justo después del retenedor es de 70°C para asegurar que durante el proceso la temperatura era de al menos 70°C y que la cocción y pasteurización se han realizado con éxito.

A continuación, entra en la segunda etapa del intercambiador de placas, donde comienza a enfriarse, gracias al intercambio de calor con agua fría. En la última etapa se enfriará hasta los 8°C gracias al intercambio de calor con agua helada. Esta temperatura se comprobará mediante un transmisor de temperatura instalado a la salida de la última etapa del intercambiador de placas.

El producto ya está listo para ser enviado al área de almacenamiento. Se dirige a él mediante la activación de una válvula W.

CIP:

La primera fase de la CIP consiste en realizar un enjuague preliminar con agua. Se llenará la tubería por donde ha pasado el producto, eliminando los restos del mismo. El agua llegará hasta los tanques del área de almacenamiento (sin entrar en ellos) y volverá a esta área, donde se drenará y se comenzará a introducir sosa para la segunda fase de la CIP. La sosa seguirá el mismo recorrido que la CIP, limpiando el intercambiador y todos los demás elementos. Es importante recalcar que durante todo el proceso de CIP el intercambiador de placas no estará ni calentando ni enfriando los productos de limpieza, ya que estos vienen ya con un caudal y temperatura indicados para poder realizar una buena limpieza. Una vez que la sosa vuelve de la siguiente área, ésta se retorna a la central de CIP y se empieza a realizar el enjuague intermedio con agua. Éste sigue el mismo recorrido que el agua de la primera fase. A continuación, se introduce el ácido, que sigue el mismo recorrido que la sosa. Y por último, se realiza un enjuague final introduciendo agua para eliminar los restos de ácido. En esta última fase, el intercambiador de placas vuelve a ponerse en funcionamiento con la intención de que las temperaturas y presiones en cada punto del circuito sean las adecuadas para poder meter producto a continuación y que se realice con éxito la homogeneización, cocción y pasteurización del producto. Una vez estabilizados los parámetros, comienza de nuevo la fase con producto.

3.1.3 ÁREA DE ALMACENAMIENTO: Área 03

PRODUCTO:

A esta área le llega el producto pasteurizado del área anterior, para almacenarse en los diferentes tanques (dos tanques de 30 m³). Antes de introducirse en ellos hay un conductivímetro que sirve para que, cuando en el área anterior se está empujando el producto con agua, se pueda detectar cuándo el agua llega a este punto y cerrar las válvulas de los tanques con la finalidad de que no se introduzca agua en ellos. Para que el producto se pueda introducir en ellos, lo hace desde abajo mediante una válvula tipo U de fondo de tanque. Mientras un tanque se vacía, el otro puede estar llenándose, y viceversa. El vaciado de los tanques se hace mediante otra válvula, tipo NF también, por donde se dirige, mediante la activación de una válvula D, hacia el área ya existente en la que se encuentra la envasadora. La velocidad de vaciado viene determinada por la velocidad a la que es capaz de envasar la envasadora. Para ello, se utiliza una bomba de desplazamiento positivo de lóbulos, con un caudal de 5500 l/h. Las bombas que mueven fluidos viscosos tienen que llevar refrigeración para evitar que se calienten demasiado. La línea de agua de refrigeración tiene una electroválvula, que cortará el flujo de agua mientras la bomba no esté en funcionamiento y permitirá el flujo del mismo cuando se ponga a funcionar. De esta manera no se desperdicia agua. Tras atravesar la bomba, se coloca un sensor de caudal en la línea de agua para verificar que está pasando el agua refrigerando la bomba. Este sensor deberá colocarse en sifón, para evitar que el agua pase por la parte inferior de la tubería, donde el sensor no estaría detectando el paso de fluido. Con el sifón se asegura que el sensor detecte el movimiento del caudal.

Para terminar de enviar todo el producto al área para envasar se utiliza empuje por agua. Es decir, se introduce agua en la línea de vaciado que empuja el producto para que no se quede producto en la tubería y se desperdicie. La línea de agua para empuje se abre o se cierra mediante una válvula mariposa automática.

Los tanques deben estar presurizados ya que el producto que se almacena es el producto final, que tiene gran valor añadido, y no se desea que pueda entrar aire de fuera que dañe el producto. Es por eso que existe una línea de aire comprimido (representada en la parte superior del plano). El aire comprimido que llega a esta área se hace pasar por dos filtros que sirven para purificar o esterilizar este aire. Delante y detrás de estos dos filtros se coloca un indicador de presión. De esta manera se podrá saber si hay algo que está obstruyendo los filtros (suciedad o cualquier otro elemento) cuando baja la presión en el segundo manómetro, en relación con el primero, y así cambiarlo.

De aquí, y a través de una válvula tipo K, el aire comprimido se introduce en cada tanque.

CIP:

Se debe limpiar, aplicando todas las fases de CIP, los tanques y la línea de vaciado.

Tanques:

Desde la línea de impulsión de CIP, se hace llegar la misma a los tanques abriendo la válvula K correspondiente al tanque que se quiere limpiar. La CIP entra a los tanques a través de las "spray balls", para que limpie las paredes internas del mismo con chorros a gran presión. De ahí, cae todo el producto por gravedad, al abrir unas válvulas, hasta la línea de retorno de CIP. Aquí hay una bomba que impulsa el caudal de CIP hasta la central de CIP. Para confirmar que la CIP se está haciendo correctamente hay que comprobar que la temperatura de la misma es la adecuada. Para ello es necesario instalar un transmisor de temperatura que confirme que en el lugar donde se está midiendo la temperatura es al menos la indicada para cada fase de CIP. Este transmisor estará colocado en la propia central de CIP ya que está cerca de esta área y se considera que el fluido no va a perder mucha energía en el camino.

Línea de vaciado:

Se introduce CIP en esta línea, que continúa hasta la siguiente área de la envasadora, donde está el retorno de CIP correspondiente.

3.2 DIAGRAMA DE CARGAS

La planta estará en funcionamiento las 24 horas del día, los 7 días de la semana. A continuación, se muestra un diagrama de cargas donde se observan las actividades que los distintos elementos de la planta están realizando en cada hora del día.

El diagrama incluye desde el momento en que se comienza a descargar los productos necesarios para la mezcla de las natillas, hasta el envasado de las mismas, pasando por los distintos tanques y el pasteurizador. La actividad de la envasadora no está dentro del alcance del proyecto, aunque el envío de producto a la envasadora sí lo es. Esta es la razón por la que la actividad de la envasadora queda registrada en este diagrama.

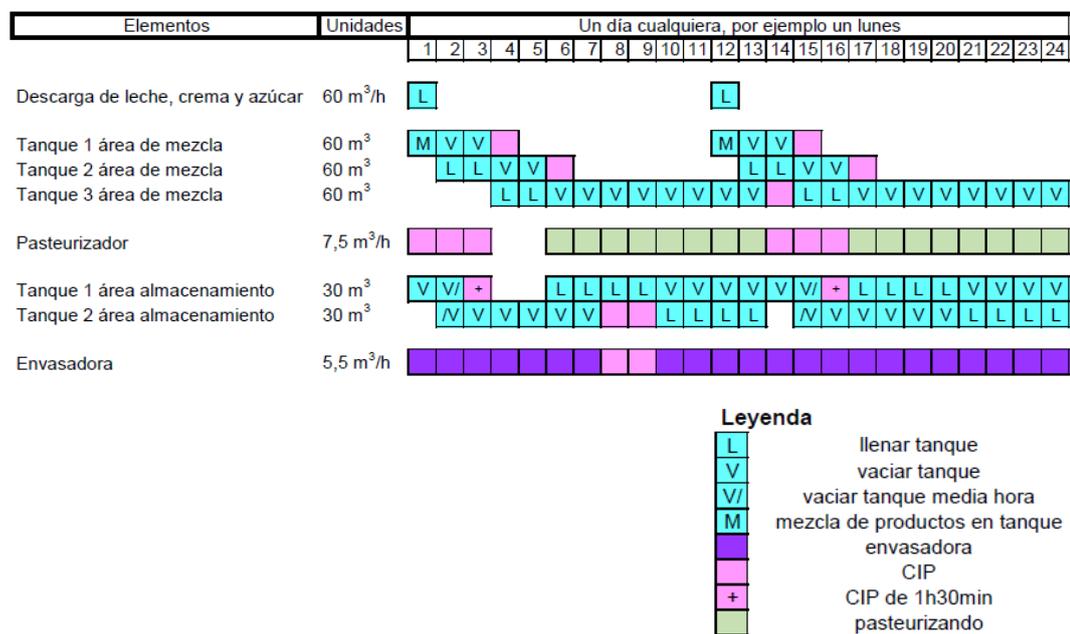


Ilustración 44: Diagrama de cargas de la planta

El caudal de vaciado de los tanques 1 y 2 del área de mezcla es de 30 m³/h y el del tanque 3 de la misma área es de 7,5 m³/h. El caudal de vaciado de los tanques 1 y 2 del área de almacenamiento es de 5,5 m³/h.

Cabe aclarar que los tiempos de CIP indicados en el diagrama incluyen el tiempo necesario para el empuje con agua en los momentos que sea pertinente.

Una vez conocidos los tiempos, los volúmenes de los tanques y los caudales es posible determinar los diámetros de cada tramo de tuberías, indicado en el propio plano de cada área.

3.3 JUSTIFICACIÓN DE LOS DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS

Para realizar un buen cálculo de las tuberías se tiene en cuenta:

- el tipo de producto que transporta, ya que en función de su viscosidad deberá llevar una velocidad aproximada determinada
- las pérdidas de carga del producto por el rozamiento con la pared interna de la tubería
- la longitud del tramo por el que hay que desplazar el fluido

En términos generales, la leche puede llevar una velocidad de 1,4-1,5 m/s por las tuberías sin que se dañe. Sin embargo, productos más viscosos como la nata o el azúcar líquido, han de llevar una velocidad aproximada de 0,8 m/s para que no se estropee. La entrada de estos tres productos en el primer tanque tendrá que tener en cuenta estas velocidades para dimensionar la tubería.

Se quiere tener un caudal de 25 m³/h de leche para meter en el tanque. Por lo tanto, si se utiliza una tubería de DN 80, se tendrá una velocidad de:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{25 \frac{m^3}{h} / 3600}{\pi \cdot \frac{0,08^2}{4} m^2} = 1,4 m/s$$

Para la nata y el azúcar líquido, como se necesitará menos cantidad en la mezcla, basta con tener un caudal de 15 m³/h. Por lo tanto, si se utiliza una tubería de DN 80, se tendrá una velocidad de:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{15 \frac{m^3}{h} / 3600}{\pi \cdot \frac{0,08^2}{4} m^2} = 0,8 m/s$$

Para el resto de tuberías, donde el producto ya ha cogido cierta viscosidad, se necesitará que su velocidad por las tuberías sea menor (0,4-0,6 m/s). Se ha elegido el diámetro de DN 65 para estas tuberías.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{7,5 \frac{m^3}{h} / 3600}{\pi \cdot \frac{0,065^2}{4} m^2} = 0,6 m/s \qquad v = \frac{Q}{A} = \frac{5,5 \frac{m^3}{h} / 3600}{\pi \cdot \frac{0,065^2}{4} m^2} = 0,45 m/s$$

Cuando el producto se convierte en producto final, habrá que tratarlo con más cuidado y, por tanto, tendrá que ir a una velocidad menor.

Por último, todos los retornos de CIP se harán en DN 80, ya que solo se necesita llevar todo el caudal de CIP, que ha estado limpiando las líneas y los tanques, a una central de CIP, y no se necesita limpiar la línea de retorno de CIP. Se busca minimizar la pérdida de carga en la tubería para que la bomba que se instala antes de cada línea de retorno de CIP sea lo más económica posible.

3.4 CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE CIP

Antes de calcular las bombas es necesario conocer los caudales de CIP en todas las áreas. Los productos que se utilizan durante la CIP son agua con ácido, agua con sosa y únicamente agua, en cada etapa de limpieza. En función de la etapa de limpieza que se realice, el producto de limpieza estará a una temperatura determinada. En el caso de la limpieza con ácido, la temperatura será de 70°C, en el caso de la sosa, ésta será de 80°C y en caso de usar solamente agua, la temperatura alcanzará los 85°C.

Es importante que la CIP se realice con un régimen turbulento para poder asegurar una buena limpieza. Para los diferentes diámetros de tubería, se necesitan unas velocidades y números de Reynolds determinados. La siguiente tabla muestra los caudales de CIP necesarios para cada diámetro de tubería.

D (DIN)	V (m/s)	Re	Q (m ³ /h)
25	2,8	7,3 · 10 ⁴	5,4
40	2,0	8,0 · 10 ⁴	9,0
50	1,7	8,5 · 10 ⁴	12,0
65	1,48	9,8 · 10 ⁴	18,2
80	1,36	11,0 · 10 ⁴	25,2
100	1,34	13,4 · 10 ⁴	37,9

Tabla 1: Caudales de CIP requeridos en función del diámetro de tubería

3.4.1 En cada línea

En el caso de las líneas, que son de diámetro DN 65, se necesitará un caudal de aproximadamente 18 m³/h.

Es importante recordar que las bombas de las líneas tendrán que impulsar en un momento producto y en otro, CIP, por lo que habrá que comprobar con qué condiciones se obtiene un resultado más crítico, para poder calcular la bomba en las condiciones más desfavorables. A las bombas se les instalarán unos reguladores de frecuencia para poder adecuarse al caudal menos crítico también.

3.4.2 En los tanques

Para los tanques es necesario elegir las bolas spray-cleaning que se instalarán dentro de los tanques para poder limpiarlo bien.

En esta planta hay 2 tipos de tanques, unos de 30 m³ y otros de 60 m³. Los más pequeños tienen un diámetro interior de 3 metros y los más grandes, de 3,1 metros. Como los dos tipos de tanques tienen aproximadamente el mismo diámetro interior, se podrán instalar las mismas bolas en ambos tipos. Estas bolas deberán tener un diámetro de acción de 1,5 metros.

Mirando en el catálogo de bolas spray-cleaning de GEA, las bolas con modelo de rociado LA son las adecuadas para casos en los que se quiera limpiar un tanque vertical con agitador, tal y como se indica en la Ilustración 45.

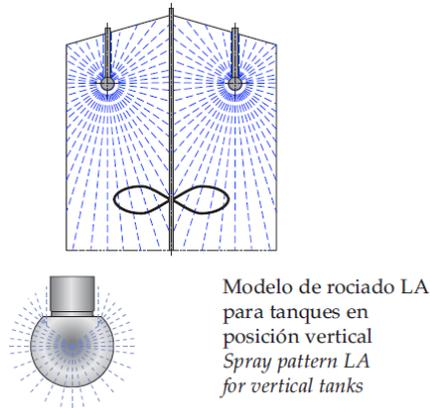


Ilustración 45: Modelo de rociado LA

Dentro de la tabla, para un diámetro de limpieza de 1,5 metros, se selecciona el modelo LA 1-1,0. Además, estas bolas necesitan una presión mínima de 1,5 bar a su entrada. Por lo tanto, eligiendo la opción de 1,8 bar bastaría para que se limpiase correctamente. Con este modelo y estas condiciones se tendría un caudal por cada bola de 7,4 m³/h.

Caudales: bolas rociadoras con fijación mediante abrazaderas
Flow rate – Sprayballs with pipe clip connection

Presión recomendada en la bola rociadora / Recommended pressure at sprayball

Modelo Type	Ángulo de rociado Spraying angle	Diámetro de limpieza Cleaning- diameter [m]	Presión recomendada / Recommended pressure					
			Tanques sin piezas montadas Tank without installations		Tanques con piezas montadas, p. ej., agitadores Tanks with installations such as agitators			
			1 barÜ/G [m ³ /h]	1,5 barÜ/G [m ³ /h]	1,8 barÜ/G [m ³ /h]	2,0 barÜ/G [m ³ /h]	2,2 barÜ/G [m ³ /h]	2,5 barÜ/G [m ³ /h]
A 05	360°	1,0-2,0	5,1	6,2	6,8	7,2	7,6	8,1
A 05-1,0	360°	0,8-1,5	2,8	3,4	3,8	4	4,2	4,4
A 1- 1,0	360°	1,5-2,5	3	3,7	4	4,2	4,4	4,7
A 1- 1,5	360°	1,8-3,0	7	8,6	9,4	9,9	10,4	11,1
A 1	360°	2,0-3,0	9,8	12	13,1	13,9	14,5	15,5
A 1-1	360°	2,5-3,5	12,8	15,7	17,2	18,1	19	20,2
A 1-2	360°	3,0-4,0	15,3	18,7	20,5	21,6	22,6	24,1
A 2	360°	3,5-5,0	21,9	26,8	29,4	31	32,5	34,6
A 2-1	360°	4,0-6,0	28,4	34,8	38,2	40,2	42,2	45
A 2-2	360°	5,0-7,0	35,6	43,6	47,8	50,3	52,8	56,3
A 2-3	360°	6,0-8,0	40,9	50,1	54,9	57,8	60,7	64,7
B 05	192°	1,0-2,0	3	3,7	4	4,2	4,4	4,7
B 1	192°	2,0- 3,0	9,5	11,6	12,7	13,4	14,1	15
B 2	194°	3,5-5,0	22,4	27,4	30,1	31,7	33,2	35,4
B 2-3	194°	6,0-8,0	42,2	51,7	56,6	59,7	62,6	66,7
G 05	232°	1,0-2,0	4,7	5,8	6,3	6,6	7	7,4
G 1	206°	2,0-3,0	9,2	11,3	12,3	13	13,6	14,5
G 1-1	206°	2,5-3,5	11,2	13,7	15	15,8	16,6	17,7
G 1-2	206°	3,0-4,0	14,5	17,8	19,5	20,5	21,5	22,9
G 2	246°	3,5-5,0	20,1	24,6	27	28,4	29,8	31,8
G 2-1	246°	4,0-6,0	26,8	32,8	36	37,9	39,8	42,4
G 2-2	246°	5,0-7,0	34,7	42,5	46,6	49,1	51,5	54,9
G 2-3	246°	6,0-8,0	41	50,2	55	58	60,8	64,8
L 1	188°	2,5-3,0	8,6	10,5	11,5	12,2	12,8	13,6
LA 1-1,0	360°	1,5-2,5	5,5	6,7	7,4	7,8	8,2	8,7
LA 1-1,5	360°	2,5-3,0	11	13,5	14,8	15,6	16,3	17,4

Tabla 2: Modelos y caudales de bolas spray-cleaning

3.5 CÁLCULO DE INTERCAMBIADORES DE PLACAS

Una parte muy importante en el diseño de una planta de procesado de lácteos son los intercambiadores de calor. Son necesarios en este tipo de plantas para aportar calor al producto o para quitárselo. Se necesita aportarle calor para poder realizar la pasteurización del mismo y eliminar las bacterias que puedan crearse en él. Es muy importante eliminarlas y conseguir que el producto aguante un tiempo mínimo para que el producto llegue en buenas condiciones al consumidor. Se deberá quitar calor al producto cuando éste se quiera almacenar en un tanque o enviar para que se envase, con el fin de evitar que se generen bacterias. Al tratarse de productos alimenticios es extremadamente importante que los intercambiadores de calor estén bien diseñados.

El tipo de intercambiadores que se usan en este proyecto son los intercambiadores de placas. Consiste en un conjunto de placas dispuestas sucesivamente, con unas aberturas que hacen de canales de flujo. A través de estas placas se transmite calor de un fluido a otro. Este calor es proporcional a la superficie donde se está produciendo el intercambio. Esta superficie está determinada por el tamaño y el número de placas.

Dentro del intercambiador se quiere tener un flujo en régimen turbulento para que el intercambio sea más eficiente y, además, asegurar una correcta limpieza de las placas durante el proceso de CIP. Sin embargo, cuanto mayor sea la velocidad a la que pasa por los canales de flujo, mayor pérdida de carga habrá, y ésta está limitada por el diseño del propio equipo o por las restricciones del propio proceso. Por tanto, existe un compromiso entre las variables de limpieza, las del proceso y las restricciones del equipo.

Normalmente, se establece que el placas funcione a contraflujo, es decir que la corriente de uno de los fluidos vaya en la dirección contraria a la del producto. De esta manera la transmisión de calor será mejor. En la Ilustración 46 se puede observar un ejemplo del funcionamiento de un intercambiador de este tipo.

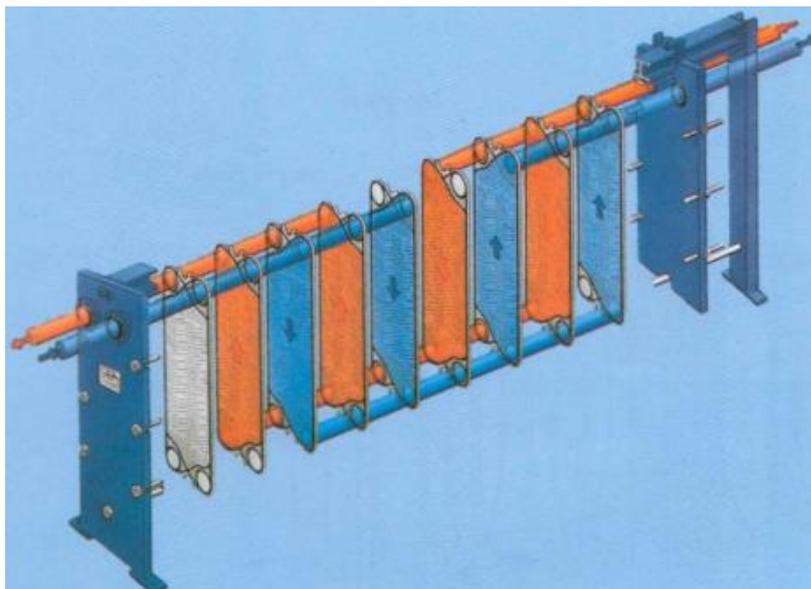


Ilustración 46: Ejemplo de funcionamiento de un intercambiador de placas

Con el fin de conseguir la disposición que se quiere para las placas del intercambiador, se juega con el tipo de placa y la disposición de sus juntas. Es importante no tener errores de montaje, ya que el producto podría mezclarse con el producto de servicio o podría quedarse producto almacenado en una vía muerta.

Según la disposición de las placas tendremos unos “pasos” y unas “vías”. Los “pasos” son la agrupación de placas, y las “vías” son los huecos que quedan entre placa y placa.

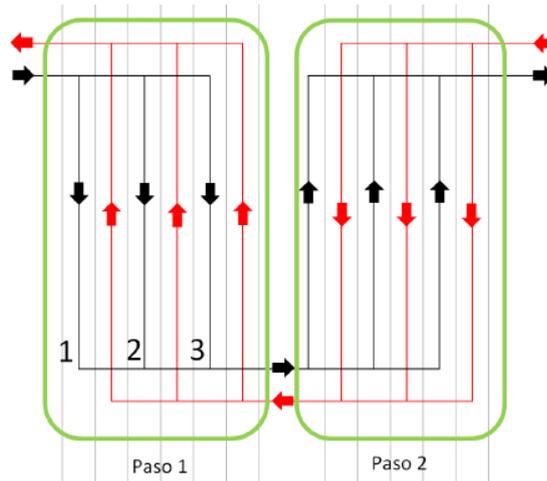


Ilustración 47: Ejemplo de intercambiador de placas con 2 pasos y 3 vías

Existen dos tipos de placas en función del tipo de corrugación:



Ilustración 48: Tipos de placas en función del tipo de corrugación

En el caso de fluidos viscosos, como es el de este proyecto, se utilizarán las placas tipo V.

Con esta información y conociendo las condiciones de entrada y salida del placas, se puede proceder a calcularlo.

3.5.1 Intercambiador de placas del área 1

Las condiciones de entrada y de salida del producto necesarias para enfriar las natillas con el intercambiador de placas están definidas en color naranja en la Ilustración 49. Además, se ha definido la temperatura de entrada del agua de servicio, ya que esta temperatura es la que se tienen en los tanques de agua de servicio de la parte de la planta ya existente.

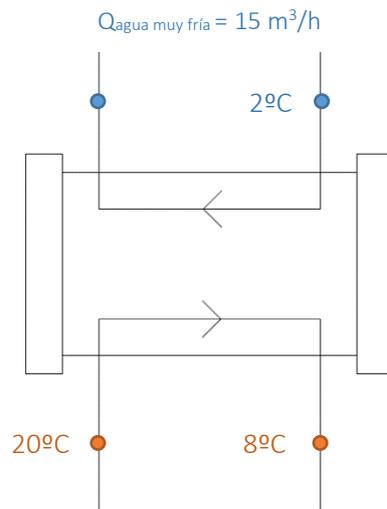


Ilustración 49: Condiciones de entrada y salida del intercambiador de placas del área 01

Estableciendo un caudal de agua de servicio y conociendo el caudal de producto que pasará por el intercambiador, se procede a calcular la temperatura de salida de esta agua de servicio mediante la ecuación de balance energético.

$$\dot{m}_{natillas} \cdot c_{p_{natillas}} \cdot (T_{natillas_{in}} - T_{natillas_{out}}) = \dot{m}_{agua} \cdot c_{p_{agua}} \cdot (T_{agua_{out}} - T_{agua_{in}})$$

Como en el proyecto se tienen los caudales en unidades de volumen/tiempo, la ecuación anterior queda como:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{natillas} \cdot d_{natillas} \cdot c_{p_{natillas}} \cdot (T_{natillas_{in}} - T_{natillas_{out}}) &= \dot{V}_{agua} \cdot d_{agua} \cdot c_{p_{agua}} \cdot (T_{agua_{out}} - T_{agua_{in}}) \\ 30 \frac{m^3}{h} \cdot 1050 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,93 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (20^\circ C - 8^\circ C) &= 15 \frac{m^3}{h} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (T_{agua_{out}} - 2^\circ C) \end{aligned}$$

Despejando la $T_{agua_{out}}$ de la fórmula anterior se obtiene un valor de 25,4°C.

Para definir el número de pasos y el número de vías por paso, se usará el software anteriormente mencionado: MyPwt. Hay: 1 paso y 20 vías por paso.

Además, este software permite conocer la pérdida de carga que hay en cada etapa, tanto en el lado de producto como en el de agua de servicio. Esta pérdida de carga dependerá del número de vías y del caudal que se tenga. En este caso, se obtienen unas pérdidas de carga de:

- Lado de producto: 3 bar
- Lado de agua de servicio: 1,1 bar

A su vez, se tiene que tener en cuenta la fase en que se realiza la CIP en el intercambiador de placas. El caudal de CIP que va por las líneas de DN 65 es de $18 \text{ m}^3/\text{h}$. El caudal mínimo necesario para limpiar cada vía de este intercambiador es de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Al tener 20 vías, se necesitará un caudal total de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Por lo tanto, el caudal de $18 \text{ m}^3/\text{h}$ no es suficiente para limpiar este intercambiador de placas. Será necesario instalar una bomba booster que recircule parte de la CIP, exactamente $12 \text{ m}^3/\text{h}$, para conseguir tener $30 \text{ m}^3/\text{h}$ en el intercambiador mientras éste se limpia.

La pérdida de carga que da el software para el caso de la CIP es: 3,6 bar

Como se puede observar, la pérdida de carga en el lado de producto es mayor cuando se hace CIP que cuando está en producción. Esto es debido a que en este momento el producto aún no es muy viscoso porque no está cocido y, al tener más caudal en CIP, se genera una mayor pérdida de carga en el intercambiador. Este detalle se deberá tener en cuenta en el cálculo de las bombas.

3.5.2 Intercambiador de placas del área 2

Las condiciones de entrada y de salida del producto (en este caso, las natillas) necesarias para conseguir los objetivos del intercambiador de placas están definidas en color naranja en la Ilustración 50. Además, se han definido las temperaturas de entrada del agua de servicio, ya que estas temperaturas son las que se tienen en los tanques de agua de servicio de la parte de la planta ya existente, tal y como se comentó en el apartado anterior.

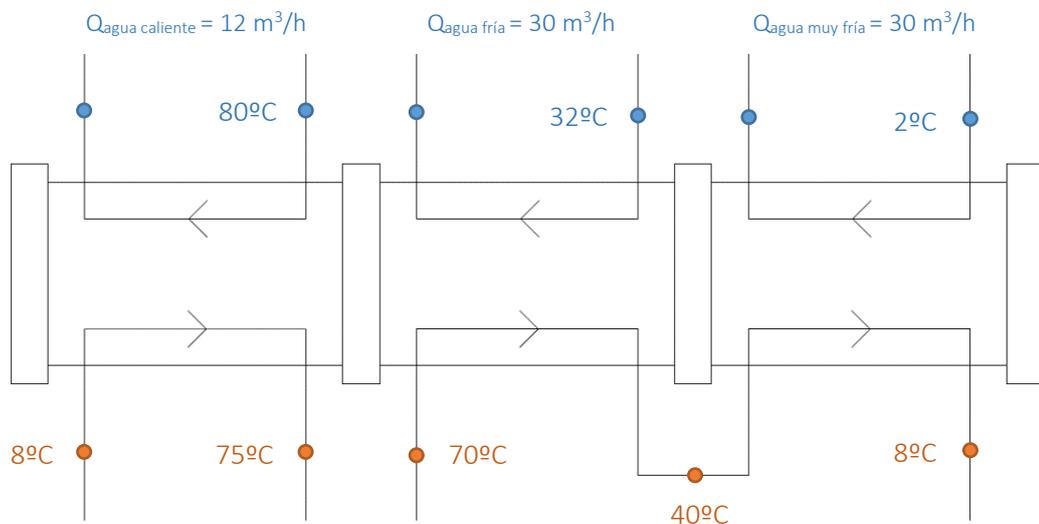


Ilustración 50: Condiciones de entrada y de salida del intercambiador de placas del área 02

Estableciendo unos caudales de agua de servicio en cada etapa del intercambiador y un caudal de producto, igual que se hizo con el intercambiador de área 01, se procede a calcular las temperaturas de salida de esta agua de servicio mediante la ecuación de balance energético.

En cada etapa de enfriamiento de las natillas, es decir, la segunda y la tercera, se busca:

$$\dot{m}_{natillas} \cdot c_{p_{natillas}} \cdot (T_{natillas_{in}} - T_{natillas_{out}}) = \dot{m}_{agua} \cdot c_{p_{agua}} \cdot (T_{agua_{out}} - T_{agua_{in}})$$

Como en el proyecto se tienen los caudales en unidades de volumen/tiempo, la ecuación anterior queda como:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{natillas} \cdot d_{natillas} \cdot c_{p_{natillas}} \cdot (T_{natillas_{in}} - T_{natillas_{out}}) \\ = \dot{V}_{agua} \cdot d_{agua} \cdot c_{p_{agua}} \cdot (T_{agua_{out}} - T_{agua_{in}}) \end{aligned}$$

En caso de la primera etapa, donde el agua es el producto caliente, las temperaturas "in" y "out" estarán invertidas.

Etapa 1:

$$\begin{aligned} 7,5 \frac{m^3}{h} \cdot 1130 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,93 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (75^\circ C - 8^\circ C) \\ = 12 \frac{m^3}{h} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (80^\circ C - T_{agua_{out}}) \end{aligned}$$

Despejando la $T_{agua_{out}}$ de la fórmula anterior se obtiene un valor de 35,9°C.

Etapa 2:

$$\begin{aligned} 7,5 \frac{m^3}{h} \cdot 1130 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,93 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (70^\circ C - 40^\circ C) \\ = 30 \frac{m^3}{h} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (T_{agua_{out}} - 32^\circ C) \end{aligned}$$

Despejando la $T_{agua_{out}}$ de la fórmula anterior se obtiene un valor de 39,8°C.

Etapa 3:

$$\begin{aligned} 7,5 \frac{m^3}{h} \cdot 1130 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,93 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (40^\circ C - 8^\circ C) \\ = 30 \frac{m^3}{h} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} \cdot (T_{agua_{out}} - 2^\circ C) \end{aligned}$$

Despejando la $T_{agua_{out}}$ de la fórmula anterior se obtiene un valor de 10,4°C.

Para definir el número de pasos y el número de vías por paso, se usará el software anteriormente mencionado: MyPwt. En la primera etapa hay: 3 pasos y 8 vías por paso; en la segunda: 4 pasos y 11 vías por paso; y en la tercera: 3 pasos y 11 vías por paso.

Como la pérdida de carga dependerá del número de vías que se tenga en cada etapa y del caudal que se tenga, el software da las siguientes pérdidas de carga:

- Lado de producto:
 - o 1ª etapa: 0,9 bar
 - o 2ª etapa: 1,7 bar
 - o 3ª etapa: 2,1 bar

- Lado de agua de servicio:
 - o 1ª etapa: 0,5 bar
 - o 2ª etapa: 0,5 bar
 - o 3ª etapa: 0,2 bar

A su vez, se tiene que tener en cuenta la fase en que se realiza la CIP en el intercambiador de placas. El caudal de CIP que va por las líneas de DN 65 es de 18 m³/h. Como la etapa 2 y 3 son las que tienen más vías, éstas serán las que determinen el caudal total de CIP que se necesita para poder limpiar bien todas las vías del placas. El caudal mínimo necesario para limpiar cada vía de este intercambiador en concreto es de 1,5 m³/h. Al tener un máximo de 11 vías, se necesitará un caudal total de 16,5 m³/h. Por lo tanto, el caudal de 18 m³/h ya definido es correcto y suficiente para limpiar este intercambiador de placas.

Este caudal es mayor que el de las natillas, y además habrá una diferencia entre la viscosidad del producto de limpieza y la de las natillas. Es por ello que, para el posterior cálculo de las bombas, se tendrán que tener en cuenta las pérdidas de carga en el intercambiador cuando circula la CIP.

Los resultados que da el software indicado para el caso del paso de CIP son:

- o 1ª etapa: 2,1 bar
- o 2ª etapa: 2 bar
- o 3ª etapa: 1,9 bar

Como se puede observar, en la primera etapa hay mucha diferencia de pérdida de carga entre el caso de producto y el caso de CIP. La razón de este hecho es que, en esta primera etapa, la viscosidad del producto es más elevada que la de CIP, pero no tanto ya que aún no está cocido el producto, y, sin embargo, el caudal de CIP es mucho mayor. Por lo tanto, como la CIP tiene que pasar por las mismas vías dentro del placas que por las que pasa el producto, pero con un caudal mayor que el doble, la pérdida de carga será mayor.

En la segunda y tercera etapa las pérdidas de cargas son parecidas. En estas etapas el producto es ya muy viscoso, pues ha sido cocido y pasteurizado. Como el producto es viscoso, lo cual implica una gran pérdida de carga, pero el caudal es pequeño, y en caso de la CIP es al revés (baja viscosidad y alto caudal), las pérdidas de carga quedan más o menos equilibradas.

3.5.3 Cálculo del retenedor

Se ha estimado que el tiempo que el producto debe estar pasteurizándose y cociendo es de 5 minutos a 70°C, con el fin de que se eliminen los microorganismos necesarios y el producto aguante un tiempo mínimo especificado por el cliente, hasta llegar a manos del consumidor.

Esto se puede conseguir de dos maneras:

- Introduciendo el producto en un tanque durante 5 minutos a 70°C.
- En línea, haciendo pasar el producto por un tubo de una longitud a estimar, durante 5 minutos. Para optimizar el espacio, en lugar de utilizar una tubería recta, se utilizará un retenedor. El retenedor consiste en varios tramos rectos de tubería y codos, dispuestos en serie.

Por temas económicos, se utilizará el método del retenedor. Por tanto, habrá que calcular el número de tramos rectos y codos que habrá y la longitud de cada tramo.

Para un caudal de 7,5 m³/h, con un diámetro DN 65, una viscosidad dinámica en este momento de 130 cPs y una densidad de 1130 kg/m³, se tiene una velocidad media de 0,63 m/s, y un flujo laminar. El tiempo que se quiere estar cociendo y pasteurizando es de 5 minutos, es decir, 300 segundos. Por tanto, la longitud total de la tubería será de 180 metros. Sin embargo, al tratarse de flujo laminar, las primeras partículas estarán un poco menos de 300 segundos, y las últimas, un poco más de ese tiempo. Para asegurar que todas las partículas están al menos los 300 segundos requeridos para una correcta cocción y pasteurización, en flujo laminar se tiene que dividir por un coeficiente de corrección del 50% sobre la longitud total del tubo, es decir que la longitud final de la tubería será de 360 metros.

Debido al espacio disponible en la planta, los tubos tendrán una longitud de 6 metros, y por consiguiente, habrá que instalar 60 tubos de diámetro DN 65 y 120 codos.

3.6 CÁLCULO DE BOMBAS

Una vez que se tienen los caudales, tanto de producto como de CIP, en cada parte de cada área, los diámetros de todas las tuberías y todos los elementos por los que pasará el fluido, se puede proceder a calcular las bombas que se tendrán que instalar para poder impulsar el fluido a lo largo de toda la planta.

3.6.1 Bombas en el área 01

- **Bomba 1:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	30000,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	30 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	40,1 cPs	Viscosidad cinemática	35,487 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1130 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	2,436 m/s	Velocidad máxima	2,436 m/s
Número de Reynolds	4530,217	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 40 metros de tubería que conectan esta bomba con la bomba de polvos, situada en una sala aparte ya que al introducirse polvos, existe la posibilidad de que se produzcan explosiones. Además se tienen 8 codos y una válvula modulante que genera una pérdida de carga de 1,5 bar. Esta válvula modulante se debe colocar debido a que la pérdida de carga existente sin la misma, para un caudal de 30 m³/h, es demasiado pequeña y no existen bombas que funcionen en ese punto de trabajo. Esta es una solución válida para esta situación ya que las válvulas modulantes son válvulas higiénicas, y como está colocada en la línea de producto, ese es un requisito imprescindible.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 2,57 bar, o 25,7 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 30 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 51 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

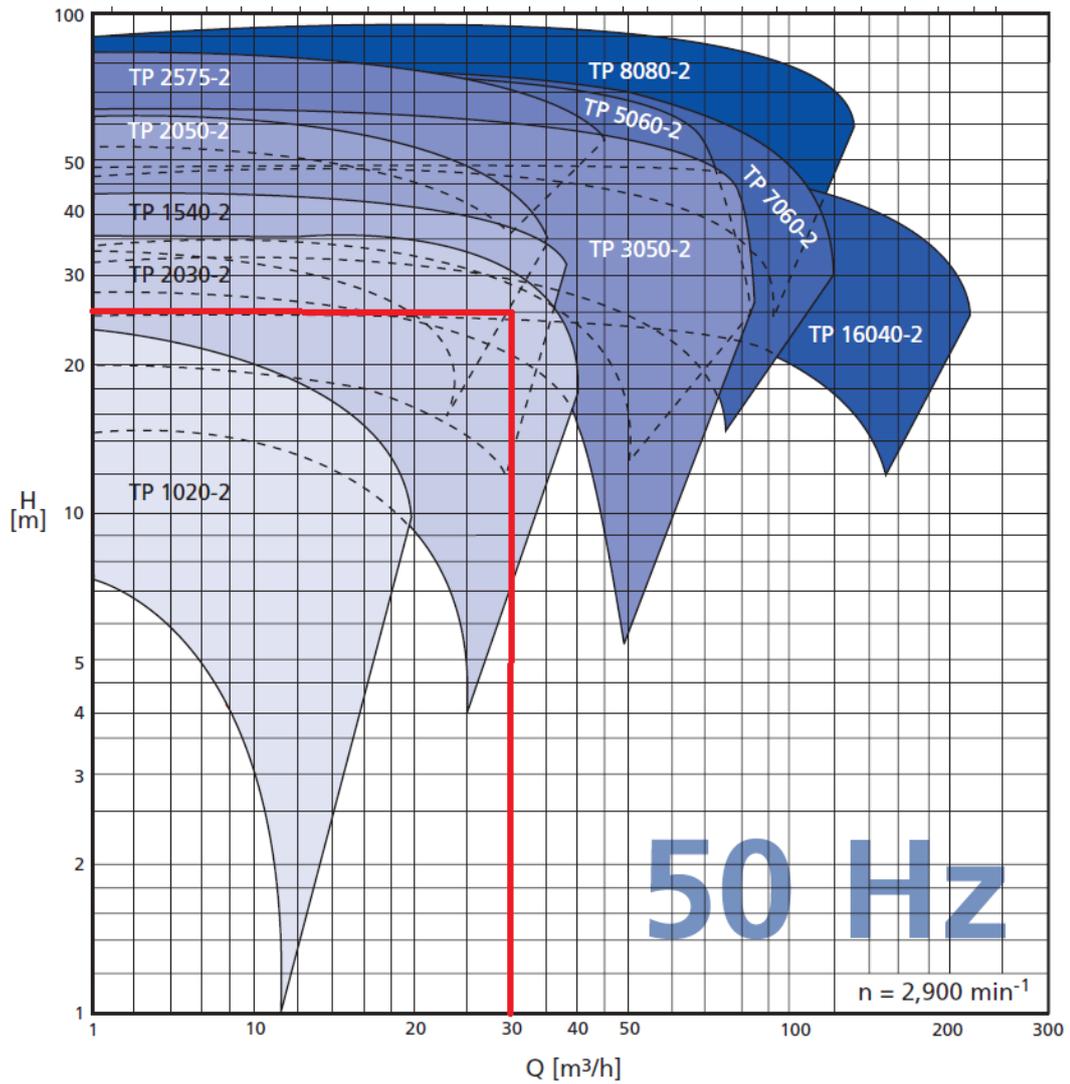


Ilustración 51: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP2030, TP1540 y TP3050. Todas de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

En la Ilustración 52 se muestra la bomba elegida.

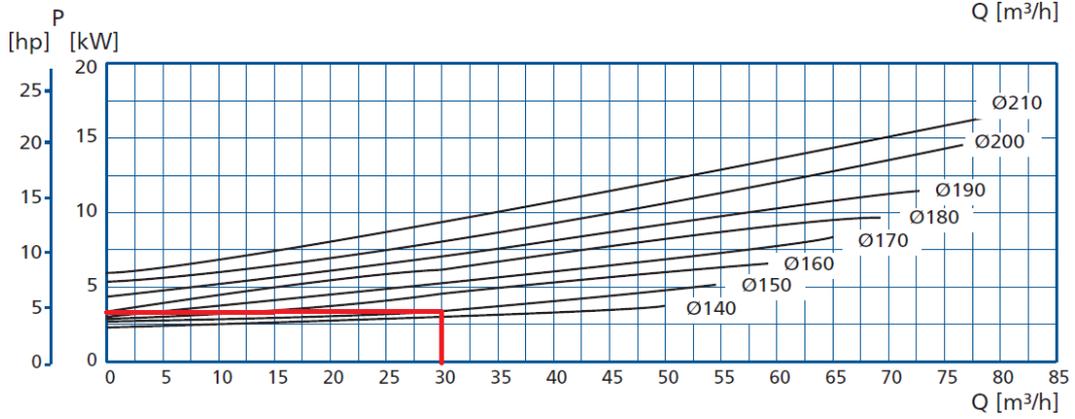
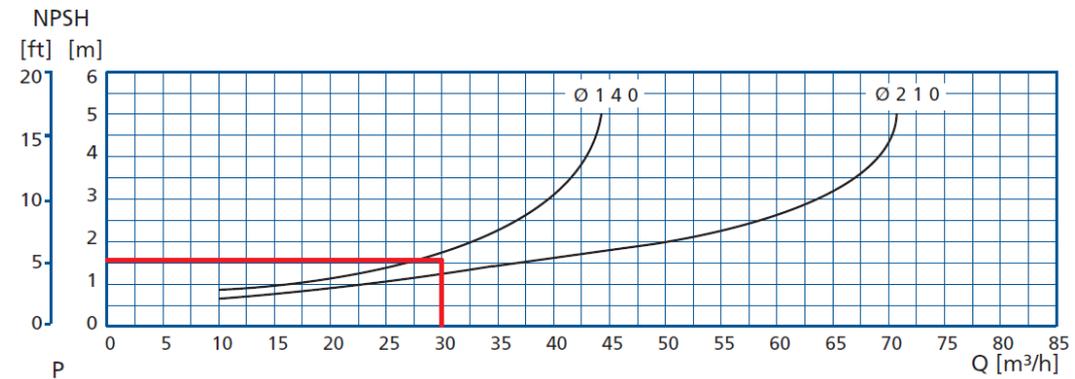
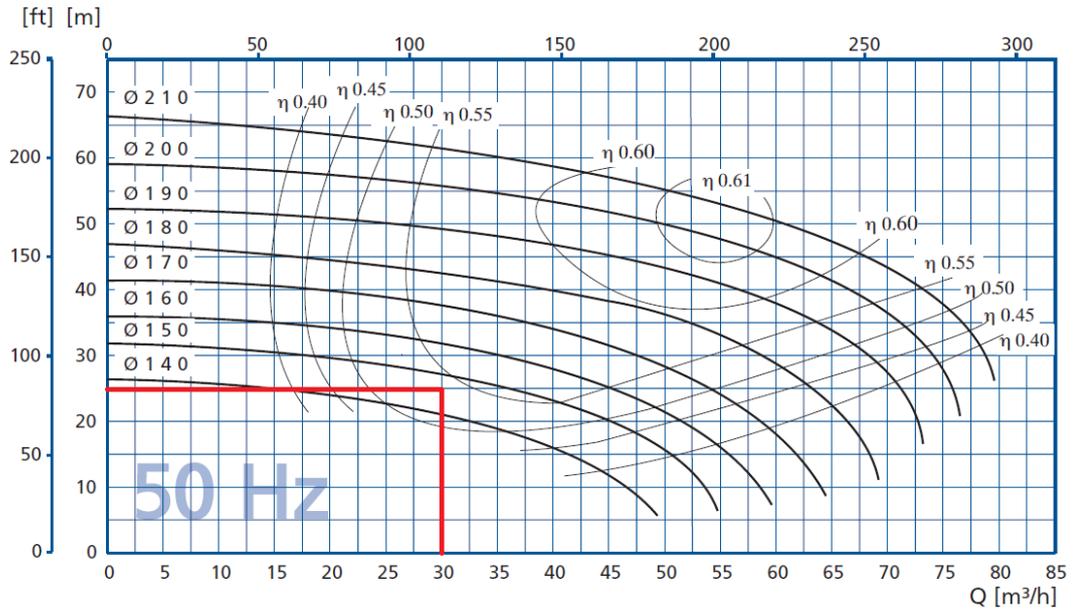


Ilustración 52: Curvas de la bomba TP3050, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,5 m y el NPSH disponible, suponiendo que el tanque está vacío, es de 8,5 m. Este cálculo se obtiene de la siguiente manera:

En caso de tener el tanque vacío y a presión atmosférica, se tendría en el tanque 1 atm, es decir, aproximadamente 10 mca. Las pérdidas de carga existentes entre el tanque y la bomba son de 1,5 mca, producidas por la propia tubería, una válvula tipo U y tres tipo D.

Por tanto, no habrá problemas de cebado de la bomba ya que el NPSH disponible es mayor que el requerido.

En resumen, la bomba 1 del área 01 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP3050 con un rodete de diámetro 150 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 3 kW.

- **Bomba 2:**

Esta bomba se utilizará para introducir y dispersar polvos en la mezcla de leche, crema y azúcar líquida para la producción de natillas. Se necesita que estos polvos se introduzcan en un caudal de 30 m³/h de forma homogénea, intentando que no se formen grumos.

Al tratarse de una bomba especial, se requiere contactar con un proveedor de este tipo de bombas, ya que el cálculo de la misma no es sencillo. En este caso, el proveedor es Ystral, y el modelo de la bomba seleccionado es: Conti-TDS-3. Por seguridad, esta bomba irá con certificación ATEX, ya que los polvos son propensos a producir explosiones cuando se alcanzan ciertas condiciones de presión y temperatura.

El motor de esta bomba será de 22 kW, funcionará a 3000 rpm y a 50 Hz. Además tendrá una protección IP65.

A la entrada de la bomba, y en conexión con la tolva, se tiene una válvula modulante de tipo mariposa, que se abrirá en función de las necesidades en cada momento.

- **Bomba 3:**

Se quiere crear vacío en la tubería que conecta la bomba de polvos con esta bomba para que el producto no se salga por la entrada de polvos y asegurar que los polvos entran en la tubería. Esto se consigue haciendo que esta bomba tenga un caudal un poco mayor a la anterior. Esta es la razón por la que el caudal en la bomba 3 es de 35 m³/h y en la bomba 2 es de 30 m³/h. Se puede encontrar una explicación más extensa en el apartado 3.1.1.

Datos generales del producto en fase de producción:

Caudal (l/h)	35000,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	35 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	40,1 cPs	Viscosidad cinemática	35,487 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1130 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	2,842 m/s	Velocidad máxima	2,842 m/s
Número de Reynolds	5285,253	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 30 metros de tubería que conectan esta bomba con el intercambiador y el intercambiador con el tanque. Además se tienen 14 codos, una trampa magnética y un filtro, 5 válvulas tipo N, 1 tipo D y 1 tipo W. El intercambiador de placas tiene una pérdida de 30 mca y la entrada al tanque supondrá una pérdida de 5 mca si ya está bastante lleno. Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 7,85 bar, o 78,5 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 35 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 53 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

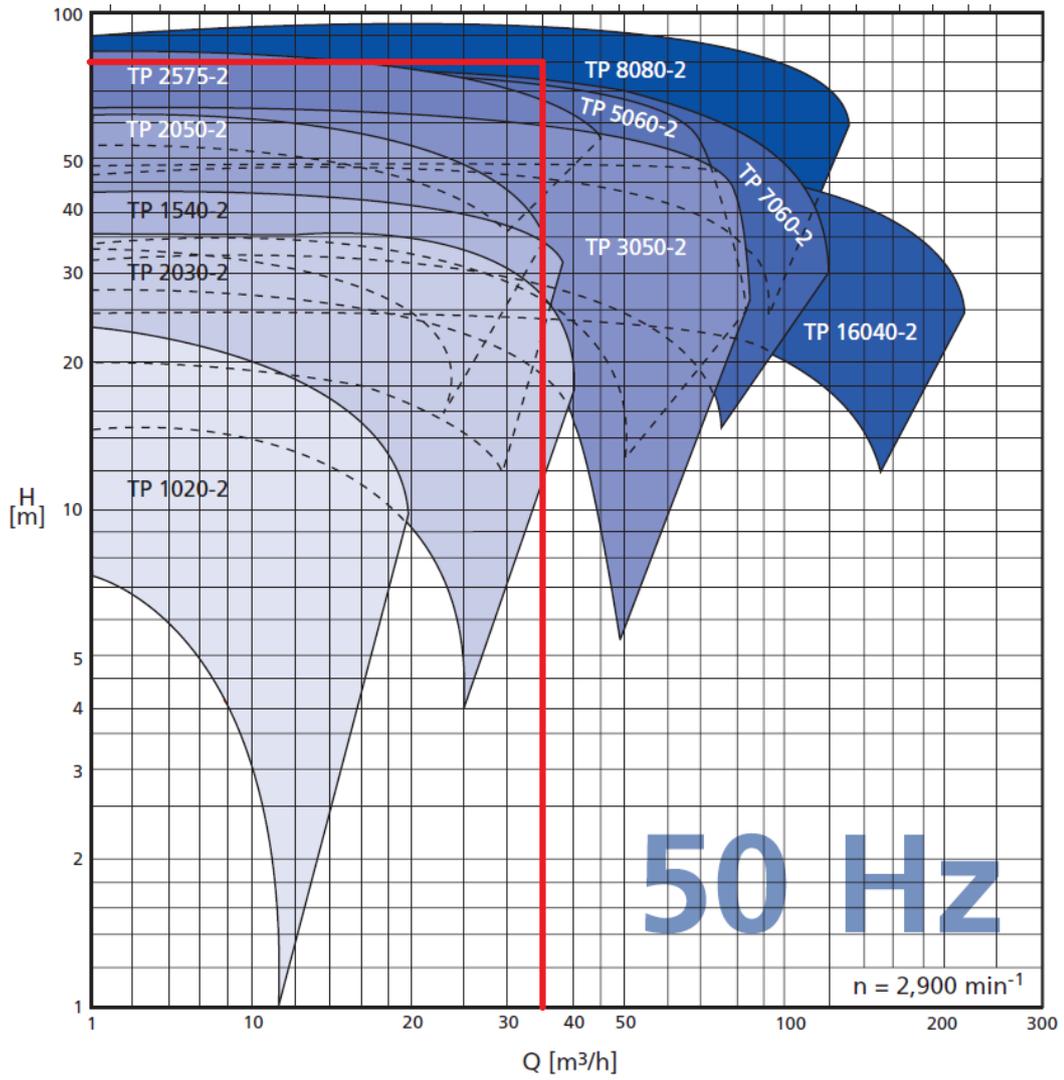


Ilustración 53: Selección de bombas

La única bomba que sirve para este punto de trabajo es la TP8080, y sus curvas se muestran en la Ilustración 54.

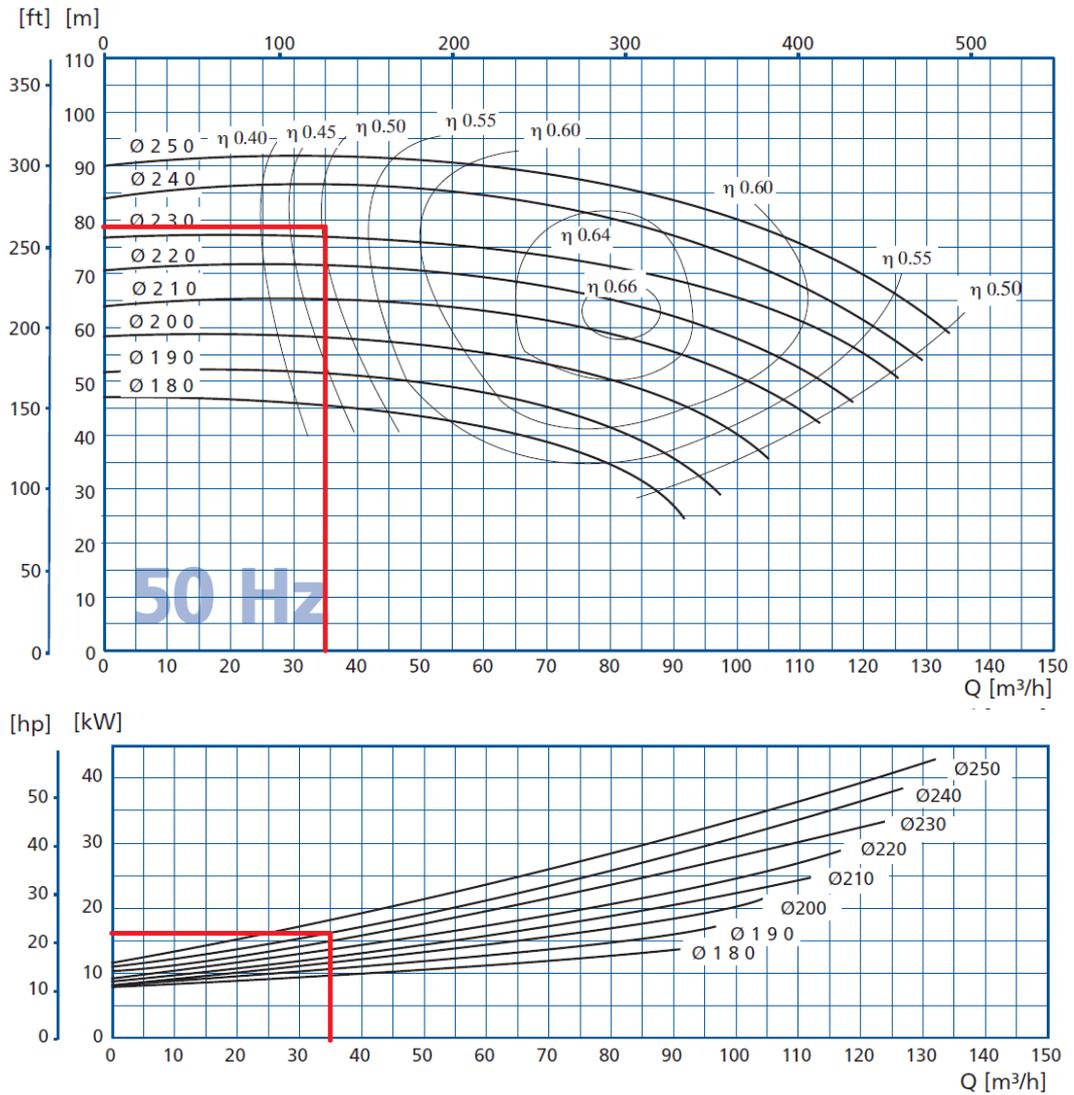


Ilustración 54: Curvas de la bomba TP8080, 2 polos, 50 Hz

En resumen, la bomba 3 del área 01 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP8080 con un rodete de diámetro 240 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 18,5 kW.

- **Bomba 4:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	12000,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	12 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	35,487 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	0,974 m/s	Velocidad máxima	0,974 m/s
Número de Reynolds	64305,028	Régimen	TURBULENTO

Se tienen tan solo 6 metros de tubería que conectan esta bomba con el intercambiador y el intercambiador con esta misma bomba, ya que es una bomba booster y se coloca cerca del intercambiador y únicamente funciona cuando éste se debe limpiar. Además se tienen 4 codos, 3 válvulas tipo N y 1 tipo W. El intercambiador de placas genera una pérdida de carga de 36 mca cuando se está limpiando con CIP.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 4,32 bar, o 43,2 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 12 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 55 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

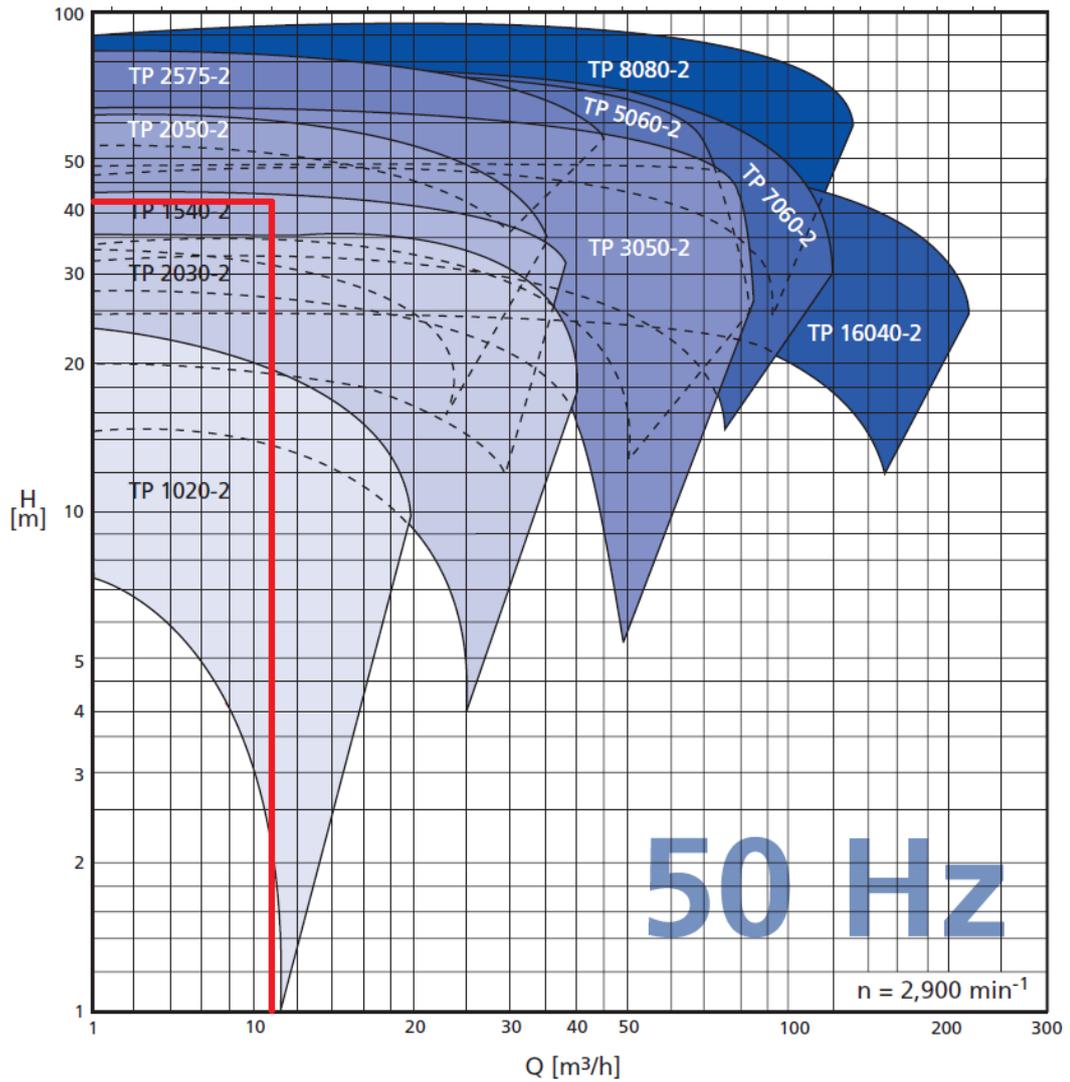


Ilustración 55: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP2050, TP1540, TP3050, TP5060 y TP 7060. Todas de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

En la Ilustración 52 se muestra la bomba elegida.

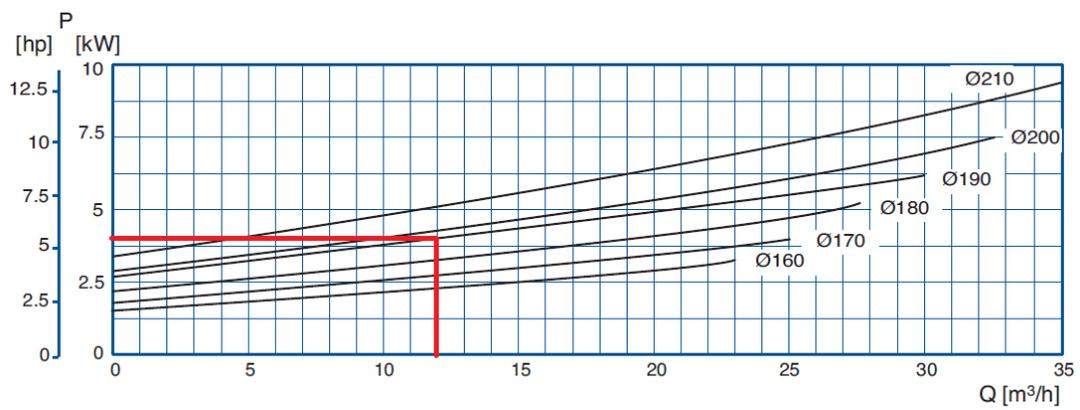
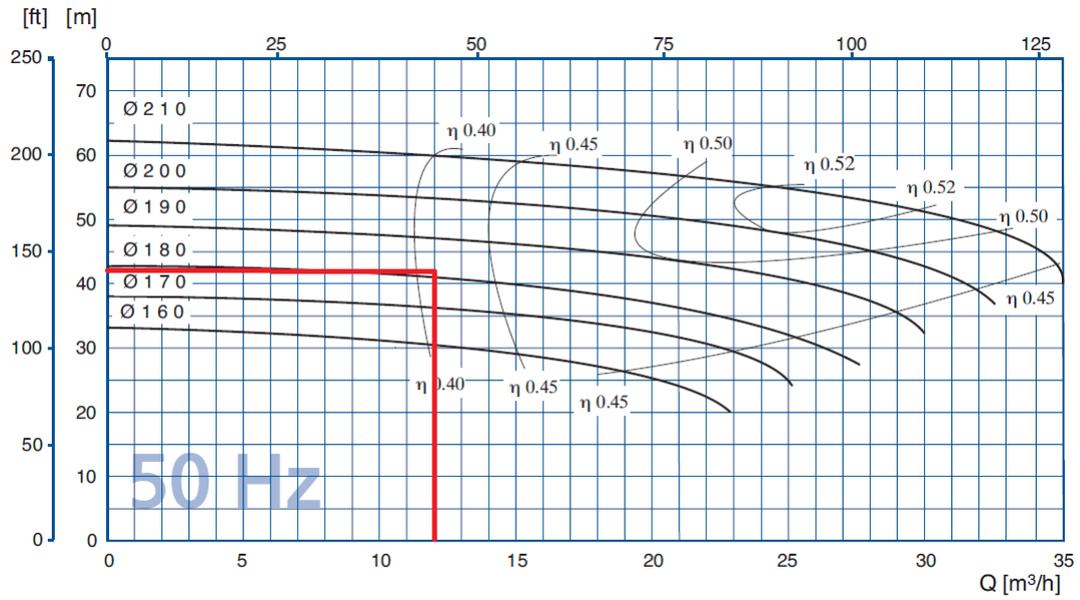


Ilustración 56: Curvas de la bomba TP2050, 2 polos, 50 Hz

En resumen, la bomba 4 del área 01 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP2050 con un rodete de diámetro 190 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 4 kW.

- **Bomba 5:**

Se tiene que evaluar cuál es el caso más crítico: producto o CIP. En este caso se concluye que es más crítico cuando la bomba está impulsando CIP, ya que el caudal es mayor y las válvulas por los que pasa son prácticamente las mismas.

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	7500,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	7,5 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	47,8 cPs	Viscosidad cinemática	35,487 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1130 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	2,436 m/s	Velocidad máxima	2,436 m/s
Número de Reynolds	4530,217	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 50 metros de tubería que conectan esta bomba con la siguiente área, la de pasteurización. Además se tienen 16 codos, 1 válvula tipo N, 1 tipo X y 1 tipo D, y tiene que superar una altura de 8 metros para transportar el producto al área 02.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 1,44 bar, o 14,4 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 7,5 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 57 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

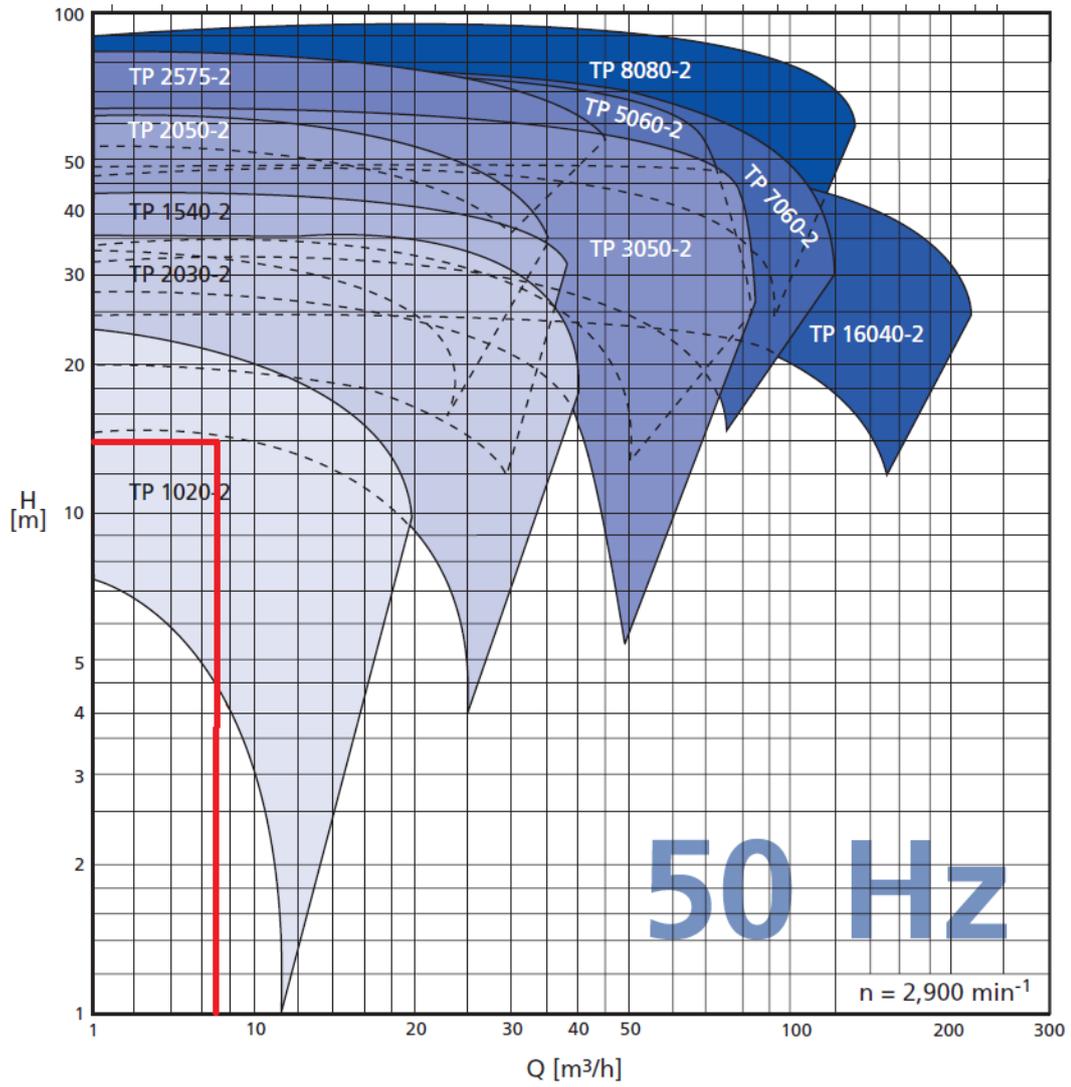


Ilustración 57: Selección de bombas

Únicamente la bomba TP1020 funcionará en el punto de trabajo requerido.

En la Ilustración 58 se muestran las curvas de esta la bomba.

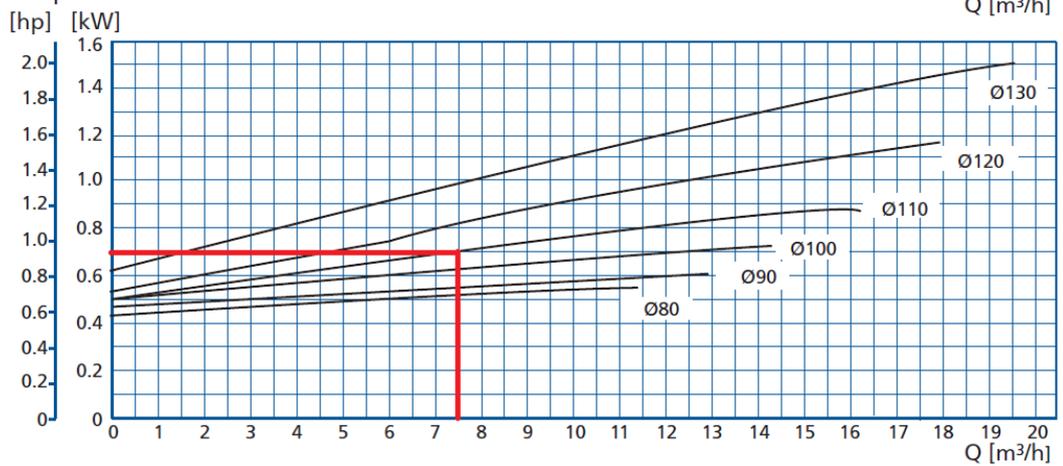
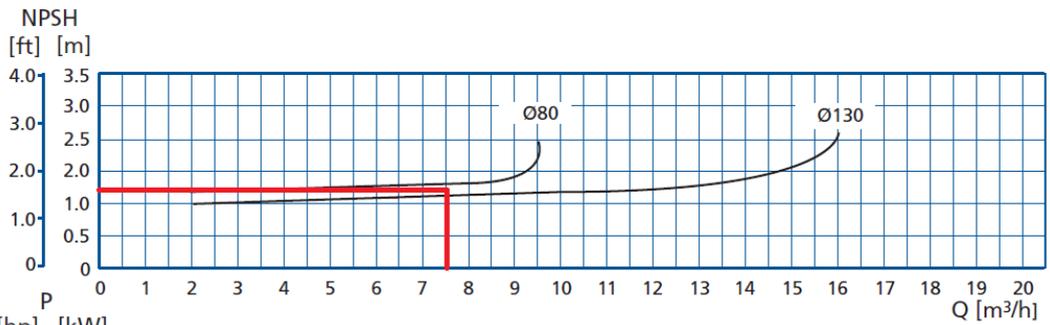
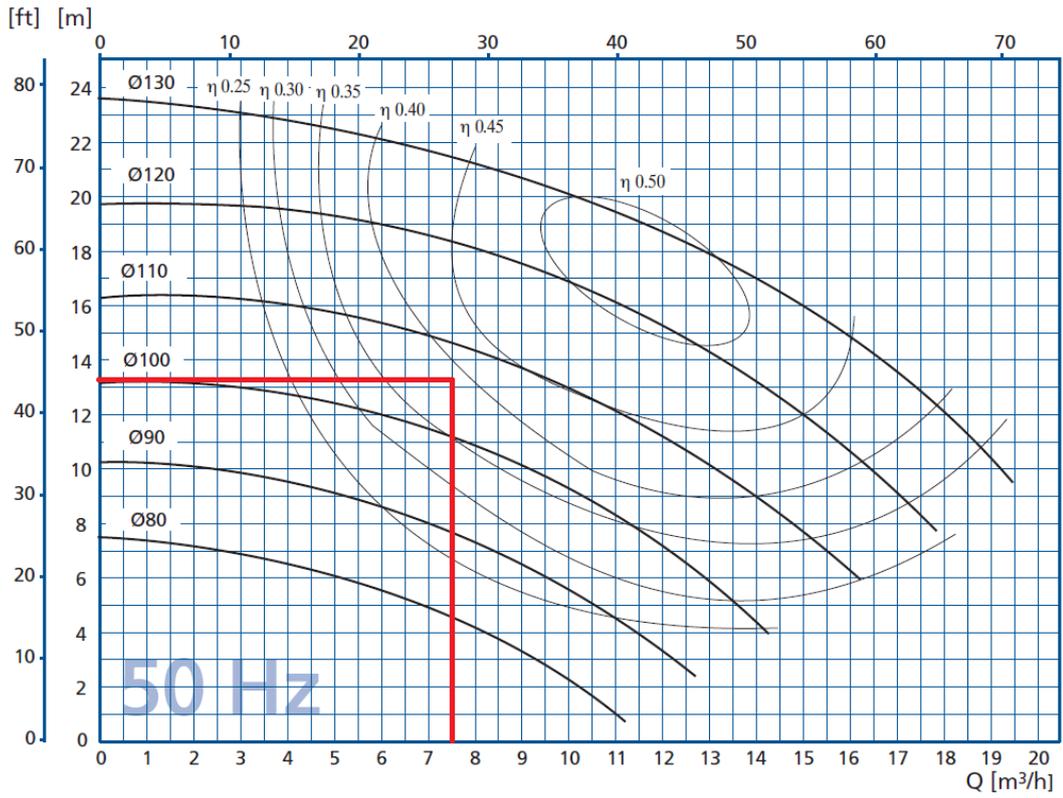


Ilustración 58: Curvas de la bomba TP1020, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,3 m y el NPSH disponible, suponiendo que el tanque está vacío, es de 8,5 m. Este cálculo se obtiene de la siguiente manera:

En caso de tener el tanque vacío y a presión atmosférica, se tendría en el tanque 1 atm, es decir, aproximadamente 10 mca. Las pérdidas de carga existentes entre el tanque y la bomba son de 1,5 mca, producidas por la propia tubería, una válvula tipo U y tres tipo D.

Por tanto, no habrá problemas de cebado de la bomba ya que el NPSH disponible es mayor que el requerido.

En resumen, la bomba 5 del área 01 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP1020 con un rodete de diámetro 110 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 1,1 kW.

- **Bomba 6:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	15000,0 l/h	Diámetro tubería	DN80
	15 m ³ /h	Diámetro interior	81 mm
			0,081 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	1,000 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	0,809 m/s	Velocidad máxima	0,809 m/s
Número de Reynolds	65495,861	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 150 metros de tubería que conectan esta bomba con la central de CIP. Además, se tienen 20 codos, 4 válvulas tipo W y 4 tipo D (situadas en el área de la central de CIP, antes de que el producto se introduzca en los tanques), y tiene que superar una altura de 8 metros para transportar el producto hasta allí.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 1,41 bar, o 14,1 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 59 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

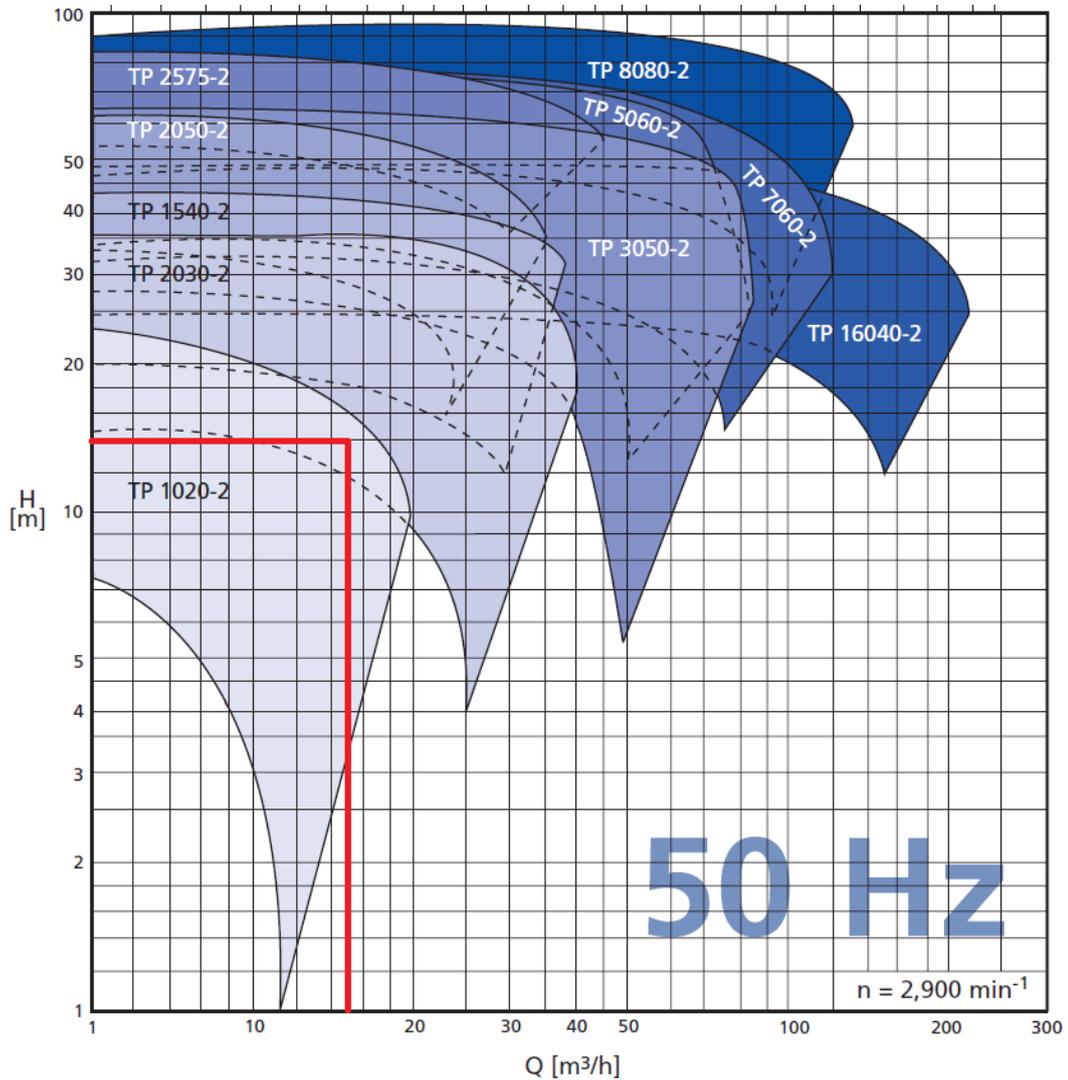


Ilustración 59: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP1020 y TP2030. Las dos de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

En la Ilustración 60 se muestra la bomba elegida.

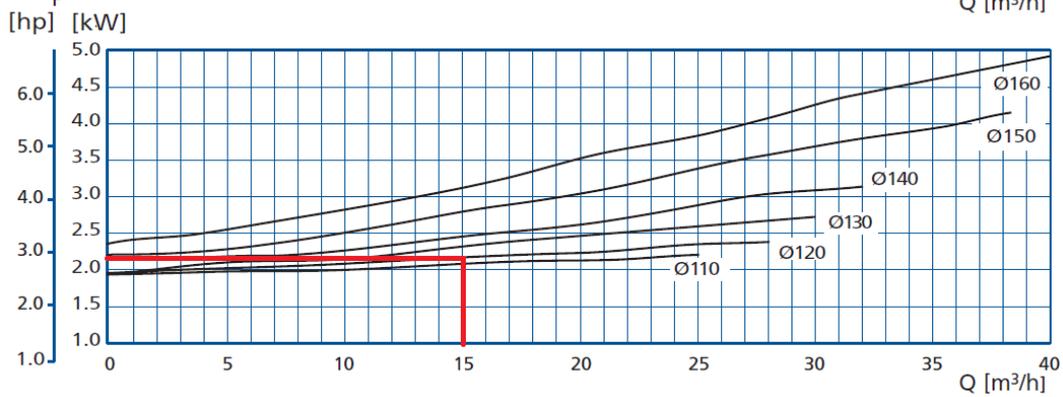
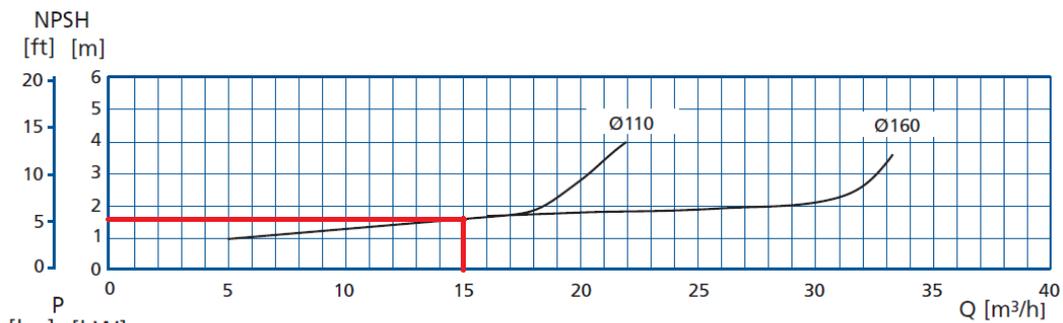
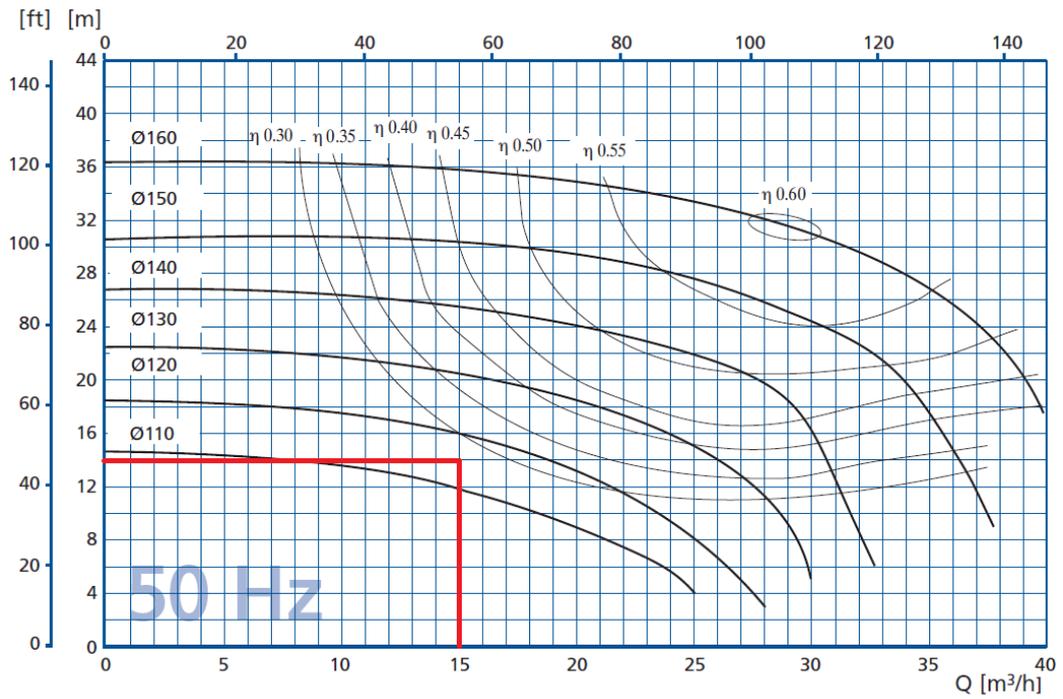


Ilustración 60: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,6 m y el NPSH disponible, suponiendo que el tanque está vacío, es de 7,5 m. Este cálculo se obtiene de la siguiente manera:

En caso de tener el tanque vacío y a presión atmosférica, se tendría en el tanque 1 atm, es decir, aproximadamente 10 mca. Las pérdidas de carga existentes entre el tanque y la bomba de CIP son de 2,5 mca, producidas por la propia tubería, una válvula tipo U, dos tipo D, una tipo N y una tipo W.

Por tanto, no habrá problemas de cebado de la bomba ya que el NPSH disponible es mayor que el requerido.

En resumen, la bomba 6 del área 01 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP2030 con un rodete de diámetro 120 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 2,2 kW.

La siguiente bomba no necesita ser higiénica ya que únicamente estará en contacto con agua de servicio, y nunca con producto. Por lo tanto, no hay riesgo de contaminación.

El agua que se necesita viene de una central de agua de servicio desde donde es impulsada a 2 bar. A través de la línea principal, se lleva agua a los distintos lugares de la planta donde ésta se necesita. Esta línea principal vuelve a la central de agua de servicio, cerrando el circuito. El esquema de la línea principal y las diferentes ramificaciones que hay en la planta se muestra en la Ilustración 61. Los puntos representan cualquier conjunto de tuberías y equipos que deba atravesar el agua. Para lograr que vuelva a 2 bar a la central de agua de servicio se necesita que los retornos de las ramificaciones impulsen de nuevo el agua a 2 bar. De esta manera, la pérdida de carga que se produce en cada ramificación, es recuperada en ella misma, y la línea principal no se ve afectada por ella.

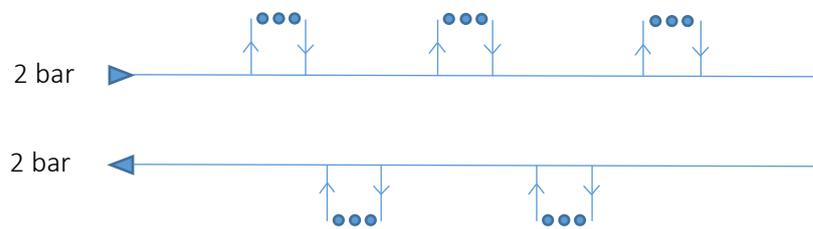


Ilustración 61: Esquema línea de agua de servicios

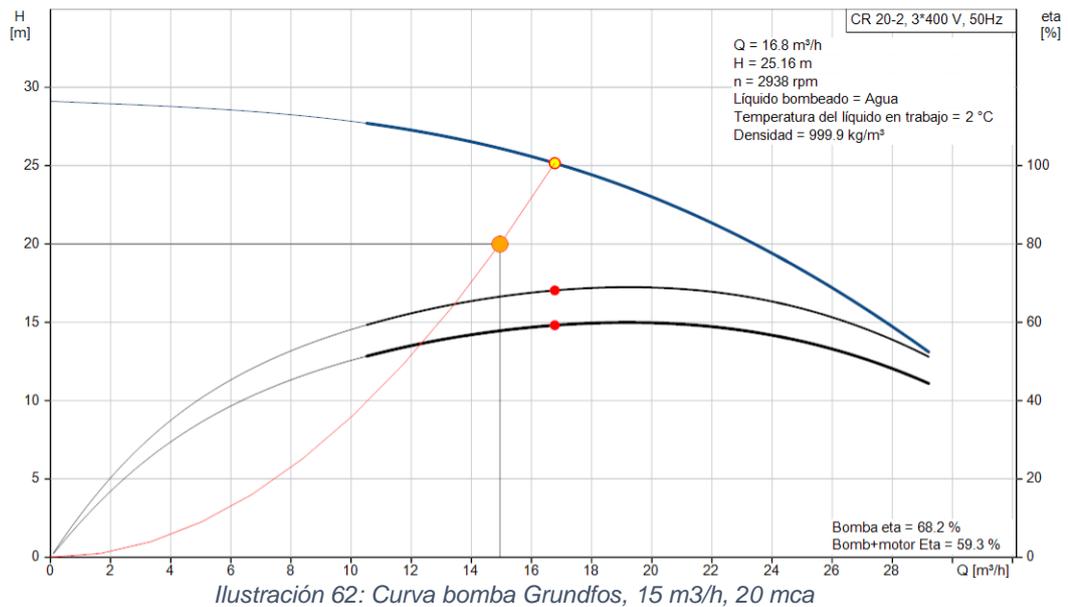
- **Bomba 7:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	15000,0 l/h
	15 m ³ /h
Viscosidad (cPs)	1 cPs
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³

La pérdida de carga que existe en la ramificación, es de 1,4 bar. Para asegurar que a la línea principal el agua sale con una presión de 2 bar, la bomba se dimensionará para una pérdida de carga de 2 bar, o 20 mca.

El caudal de agua calculado requerido para la primera etapa del intercambiador es de 15 m³/h. Por tanto, la bomba elegida con estas características es la CR 20-2, a 50 Hz, de la marca Grundfos. El motor utilizado será de 2,2 kW.



Para lograr que la bomba funcione en el punto de trabajo correspondiente, indicado en naranja en la Ilustración 62, se utilizará un variador de frecuencia, de manera que la frecuencia disminuya para que la curva se desplace hacia abajo y lograr que la bomba trabaje en dicho punto. En este caso la bomba estará trabajando al 90%.

3.6.2 Bombas en el área 02

- **Bomba 1:**

Se necesitan estudiar dos escenarios para elegir esta bomba: bomba impulsando natillas y bomba impulsando CIP.

En el caso en el que la bomba está impulsando natillas, sólo se debe tener en cuenta la pérdida de carga generada en la tubería entre la bomba y el intercambiador, y entre el intercambiador y el homogeneizador, además de la pérdida de carga generada por el paso de este producto por el intercambiador de placas. Las natillas deben llegar con una presión de 4 bar a la entrada del homogeneizador, ya que éste tiene el efecto de una bomba positiva. Dentro del homogeneizador hay una presión de unos 200 bar para que se puedan aplastar bien todas las glándulas de grasa y quede el producto homogeneizado. Esta presión se consigue a través de unos pistones. Después de los pistones se encuentra una válvula reguladora de presión en la que se genera la pérdida de carga necesaria para que el producto salga del homogeneizador con una presión suficiente para vencer todas las pérdidas de carga que se encuentre hasta el tanque. Es decir, si entre el homogeneizador y el tanque hay 10 bar de pérdida de carga, esta válvula reguladora de presión se cerrará lo suficiente como para generar una pérdida de carga de 190 bar. Esta es la razón por la que es suficiente con asegurar que la bomba, en la fase de producción, consiga hacer llegar el producto con una presión de 4 bar al homogeneizador, sin tener en cuenta lo que ocurre después del mismo.

En el caso de que la bomba esté impulsando CIP, se debe tener en cuenta la pérdida de carga generada por el paso de CIP en las diferentes etapas del intercambiador de placas, además del retenedor y todas las tuberías, de esta área y la siguiente, ya que la CIP pasa por el área 03 y vuelve al área 02 para hacer el retorno a la central CIP.

Se ha calculado que la pérdida de carga total en el caso de CIP es de unos 100 mca, por lo tanto, es interesante utilizar dos bombas para el momento en que se esté haciendo la limpieza de CIP. De esta forma se evitará tener muy altas presiones en el circuito, que podrían llegar a dañar los equipos, y, a su vez, se reduciría el coste de las bombas, al ser bombas más pequeñas.

Los resultados obtenidos para estos casos son:

- En fase de producción: 7,5 m³/h y 54,8 mca
- En fase de limpieza: primera bomba 18 m³/h y 65,8 mca
segunda bomba 18 m³/h y 28,8 mca

Por tanto, como la bomba en fase de limpieza pierde mayor pérdida de carga que en fase de producción, la primera bomba se dimensionará para un caudal de 18 m³/h y 65,8 mca, y la segunda bomba, para 18 m³/h y 28,8 mca.

Datos generales del producto para la bomba 1:

Caudal (l/h)	18000,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	18 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	1,000 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	1,461 m/s	Velocidad máxima	1,461 m/s
Número de Reynolds	96457,541	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 360 metros de tubería en el retenedor, 15 metros de tubería que conectan la bomba con la primera etapa del intercambiador, el intercambiador con el retenedor y el retenedor con la segunda etapa del intercambiador. Además se tienen 130 codos, 3 válvulas tipo N y otra tipo W, todos ellos en DN 65. A esto se tiene que añadir la pérdida de carga generada en la primera y segunda etapa del intercambiador de placas, de 41 mca en total, junto con la instrumentación existente. Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 6,58 bar, o 65,8 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 18 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 63 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

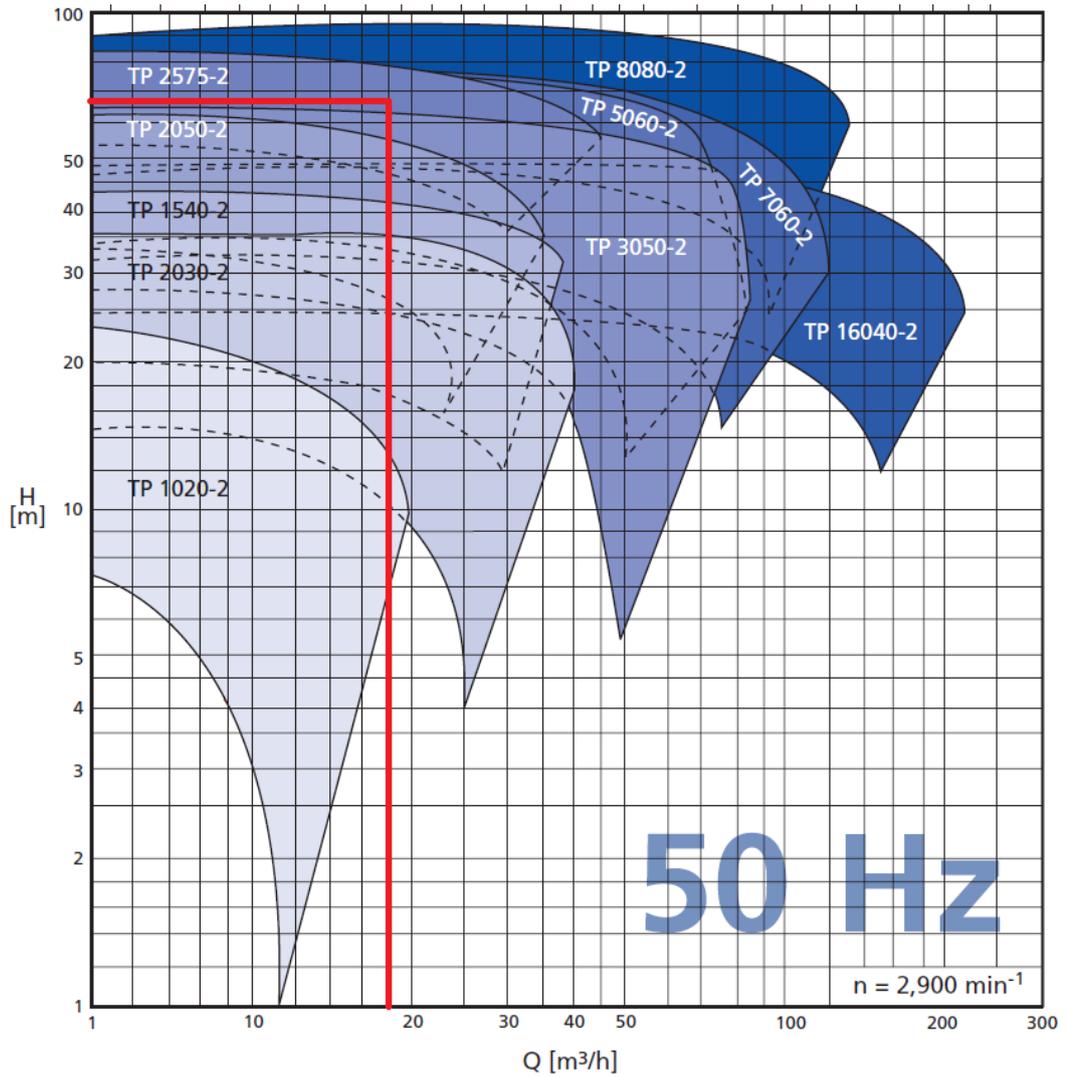


Ilustración 63: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP2575, TP5060, TP7060 y TP8080. Todas de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

En la Ilustración 64 se muestra la bomba elegida.

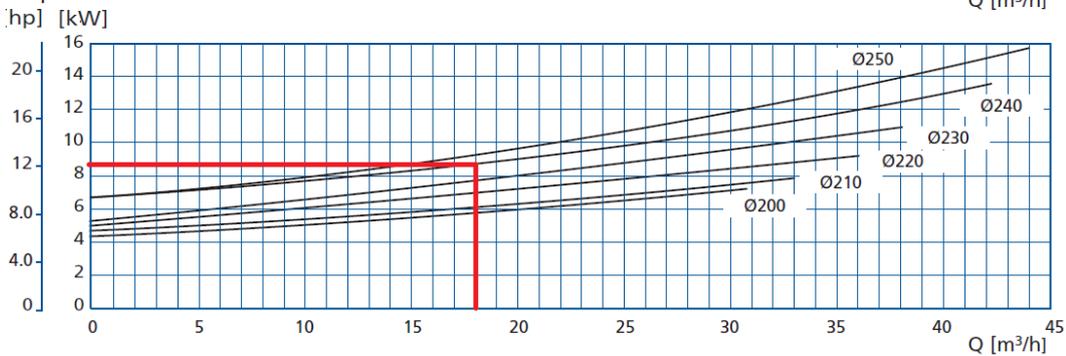
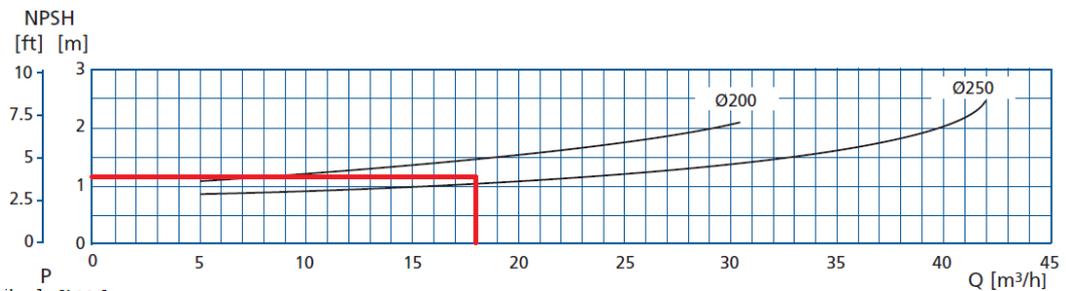
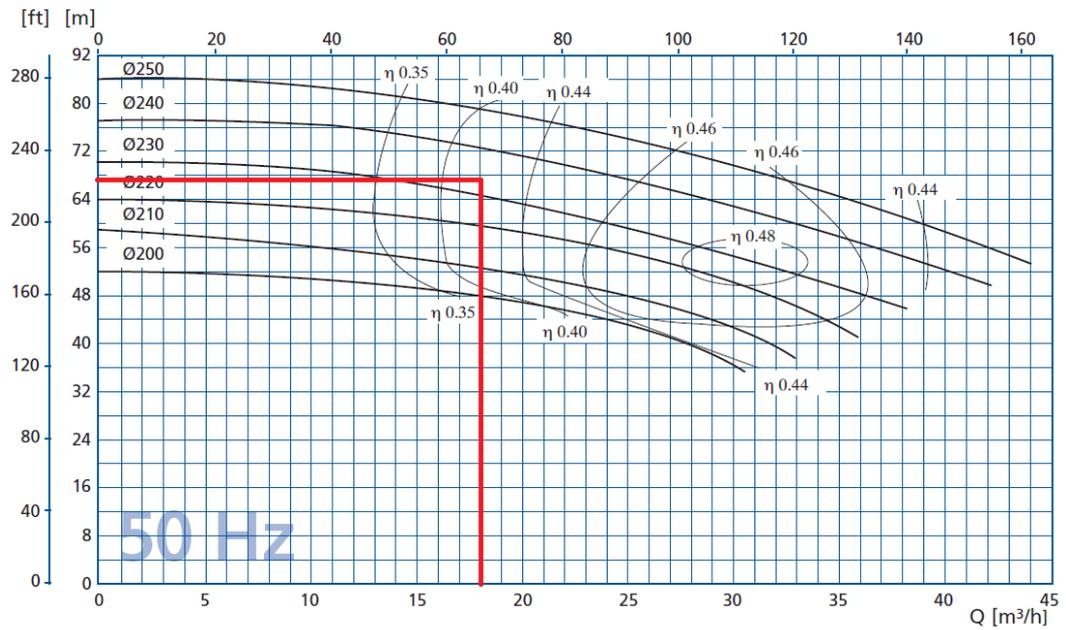


Ilustración 64: Curvas de la bomba TP2575, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,2 m y el NPSH disponible se supone mayor que el requerido ya que la bomba anterior a esta ha sido un poco sobredimensionada, de manera que esta bomba pueda cebarse sin problemas.

En resumen, la bomba 1 del área O2 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhausen. El modelo será el TP2575 con un rodete de diámetro 240 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 11 kW. Elijiendo un motor un poco superior a lo necesario, se asegura que la bomba pueda trabajar en las condiciones requeridas.

- **Bomba 2:**

Datos generales del producto para la bomba 2:

Caudal (l/h)	18000,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	18 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	1,000 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	1,461 m/s	Velocidad máxima	1,461 m/s
Número de Reynolds	96457,541	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 40 metros de tubería que conectan la bomba con la tercera etapa del intercambiador, el intercambiador con la siguiente área y de la siguiente área de vuelta hasta esta para dirigirse al retorno de CIP. Además se tienen 15 codos, 2 válvulas tipo N, 1 tipo X y otra tipo W, todos ellos en DN 65. A esto se tiene que añadir la pérdida de carga generada en la tercera etapa del intercambiador de placas, de 22 mca, junto con la instrumentación existente. Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 2,88 bar, o 28,8 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 18 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 65 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

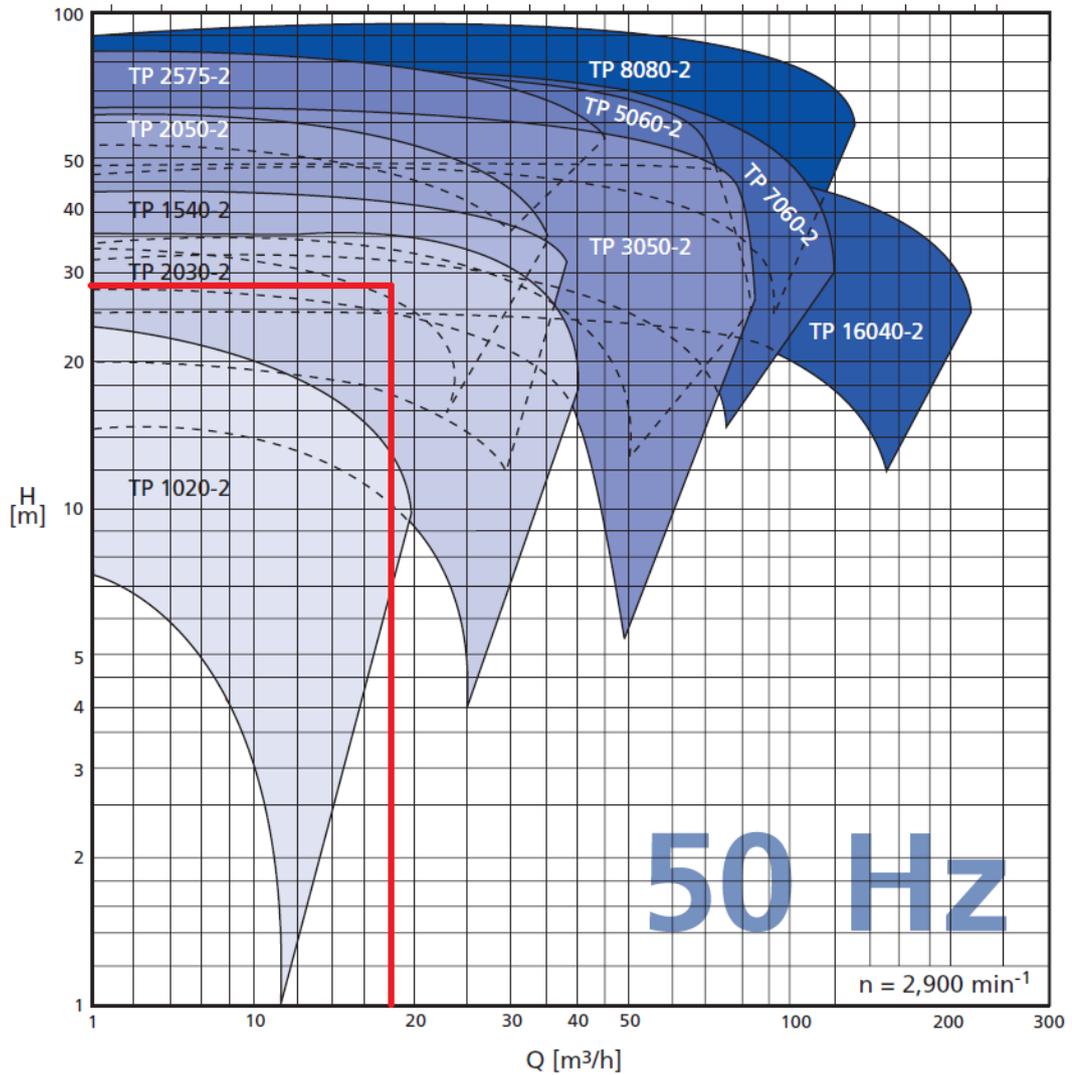


Ilustración 65: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP2030, TP1540, TP2050 y TP3050. Todas de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

A priori habría 2 bombas que podrían funcionar bien para el punto de trabajo que se tiene: la TP2030 y la TP1540, como se puede observar en las siguientes ilustraciones.

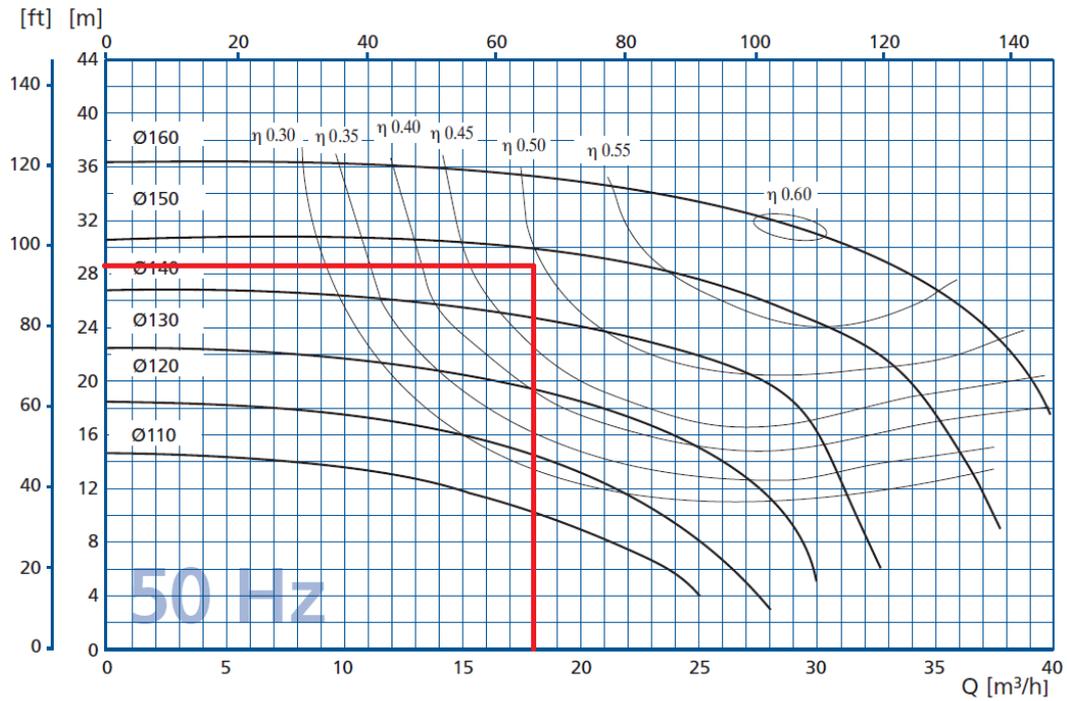


Ilustración 66: Curva de la bomba TP2030

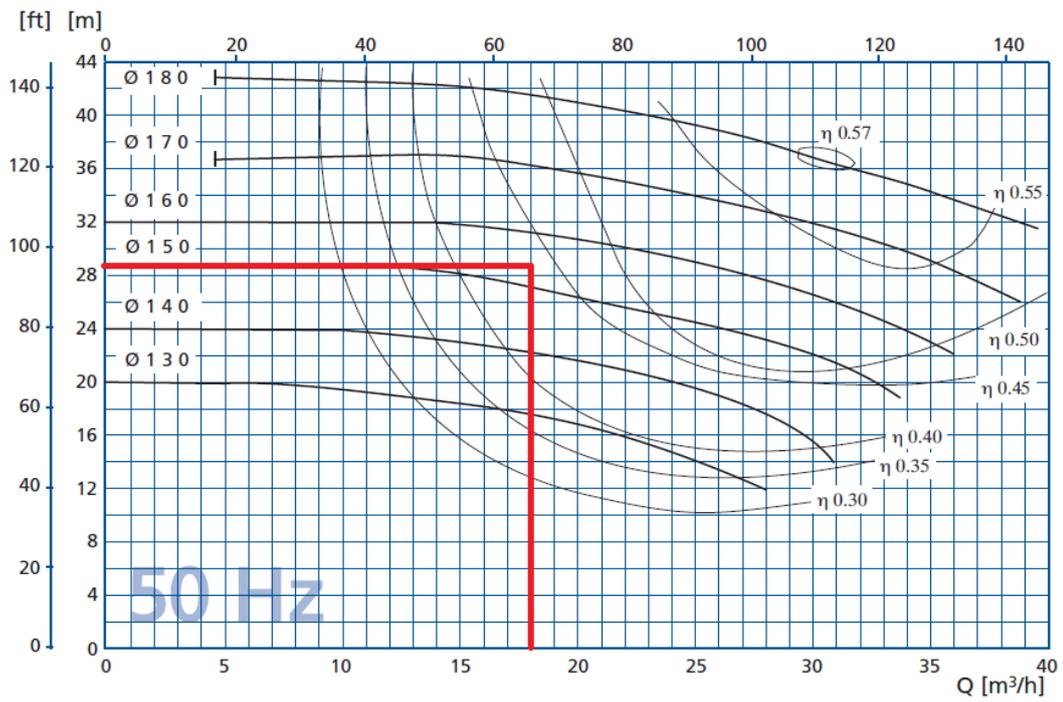


Ilustración 67: Curva de la bomba TP1540

Por lo tanto, para poder elegir una de ellas, se recurre a la elección del motor, para saber cuál de ellas consumirá menos energía cuando esté en funcionamiento.

La TP2030 necesitará un motor de 3 kW, mientras que la TP1540 necesitará uno de 4 kW, tal y como se puede apreciar a continuación. Debido a que se busca no gastar electricidad de forma innecesaria, se elige la bomba TP2030, cuyo motor es menor.

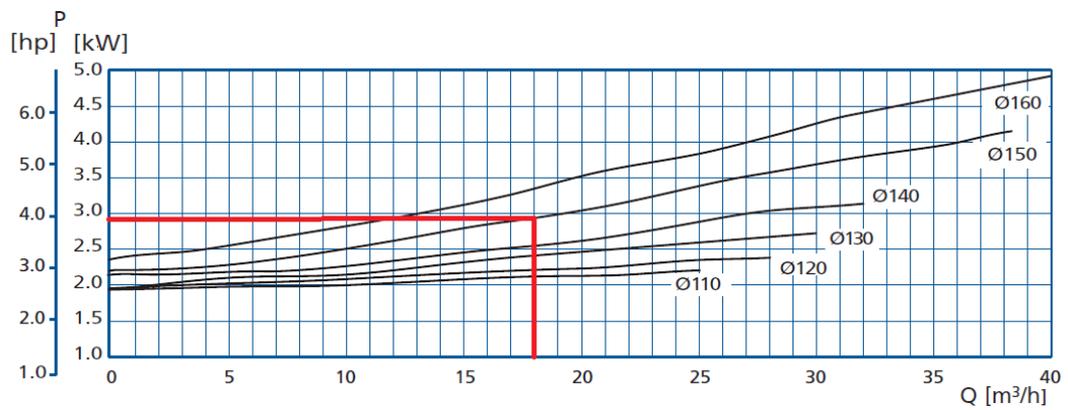


Ilustración 68: Motor de la bomba TP2030

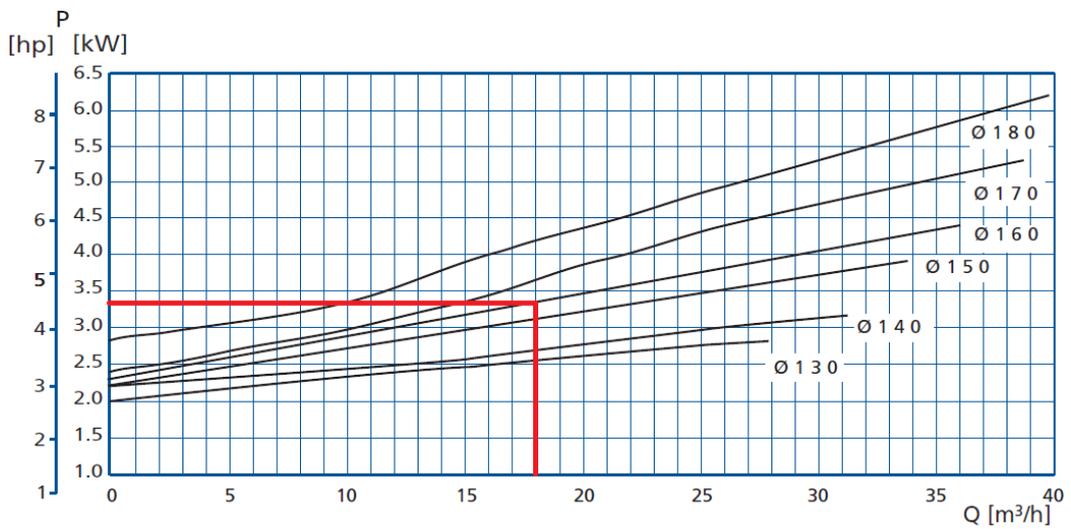


Ilustración 69: Motor de la bomba TP1540

Por consiguiente, la bomba 2 del área 02 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP2030 con un rodete de diámetro 150 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 3 kW.

Por último queda realizar la comprobación del NPSH:

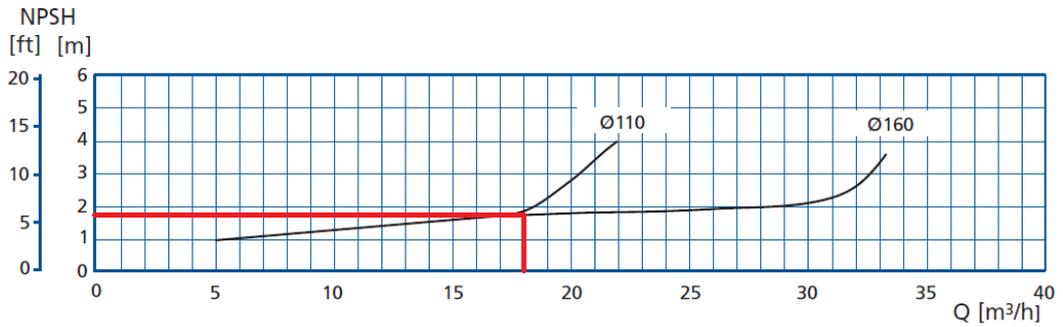


Ilustración 70: NPSH requerido para la bomba TP2030

El NPSH requerido es de 1,8 m y el NPSH disponible se supone mayor que el requerido ya que la bomba 1 de esta área ha sido un poco sobredimensionada, de manera que esta bomba pueda cebarse sin problemas.

Las siguientes tres bombas, son bombas que no necesitan ser higiénicas ya que únicamente estarán en contacto con agua de servicio, y nunca con producto, al igual que la bomba 7 del área 1.

Siguiendo la misma idea explicada en el apartado 3.6.1, se procede a calcular estas bombas:

- **Bomba 3:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	12000,0 l/h
	12 m ³ /h
Viscosidad (cPs)	1 cPs
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³

La pérdida de carga que existe en la ramificación, es de 1,3 bar. Para asegurar que a la línea principal el agua sale con una presión de 2 bar, la bomba se dimensionará para una pérdida de carga de 2 bar, o 20 mca.

El caudal de agua calculado requerido para la primera etapa del intercambiador es de 12 m³/h. Por tanto, la bomba elegida con estas características es la CR 15-2, a 50 Hz, de la marca Grundfos. El motor utilizado será de 2,2 kW.

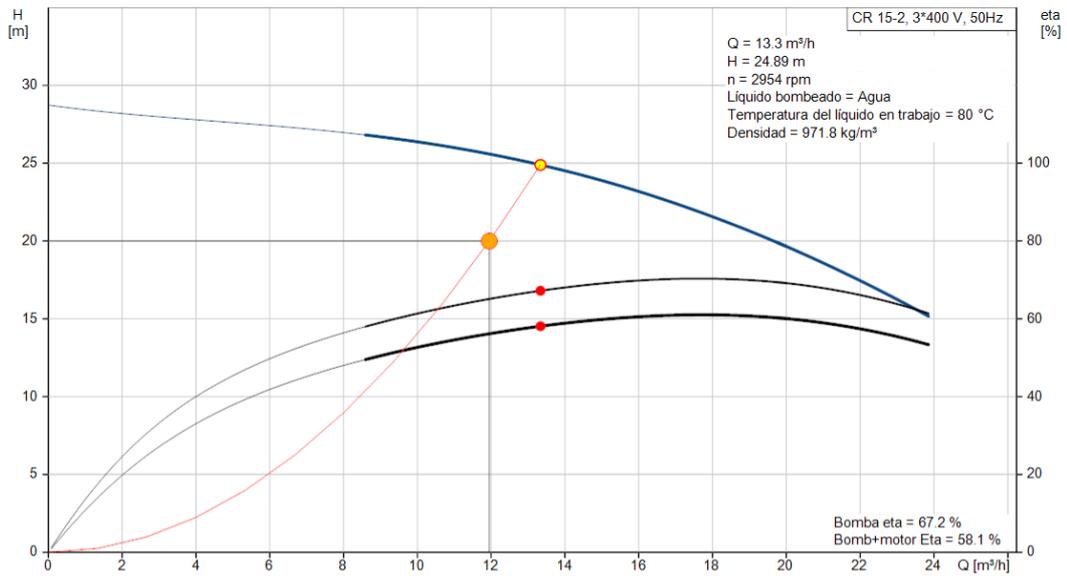


Ilustración 71: Curva de la bomba Grundfos, 12 m³/h, 20 mca

Para lograr que la bomba funcione en el punto de trabajo correspondiente, indicado en naranja en la Ilustración 71, se utilizará un variador de frecuencia, de manera que la frecuencia disminuya para que la curva se desplace hacia abajo y lograr que la bomba trabaje en dicho punto. En este caso la bomba estará trabajando al 90%.

- **Bomba 4:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	30000,0 l/h
	30 m ³ /h
Viscosidad (cPs)	1 cPs
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³

La pérdida de carga que existe en la ramificación, es de 1,7 bar. Para asegurar que a la línea principal el agua sale con una presión de 2 bar, la bomba se dimensionará para una pérdida de carga de 2 bar, o 20 mca.

El caudal de agua calculado requerido para la segunda etapa del intercambiador es de 30 m³/h. Por tanto, la bomba elegida con estas características es la CR 45-1, de 2 polos y 50 Hz de la marca Grundfos. El motor utilizado será de 4 kW.

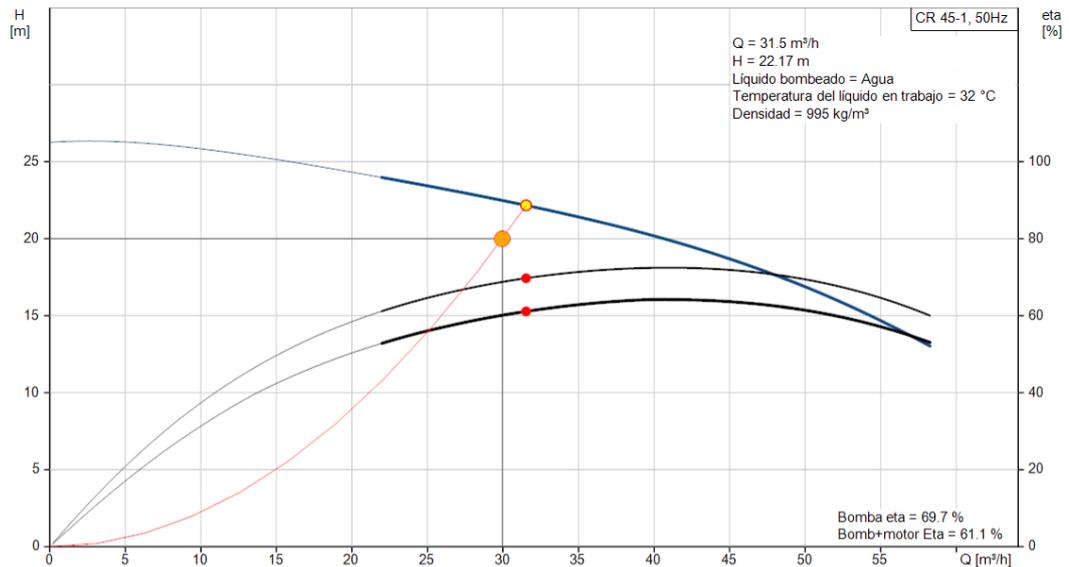


Ilustración 72: Curva de la bomba Grundfos, 30 m³/h, 20 mca

Para lograr que la bomba funcione en el punto de trabajo correspondiente, indicado en naranja en la Ilustración 72, se utilizará un variador de frecuencia, de manera que la frecuencia disminuya para que la curva se desplace hacia abajo y lograr que la bomba trabaje en dicho punto. En este caso la bomba estará trabajando al 95%.

- **Bomba 5:**

Esta bomba será exactamente igual que la bomba 4, ya que tiene el mismo caudal y se debe dimensionar para la misma pérdida de carga.

- **Bomba 6:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	18000,0 l/h	Diámetro tubería	DN80
	18 m ³ /h	Diámetro interior	81 mm
			0,081 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	1,000 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	0,809 m/s	Velocidad máxima	0,809 m/s
Número de Reynolds	65495,861	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 110 metros de tubería que conectan esta bomba con la central de CIP. Además, se tienen 22 codos, 4 válvulas tipo W y 4 tipo D (situadas en el área de la central de CIP, antes de que el producto se introduzca en los tanques), y tiene que superar una altura de 8 metros para transportar el producto hasta allí.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 1,55 bar, o 15,5 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 18 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 73 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

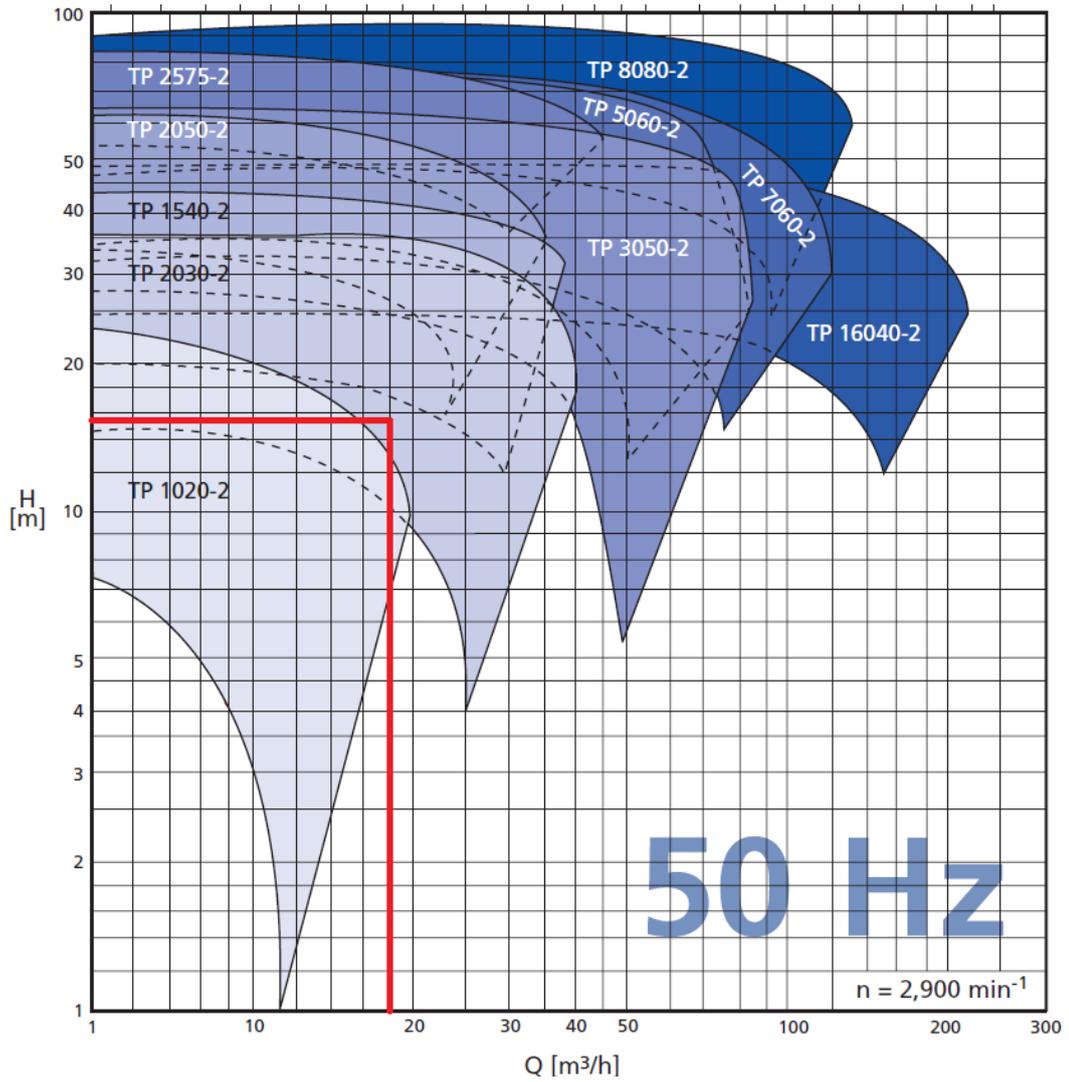


Ilustración 73: Selección de bombas

La única bomba que funciona en ese punto de trabajo es la TP2030, de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se muestran las curvas de esta bomba.

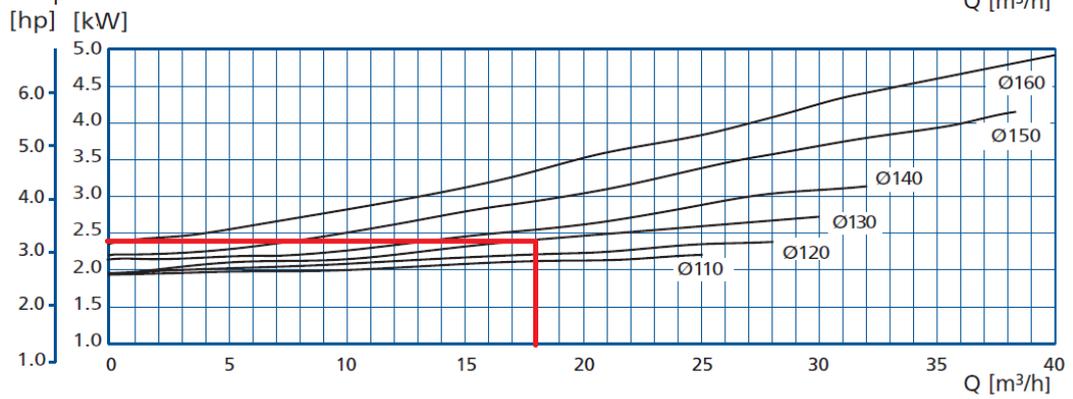
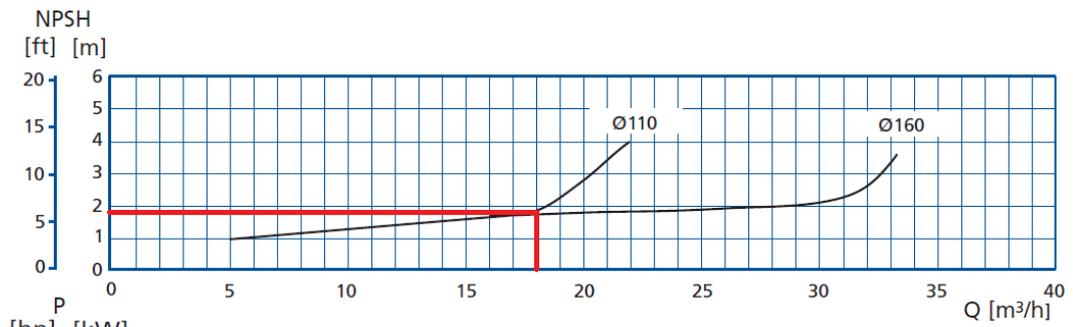
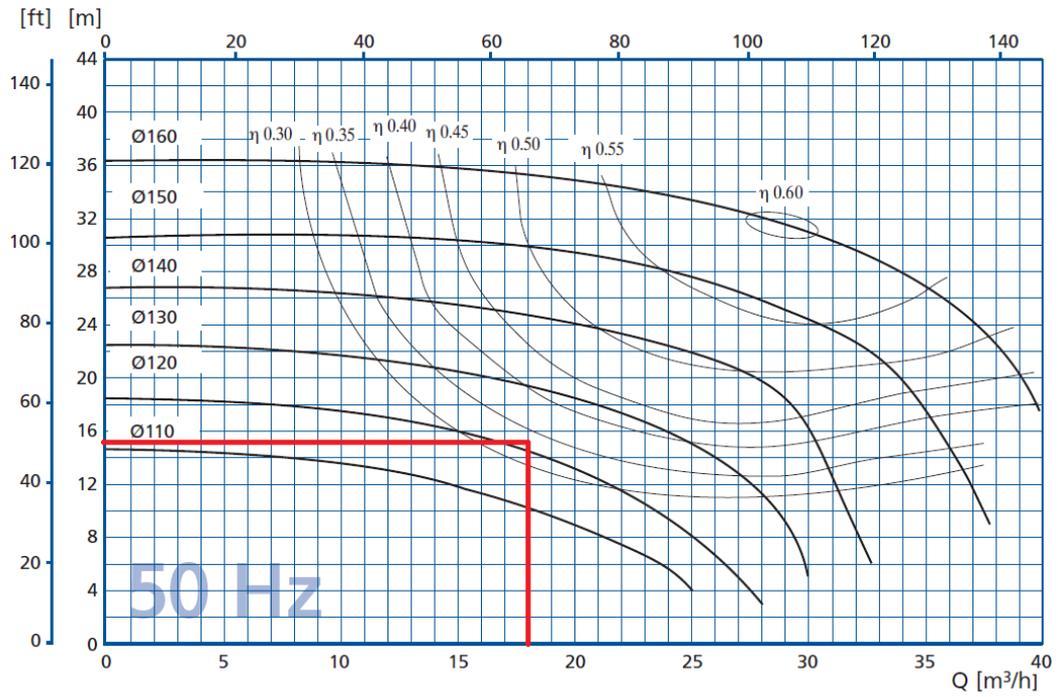


Ilustración 74: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,8 m y el NPSH disponible se supone mayor que el requerido ya que la bomba anterior a esta ha sido un poco sobredimensionada, de manera que esta bomba pueda cebarse sin problemas.

En resumen, la bomba 6 del área 02 será una bomba centrífuga con variador de frecuencia, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP2030 con un rodete de diámetro 130 mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 3 kW.

3.6.3 Bombas en el área 03

- **Bomba 1:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	5500,0 l/h	Diámetro tubería	DN65
	5,5 m ³ /h	Diámetro interior	66 mm
			0,066 m
Viscosidad (cPs)	835 cPs	Viscosidad cinemática	738,938 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1130 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	0,447 m/s	Velocidad máxima	0,893 m/s
Número de Reynolds	39,886	Régimen	LAMINAR

Se tienen 20 metros de tubería, 10 codos y una válvula tipo N, todos ellos de DN 65, que generarán una pérdida de carga determinada. Además, a la entrada de la envasadora se necesitan tener 1,5 bar para que este equipo pueda funcionar.

Aplicándole un factor de seguridad de 10%, se tiene una **pérdida de carga total de 2,5 bar, o 25 mca.**

Al ser una bomba que maneja un fluido muy viscoso, se necesita utilizar una bomba positiva de lóbulos. El proveedor de estas bombas elegido es Fristam. Este proveedor utiliza unidades americanas, por lo tanto habrá que convertir ciertos valores:

$$Q = 5500 \frac{l}{h} = 20,16 \text{ GPM}$$

$$\Delta P = 2,5 \text{ bar} = 36,26 \text{ psi}$$

Mirando la siguiente gráfica, que muestra las curvas de varias bombas positivas, se puede observar que con un caudal de 20,16 GPM y una viscosidad de 835 cPs, el punto de trabajo es el indicado en rojo. Por tanto, la bomba elegida será la superior, es decir, la FKL 50.

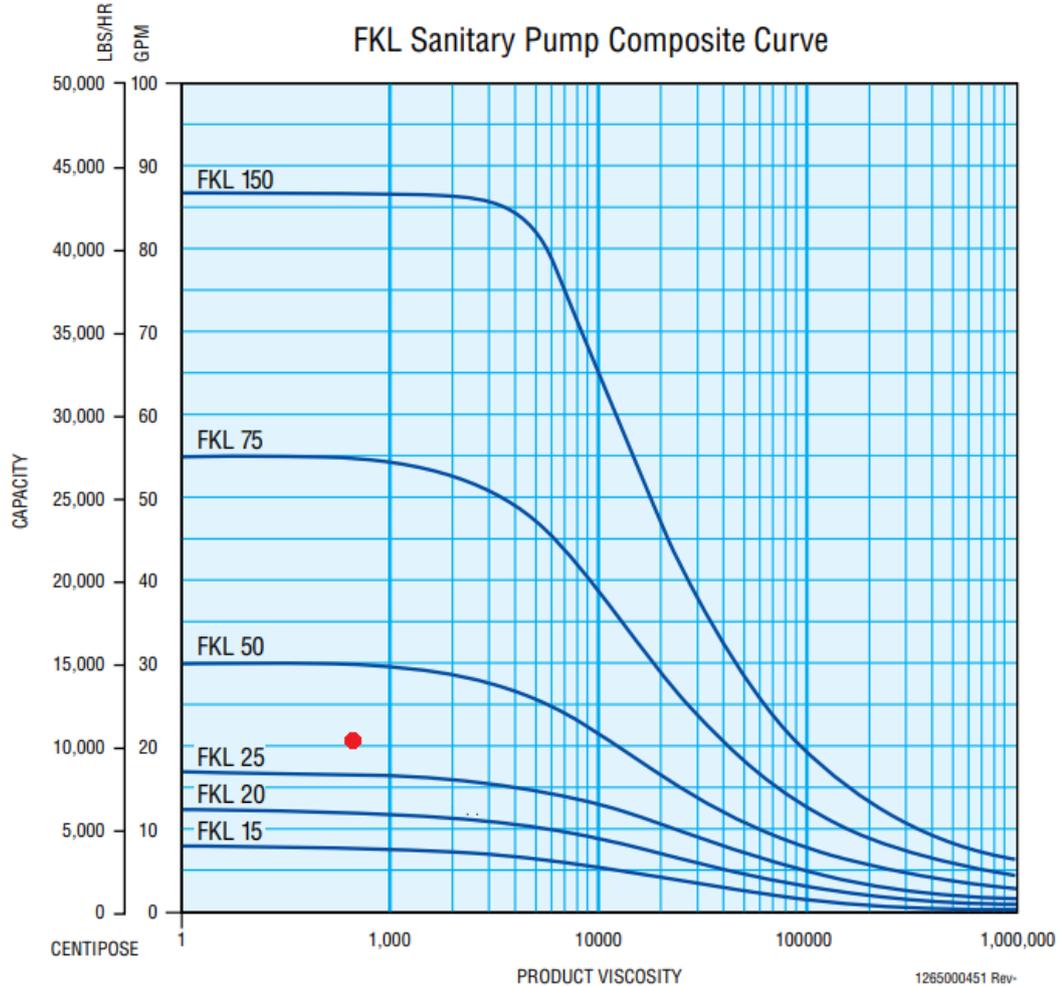


Ilustración 75: Curvas de las bombas positivas de Fristam

Una vez seleccionada la bomba, hay que seleccionar el motor. Es conveniente cerciorarse de que el motor no sobrepasa las 400 rpm, para que no dañe el producto cuando éste pasa por la bomba. Para seleccionar el motor se recurre a las siguientes gráficas de la Ilustración 76. Se comienza entrando con el caudal de 20,16 GPM y la pérdida de carga de 36,26 psi. De la primera gráfica se obtiene que el motor irá a unas **310 rpm** (por lo que está por debajo de las 400 rpm). En la segunda y tercera gráfica, entrando con la velocidad de giro del motor y la pérdida de carga, se obtiene que el motor tendrá una potencia aproximada de 1 más 0,6 caballos de vapor, es decir, de 1,6 CV. Esto corresponde aproximadamente a unos **1,2 kW**.

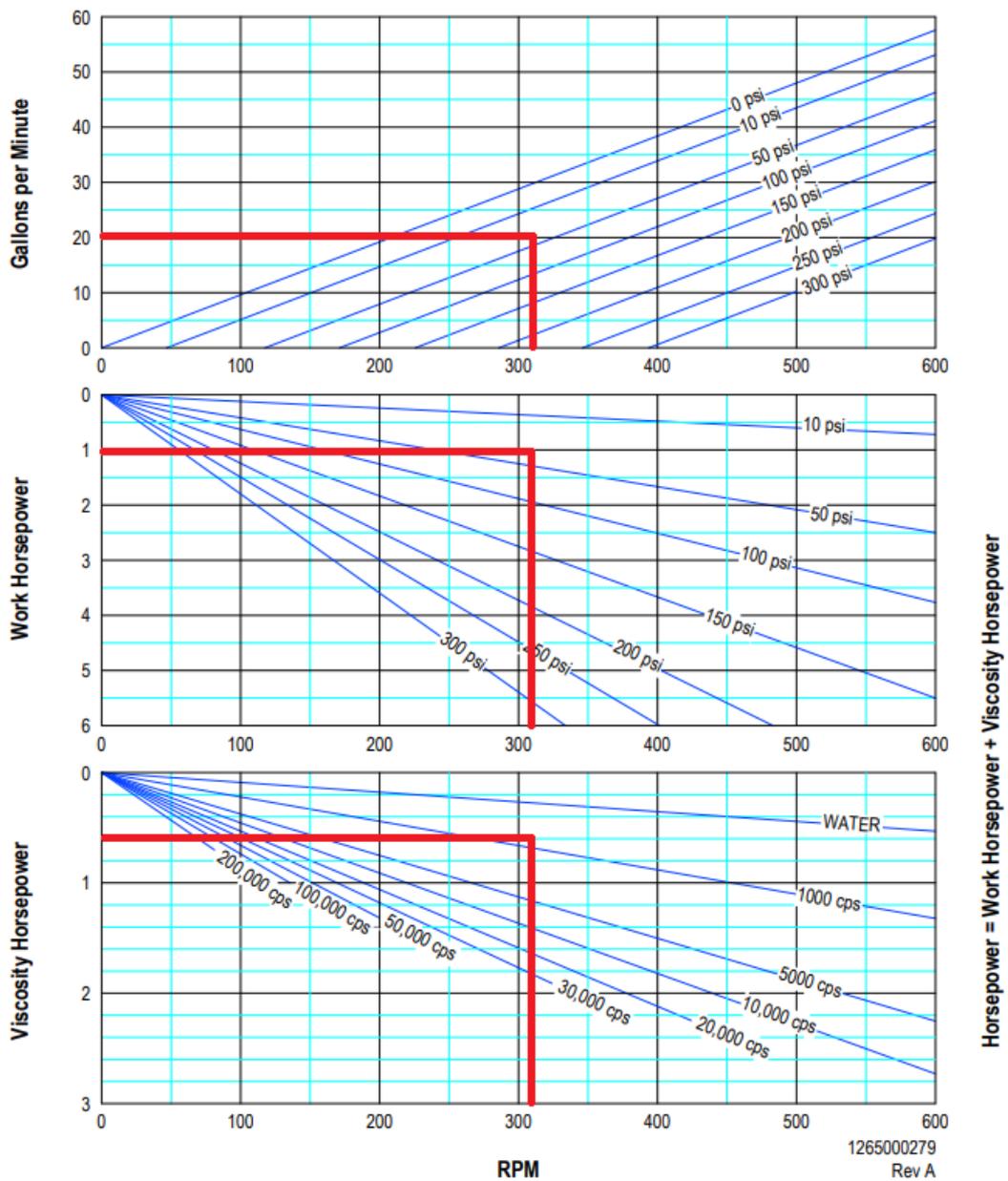


Ilustración 76: Gráficas de la bomba FKL 50

En resumen, la bomba 1 del área 03 será una bomba positiva de lóbulos rotativos, de la marca Fristam. El modelo será el FKL 50 y el motor será de 2 kW. Este motor será suficiente para mover el producto, incluso si, finalmente, la viscosidad del producto (que es algo teórico) resulta ser ligeramente superior.

- **Bomba 2:**

Datos generales del producto:

Caudal (l/h)	15000,0 l/h	Diámetro tubería	DN80
	15 m ³ /h	Diámetro interior	81 mm
			0,081 m
Viscosidad (cPs)	1 cPs	Viscosidad cinemática	1,000 m ² /s
Densidad (kg/m ³)	1000 kg/m ³		
Velocidad media (m/s)	0,809 m/s	Velocidad máxima	0,809 m/s
Número de Reynolds	65495,861	Régimen	TURBULENTO

Se tienen 150 metros de tubería desde esta bomba hasta el tanque de recuperación de CIP de la central de CIP, 20 codos, 4 válvulas tipo W y otras 4 tipo D, todos ellos de DN 80, que generarán una pérdida de carga determinada. Además, hay elementos de instrumentación, una válvula mariposa y un filtro. Teniendo en cuenta que se tendrá que superar una altura de 8 metros y aplicándole un factor de seguridad de 10%, en total se tendrá una **pérdida de carga de 1,46 bar, o 14,6 mca.**

Con esta pérdida de carga y un caudal de 15 m³/h, se puede proceder a calcular la bomba centrífuga. Para saber qué bombas son posibles candidatas, se indica en la Ilustración 77 el caudal y la altura H que necesita levantar la bomba, acotando de esta manera los tipos de bomba que podría ser que funcionasen.

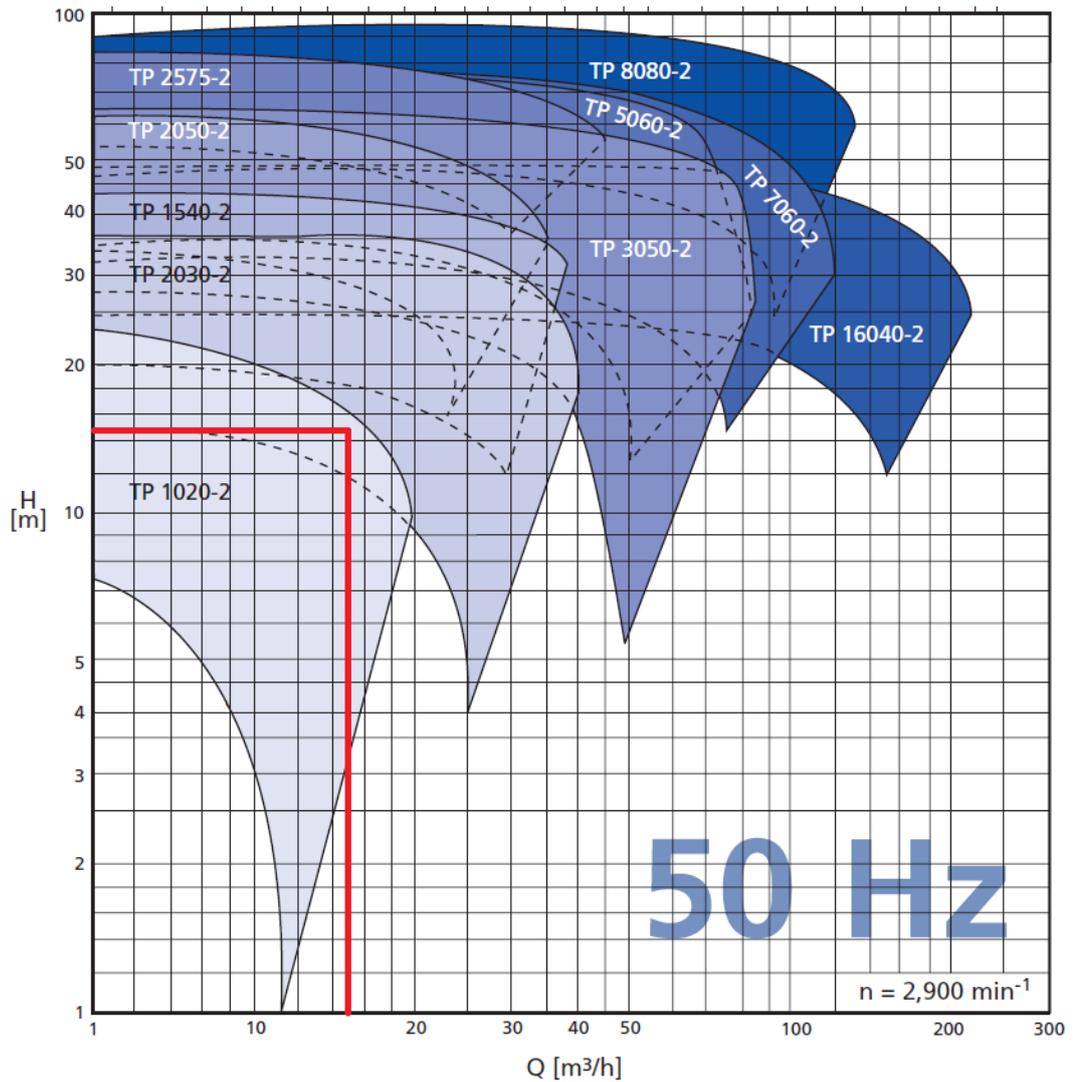


Ilustración 77: Selección de bombas

Los posibles tipos de bomba son: TP1020 y TP2030. Las dos de 2 polos y 50 Hz.

A continuación, se analizará el punto de funcionamiento que se necesita, en cada una de las posibles bombas, y se elegirá la mejor para este caso.

En la Ilustración 78 se muestra la bomba elegida.

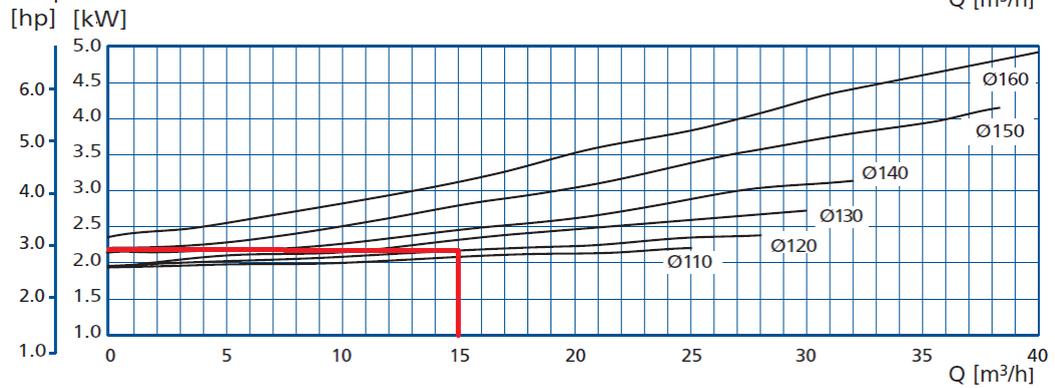
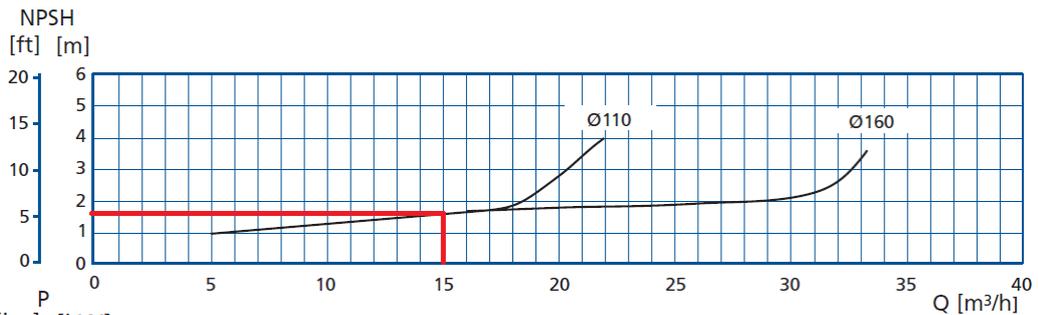
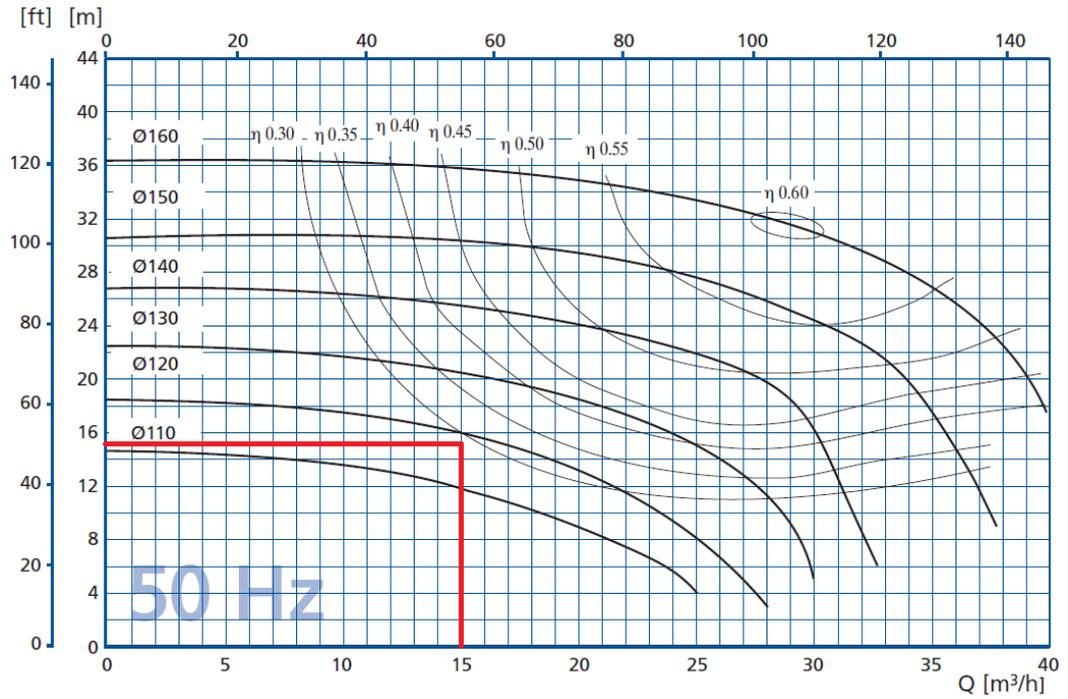


Ilustración 78: Curvas de la bomba TP2030, 2 polos, 50 Hz

- Comprobación del NPSH:

El NPSH requerido es de 1,7 m y el NPSH disponible, suponiendo que el tanque está vacío y despresurizado, es de 8 m. Este cálculo se obtiene de la siguiente manera:

En caso de tener el tanque vacío y a presión atmosférica, se tendría en el tanque 1 atm, es decir, aproximadamente 10 mca. Las pérdidas de carga existentes entre

el tanque y la bomba son de 2 mca, producidas por la propia tubería, una válvula tipo U, una tipo D, una tipo N y dos tipo W.

Por tanto, no habrá problemas de cebado de la bomba ya que el NPSH disponible es mayor que el requerido.

En resumen, la bomba 2 del área 03 será una bomba centrífuga, de la marca GEA Tuchenhagen. El modelo será el TP2030 con un rodete de diámetro 120mm, de 2 polos y que funcionará a 50 Hz, cuyo motor será de 3kW.

3.6.4 Resumen de bombas elegidas

		Q (m3/h)	Bomba elegida
Área 01	Bomba 1	30	GEA Tuchenhagen TP3050 - rodete 150mm - 3kW
	Bomba 2	30	Ystral Conti-TDS-3 - 22kW
	Bomba 3	35	GEA Tuchenhagen TP8080 - rodete 240mm - 18,5kW
	Bomba 4	12	GEA Tuchenhagen TP2050 - rodete 190mm - 4kW
	Bomba 5	7,5	GEA Tuchenhagen TP1020 - rodete 110mm - 1,1kW
	Bomba 6	15	GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 120mm - 2,2kW
	Bomba 7	15	Grundfos CR 20-2 - 2,2kW
Área 02	Bomba 1	7,5	GEA Tuchenhagen TP2575 - rodete 240mm - 11kW
	Bomba 2	7,5	GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 150mm - 3kW
	Bomba 3	12	Grundfos CR 15-2 - 2,2kW
	Bomba 4	30	Grundfos CR 45-1 - 4kW
	Bomba 5	30	Grundfos CR 45-1 - 4kW
	Bomba 6	18	GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 130mm - 3kW
Área 03	Bomba 1	5,5	Fristam FKL 50 - 2kW
	Bomba 2	25	GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 120mm - 3kW

3.7 VÁLVULAS USADAS EN EL PROYECTO

Un elemento imprescindible que se debe encontrar en cualquier tipo de planta industrial que maneja fluidos, son las válvulas. Con ellas se puede controlar los caudales de las corrientes implicadas en el proceso; regulando, permitiendo o impidiendo el paso del fluido a través de ella. Es por ello que se necesita configurarlas de manera adecuada, con el fin de que el producto vaya avanzando por todo el proceso de la forma deseada.

Existen válvulas higiénicas y no higiénicas, y en función de su funcionalidad hay válvulas de corte, reguladoras, de seguridad, etc. Además se subdividen en automáticas y manuales, según su nivel de automatización en el proceso.

Las válvulas existentes y más utilizadas en este tipo de proyectos están ya expuestas en el apartado 2.4 que trata sobre la selección de válvulas. Razón por la cual, en este apartado sólo se va a explicar el motivo por el que se han seleccionado unas válvulas concretas en cada área, en los lugares indicados en los planos.

3.7.1 Válvulas del área 01

En esta área se pueden diferenciar 3 partes: la zona de llenado, la zona de vaciado y la zona de polvos y enfriamiento.

En la **zona de llenado**, se tienen unas tuberías por las que circula producto (leche, azúcar líquida y nata). Las válvulas encargadas de dirigir estos productos a los tanques deben ser válvulas higiénicas, ya que hay que asegurar que la CIP no se mezcla con el producto en ningún momento para no contaminarlo, y, además, que el espacio entre los dos asientos queda bien limpio, sin posibilidad que se creen microorganismos que dañen el producto. Por tanto, se han seleccionado válvulas tipo D para cumplir con dicho fin.

Al final de estas líneas de llenado se encuentra una válvula tipo N, que es una válvula de corte de simple asiento que sólo se abriría en caso de estar limpiando estas líneas con CIP. A continuación de esta válvula, se coloca una válvula tipo X, que funciona como una válvula de distribución de simple asiento y se utiliza para distribuir el flujo de una tubería en dos. Esta configuración de una N más una X se usa para ahorrar costes. El efecto que se consigue al ponerlas juntas es el de un doble asiento, pero más económico. Este doble asiento se encontraría delimitado por el cierre de la válvula N y el cierre de la válvula X, cuando está cerrando por arriba. En la Ilustración 79 se detalla la configuración de estas dos válvulas unidas, para facilitar la comprensión de la misma.

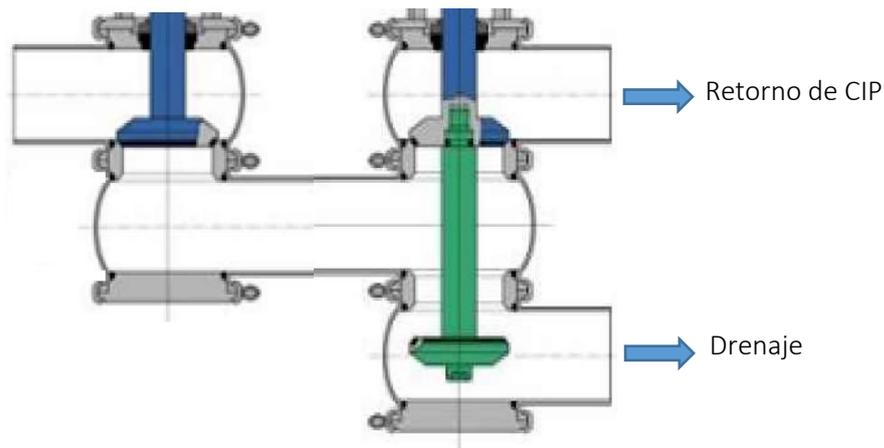


Ilustración 79: Configuración válvulas N+X

Siguiendo en la zona de llenado, se puede encontrar la entrada de CIP, que se conecta a las tuberías de producto y los tanques por medio de unas válvulas tipo K. Estas válvulas no son higiénicas, ya que son como las de tipo D pero sin que se pueda limpiar el doble asiento. Son más baratas que las de tipo D y se utilizan en las líneas de CIP cuando se sabe que la válvula no va a estar en contacto con producto. De esta manera, aunque no se limpie el doble asiento, éste va a estar mojado exclusivamente por producto de limpieza. Para evitar que el producto entre en contacto con las válvulas K, se colocan unas válvulas tipo N que hacen de válvula de corte.

Las válvulas situadas a la entrada de cada tanque son una tipo N y una tipo U. La tipo N sólo se abrirá cuando se quiera introducir CIP en el tanque (mientras la tipo U permanece cerrada). La tipo U es también una válvula de corte, como la N, pero que cierra en sentido contrario a la N. En este caso es necesario colocar una tipo U para que la válvula se cierre a contraflujo, según cómo está colocada para que el producto entre al tanque.

En la **zona de vaciado**, se coloca una válvula tipo U de fondo de tanque, que es de simple asiento porque sólo estará pasando por ella o producto o CIP, por lo que no se cruzan en la misma válvula y no hay riesgo de que haya contaminaciones. Sin embargo, esto sí puede ocurrir en el resto de válvulas de vaciado y es por ello que se colocan válvulas tipo D en la parte principal de la zona de vaciado. En el final de la línea de vaciado de los tanques, antes de enviar al retorno de CIP, se coloca una configuración similar a la descrita anteriormente, pero que será N+W. La válvula de tipo W sirve para hacer converger dos fluidos que vienen por dos tuberías diferentes, en una sola. De esta manera se dirige a la tubería de retorno de CIP.

La configuración de X+N se puede encontrar en la cabecera de las líneas de distribución en la zona de vaciado. Por aquí es por donde entrará la CIP que limpiará dichas líneas.

Por último, hay que instalar una válvula en la línea de agua, pero esta puede ser una válvula mariposa automática, ya que no hay ningún riesgo de contaminación.

En la **zona de polvos y enfriamiento** se encuentran menos válvulas. Sólo se necesitarán 4 válvulas en total a la entrada y salida del intercambiador de calor (o cooler, ya que sirve para enfriar el producto). Se necesitan 2 válvulas tipo N delante y detrás de la bomba booster. Cuando la bomba esté funcionando, por las válvulas solo circulará CIP, por lo que no hay riesgo de contaminación. Justo a la entrada y salida del cooler se necesita instalar unas válvulas que permitan hacer bypass al cooler mientras no se quiera enfriar el producto. Para conseguirlo se instalará la configuración W+N, que permite dirigir el flujo hacia el cooler o hacia la válvula N y de ahí continúa sin entrar en el cooler. Aparte de estas válvulas se necesita una última válvula en la línea de servicio del cooler. Bastará con instalar una válvula mariposa automática, ya que solo se encargará de permitir o impedir el paso de agua.

3.7.2 Válvulas del área 02

A esta área llega el producto a través de una válvula tipo D, que permitirá que el fluido se dirija hacia la bomba que lo impulsa hasta el intercambiador. Se necesita este tipo de válvula porque por ella pasará producto, CIP y agua, en función del momento, y se quieren evitar contaminaciones. Por la entrada de producto que llega a esta línea también va a llegar la CIP que limpia la línea de distribución del área anterior. El retorno de CIP de esa línea se encuentra en esta área y, por tanto, después de la válvula D, se necesita instalar la configuración N+X explicada en la Ilustración 79.

La CIP que se usa para limpiar el intercambiador de placas entra a esta área por medio de una válvula tipo D, por el mismo motivo que se acaba de explicar; al igual que el agua usado para empujar el producto antes y después de hacer la limpieza con CIP. Cuando se están haciendo empujes con agua, o realizándose la limpieza con CIP, estos productos serán enviados a la siguiente área y se harán retornar a esta misma área. En el caso del agua, ésta se drenará mediante el uso de una válvula X, al entrar de nuevo en el área 02, que tendrá una válvula N delante con el mismo fin que se explica en la Ilustración 79. Y en el caso de la CIP, esta volverá también a esta área y retornará mediante una válvula tipo U.

Además, se colocará una válvula tipo W después del intercambiador de placas y antes del envío al área de almacenamiento, que servirá para drenar el agua de las tuberías.

Por último, se necesita instalar válvulas mariposas automáticas en las tuberías de agua de servicio que permitan el paso, o no, de la misma en función de las necesidades en cada momento.

3.7.3 Válvulas del área 03

Cuando se envía producto a esta área, éste entrará en cada uno de los tanques por medio de una válvula U de fondo de tanque. Al final de la línea se tendrá la configuración N+X por la misma razón explicada en los apartados anteriores. Estas válvulas sólo se abrirán cuando se proceda al empuje con agua, a la preparación con agua para la CIP o durante la CIP.

Para que se vacíen los tanques se utiliza igualmente una válvula U de fondo de tanque. Por medio de una válvula D, se logra enviar el producto hacia la bomba que lo impulsa hasta la envasadora. Se necesitan válvulas tipo D para esto ya que por estas válvulas pasará producto, agua y CIP a lo largo del proceso.

Al igual que en el área 01, en la cabecera de CIP se colocará la configuración X+N, que servirá para introducir la CIP en la línea de envío a la envasadora, sin que se produzcan contaminaciones de CIP con producto. También se tiene una línea de agua, que tendrá una válvula mariposa automática que se abrirá únicamente en los momentos que se quiera meter agua en la línea.

Como en esta área el producto que hay que impulsar ya es el producto final, que al ser natillas, es muy viscoso, se necesita instalar una bomba positiva de lóbulos. Tal y como se explicó en la Ilustración 5, para este tipo de bombas se suele instalar una válvula tipo N delante que se abra en caso de que se produzca un bloqueo de la línea aguas abajo de la bomba. De esta manera, la bomba seguiría funcionando en un circuito cerrado y no se dañarían tuberías ni equipos. Además, esta bomba está refrigerada con agua, por lo que será necesario instalar una electroválvula en la línea de agua que la refrigera que permitirá el paso del agua mientras que la bomba esté funcionando.

En cuanto a los tanques, estos estarán presurizados. El aire comprimido entrará en los mismos mediante la activación de unas válvulas tipo K. Estas válvulas no necesitan ser higiénicas ya que por ellas solo pasará aire, que además estará ya filtrado.

Por otro lado, los tanques necesitan ser limpiados. La CIP correspondiente entrará en ellos gracias a la activación de unas válvulas tipo K, por el mismo motivo que anteriormente. Una vez la CIP sale de los tanques, se envían a la línea de retorno de CIP activando la configuración N+W instalada.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

Este proyecto está dividido en dos partes: la primera es una parte descriptiva de la tecnología actual usada en las empresas que se dedican al procesado de productos lácteos, y la segunda trata del diseño de una planta de procesado de natillas.

De la parte más descriptiva se puede concluir que existe una tecnología muy potente, donde la higiene es un aspecto de gran relevancia. Los materiales utilizados son de alta calidad y siempre se busca minimizar las posibilidades de que el producto se contamine. De hecho, la fase de limpieza de las plantas se diseña sabiendo que es una fase incluso más importante que la fase de producción ya que cualquier fallo relativo a la higiene puede dar lugar a la pérdida de producto. Se tendrá aún más precaución con la higiene cuanto mayor valor añadido vaya adquiriendo el producto a lo largo del proceso, puesto que cualquier pérdida de producto supondrá una gran pérdida de dinero que ya ha sido invertido.

Del diseño de la planta como tal se puede concluir que es un trabajo de detalle. Es decir, se tiene que tener en cuenta todo el proceso de forma general y, a la vez, cada parte de éste de forma específica para poder determinar los caudales, presiones y resto de condiciones del producto en cada momento. Es por ello que realizar un buen diagrama de cargas es tan importante. De esta forma se consigue saber con exactitud las actividades que se están llevando a cabo en cada momento.

Conociendo las características del producto y sus condiciones en cada punto, se pueden realizar todos los cálculos. Estos cálculos deben ser bastante exactos, sobre todo en los intercambiadores de calor, pues se necesitan conseguir unas temperaturas determinadas con el fin de lograr cocer y pasteurizar el producto. El cálculo de las bombas también tiene que ser preciso y debe asegurar que, en caso de que una vez en planta el caudal final o la pérdida de carga que haya varíe ligeramente con lo calculado, la bomba pueda adaptarse a ese nuevo punto de trabajo, de manera que no haya que gastar dinero en la compra de otra bomba nueva porque la comprada no sirva.

Con respecto a las válvulas, existen muchos tipos y, por tanto, hay que conocerlos bien y tener claro cuándo se deben emplear unos tipos u otros para poder asegurar que las juntas de las válvulas no se dañan, que no se contamina el producto y que la válvula, con su posición de apertura o cierre, lleva el producto por el camino que se desea.

Para futuros diseños de plantas donde se usen intercambiadores de calor, sería de gran interés estudiar la posibilidad de reutilizar el calor absorbido por el agua de servicio en una etapa para usarlo como agua de servicio en una etapa donde se quiera calentar el producto. De esta manera, el proceso sería energéticamente más eficiente, y a su vez se estaría ahorrando en costes.

CAPÍTULO 5: REFERENCIAS

Álvarez, J. E. (1998). *Fundamentos sobre limpieza de instalaciones*.

Bombas Fristam. (s.f.). Obtenido de <http://www.fristam.com/bombasmezcladoras/bombasdedesplazamientopositivo/fl2manejosuavedeproductos.aspx>.

Bombas Grundfos. (s.f.). Obtenido de https://es.grundfos.com/bombas_grundfos/bombas_sistemas_bombeo/cr.html.

GEA Hilge. (2017). *Centrifugal Pumps 50/60Hz*.

GEA Tuchenhagen. (2011). *Manual de instrucciones de montaje y hojas de datos de Bolas rociadoras o Sprayballs*.

GEA Tuchenhagen. (2012). *Formación de intercambiadores de placas Ecoflex*.

GEA Tuchenhagen. (2014). *Manual de intercambiadores de calor*.

GEA Tuchenhagen. (2014). *Válvulas GPES*.

GEA Tuchenhagen. (2016). *ECO-MATRIX*.

GEA Tuchenhagen. (2016). *Hygienic Valves. VARIVENT and ECOVENT*.

GEA Tuchenhagen. (2016). *T-smart Butterfly Valves*.

GEA Tuchenhagen. (s.f.). *Manual for the Design of Pipe Systems and Pumps*.

GEA Tuchenhagen. (s.f.). *Mechanical Seals*.

TAINOX. (s.f.). *Proveedor de Tubos y Aceros Inoxidables*.



PARTE 2: PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1: LISTADO DE ELEMENTOS DEL PROYECTO CON PRECIOS

En este apartado se procederá a realizar una lista completa de todos los elementos del proyecto que se necesitarán comprar para tener instalada la parte mecánica del mismo. De esta manera se logrará conocer la inversión necesaria.

No se incluirán los elementos eléctricos ni electrónicos, como conexiones de las válvulas para controlarlas de forma automática, ya que esto queda fuera del alcance de este proyecto.

Se dividirá el presupuesto según los diferentes tipos de elementos que se deben comprar.

1.1 VÁLVULAS

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Válvula VARIVENT tipo K - DN65/80	3	2453	7359
Válvula VARIVENT tipo K - DN65/65	3	2360	7080
Válvula VARIVENT tipo K - DN25/65	2	2371	4742
Válvula VARIVENT tipo K - DN25/25	1	1826	1826
Válvula VARIVENT tipo D - DN80/80	9	3837	34533
Válvula VARIVENT tipo D - DN65/65	12	3517	42204
Válvula VARIVENT tipo D - DN65/80	3	3610	10830
Válvula VARIVENT tipo NL - DN80/80	7	1833	12831
Válvula VARIVENT tipo NL - DN65/65	7	1628	11396
Válvula VARIVENT tipo W - DN80/80	7	2703	18921
Válvula VARIVENT tipo W - DN65/65	7	2356	16492
Válvula VARIVENT tipo X - DN65/65	4	2502	10008
Válvula VARIVENT tipo N - DN80/80	3	1952	5856
Válvula VARIVENT tipo N - DN65/65	7	1785	12495
Válvula VARIVENT tipo U - DN80/80	6	2069	12414
Válvula VARIVENT tipo U - DN65/65	5	1886	9430
Válvula modulante - DN65/65	1	1310	1310
Válvula mariposa automática - DN80/80	4	904	3616
Válvula mariposa automática - DN65/65	2	844	1688
Electroválvula	3	201	603

Tabla 3: Presupuesto válvulas

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Brida VARIVENT DN65	51	129	6579
Brida VARIVENT DN80	36	139	5004

Tabla 4: Presupuesto bridas de las válvulas

1.2 INSTRUMENTACIÓN

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Filtro	3	68	204
Trampa magnética	1	4092	4092
Manómetro	2	137	274
Transmisor de presión	3	148	444
Transmisor de temperatura	9	834	7506
Detector de flujo	3	118	354
Caudalímetro	2	4691	9382

Tabla 5: Presupuesto instrumentación

1.3 TANQUES

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Tanque de 60 m ³	3	5661	16983
Tanque comprimido de 30 m ³	2	8753	17506
Sprayball tanques	10	189	1890

Tabla 6: Presupuesto tanques

1.4 BOMBAS

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
GEA Tuchenhagen TP1020 - rodete 110mm - 1,1kW	1	1973	1973
GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 120mm - 2,2kW	1	2443	2443
GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 120mm - 3kW	1	2614	2614
GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 130mm - 3kW	1	2614	2614
GEA Tuchenhagen TP2030 - rodete 150mm - 3kW	1	2614	2614
GEA Tuchenhagen TP2050 - rodete 190mm - 4kW	1	3123	3123
GEA Tuchenhagen TP2575 - rodete 240mm - 11kW	1	5067	5067
GEA Tuchenhagen TP3050 - rodete 150mm - 3kW	1	2972	2972
GEA Tuchenhagen TP8080 - rodete 240mm - 18,5kW	1	6826	6826
Grundfos CR 15-2 - 2,2kW	1	481	481
Grundfos CR 45-1 - 4kW	2	575	1150
Grundfos CR 20-2 - 2,2kW	1	503	503
Fristam FKL 50 - 2kW	1	1226	1226
Ystral Conti-TDS-3 - 22kW	1	31251	31251

Tabla 7: Presupuesto bombas

1.5 EQUIPOS

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Intercambiador de placas 1 etapa	1	7155	7155
Intercambiador de placas 3 etapas	1	10524	10524
Homogeneizador	1	46200	46200

Tabla 8: Presupuesto equipos

1.6 TUBERÍAS

Los precios por metro de tubería en función del diámetro se han extraído del proveedor TAINOX.

Nombre del elemento	Metros	Precio/metro (€)	Precio (€)
Tubería DN25	50	5,98	299
Tubería DN65	1030	12,95	13338,5
Tubería DN80	185	18,25	3376,25

Tabla 9: Presupuesto tuberías

1.7 CODOS

Los precios de los codos en función del diámetro se han extraído del proveedor TAINOX.

Nombre del elemento	Unidades	Precio/Ud (€)	Precio (€)
Codos DN25	46	3,16	145,36
Codos DN65	270	7,84	2116,8
Codos DN80	92	8,25	759

Tabla 10: Presupuesto codos

CAPÍTULO 2: CÁLCULO DEL PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

Una vez cuantificadas las inversiones de forma individualizada, se puede determinar la inversión total que se tendrá que acometer para la parte mecánica de esta planta de procesado de natillas.

El presupuesto para cada grupo de elementos es:

- Válvulas: 225634 €
- Bridas de válvulas: 11583 €
- Instrumentación: 22256 €
- Tanques: 36379 €
- Bombas: 64857 €
- Equipos: 63879 €
- Tuberías: 17014 €
- Codos: 3021 €

Esto hace un total de **444623 €**.

Cabe resaltar que en este presupuesto no se contabiliza el precio del terreno, pues, al ser una extensión de una planta ya existente, se utilizará el terreno ya comprado por la planta con anterioridad para poder construir esta ampliación. Por lo tanto, el terreno no supone ningún coste adicional.

Tampoco se incluyen los costes de fabricación, instalación y mantenimiento de la planta, puesto que sólo se está estudiando el diseño de dicha planta y los costes que se acometerían con la compra de los elementos necesarios para su instalación.



PARTE 3: PLANOS

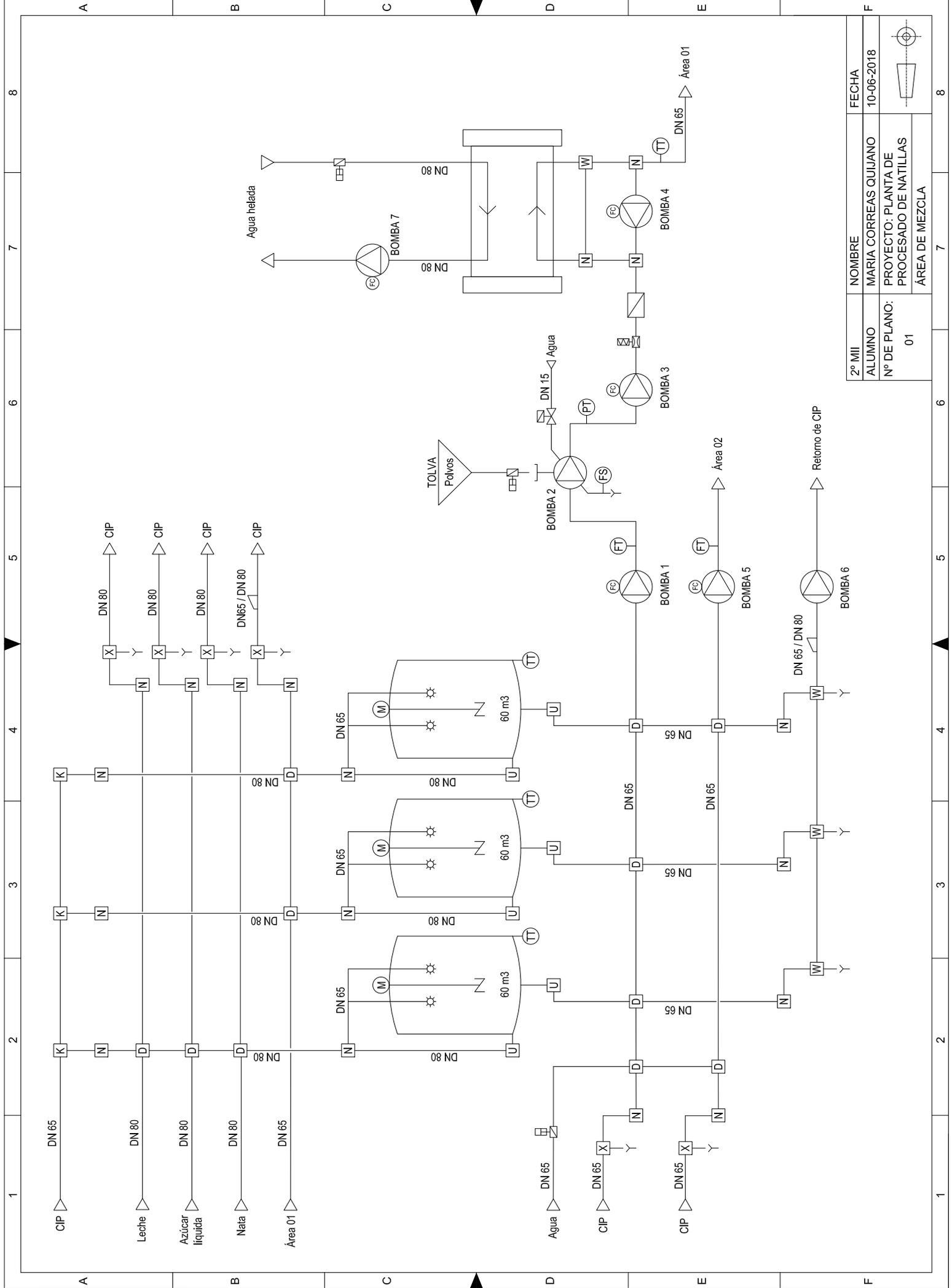
CAPÍTULO 1: LISTADO DE PLANOS

En este proyecto se ha procedido a diseñar tres planos, correspondientes a las tres áreas en las que consiste la planta de procesado de natillas.

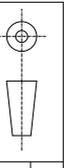
Cada uno de estos planos representa los equipos y conjuntos de tuberías necesarios para realizar actividades diferentes, que ya han sido explicadas con detalle en el desarrollo del documento.

Los planos elaborados son:

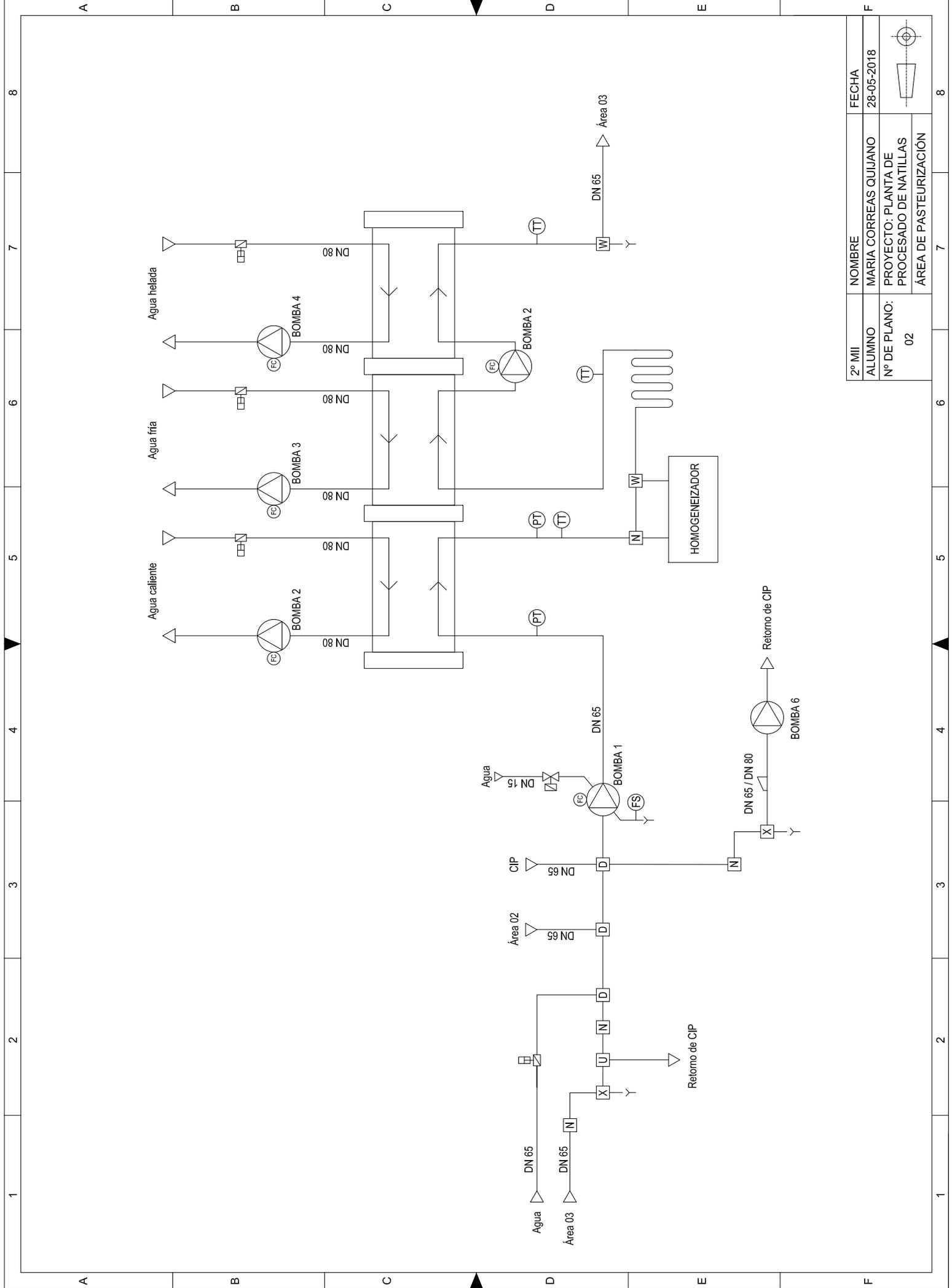
- Plano número 1, correspondiente al área 01: Área de mezcla
- Plano número 2, correspondiente al área 02: Área de pasteurización
- Plano número 3, correspondiente al área 03: Área de almacenamiento



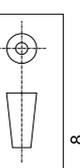
2° MII	NOMBRE	FECHA
ALUMNO	MARIA CORREAS QUIJANO	10-06-2018
N° DE PLANO:	PROYECTO: PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS	
01	ÁREA DE MEZCLA	



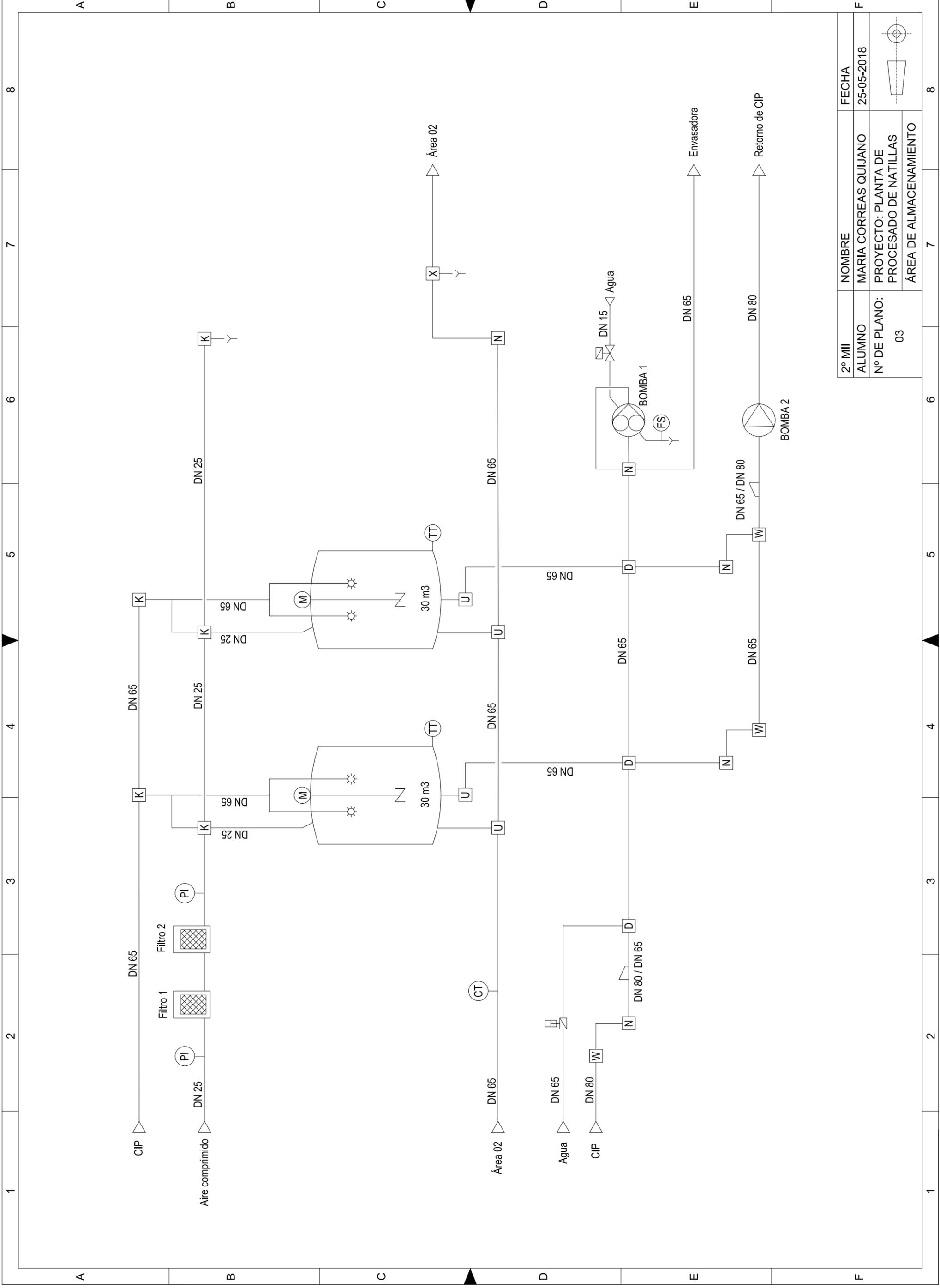
Grid coordinates: A, B, C, D, E, F (horizontal); 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (vertical)



2° MII	NOMBRE	FECHA
ALUMNO	MARIA CORREAS QUIJANO	28-05-2018
N° DE PLANO:	PROYECTO: PLANTA DE	
02	PROCESADO DE NATILLAS	
	ÁREA DE PASTEURIZACIÓN	



Grid coordinates: Columns 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; Rows A, B, C, D, E, F.



2° MII	NOMBRE	FECHA
ALUMNO	MARIA CORREAS QUIJANO	25-05-2018
Nº DE PLANO: 03	PROYECTO: PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS	
	ÁREA DE ALMACENAMIENTO	



DISEÑO DE UNA PLANTA DE PROCESADO DE NATILLAS

María
Correas
Quijano