



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN INGENIERÍA ALIMENTARIA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcazar de San Juan (Ciudad Real)

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: Tomás Martín-Caro Tomás

Tutor/a: Fernando Calderón Fernández

Enero de 2025

DOCUMENTO N°1
MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	3
1.1	Localización.....	3
1.2	Dimensión del proyecto.....	3
2	MOTIVACIÓN DEL PROYECTO	4
2.1	Finalidad.....	4
3	ANÁLISIS DEL SECTOR.....	4
3.1	Industria alimentaria española.....	4
3.2	Gasto y consumo de los hogares.....	4
3.3	Mercado de la nutrición deportiva.....	5
3.4	Mercado de los productos funcionales	5
4	LEGISLACIÓN	6
5	INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	6
5.1	Diagrama de flujo y balance de materia	8
5.1.1	Diagrama de flujo.....	8
5.1.2	Balance de materia.....	9
5.2	Maquinaria.....	9
6	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	11
6.1	Fundamentos de una correcta distribución	11
6.2	Identificación de procesos	11
6.3	Análisis relacional de actividades.....	11
6.4	Cálculo de las necesidades de espacio.....	13
6.5	Diseño inicial y plano en planta	15
6.6	Diseño final.....	15
7	INSTALACIÓN DE VAPOR	16
7.1	Intercambiadores de calor.....	16
7.2	Evaporador de efecto múltiple.....	16
7.3	Diseño de la instalación de vapor	18
7.4	Equipos y maquinaria de la instalación de vapor	19
8	ANÁLISIS FINANCIERO	20
9	PRESUPUESTO	21

1 OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real).

1.1 Localización

La parcela donde se situará la industria se ubica en la calle Merlot 8(D), número 14, en el polígono industrial Alces, en el municipio de Alcázar de San Juan, en Ciudad Real CP 13600.

Ilustración 1: Localización de la parcela



Fuente: Sede electrónica del Catastro

La parcela cuenta con una superficie total de 2000 m², teniendo 25 metros de ancho y 80 metros de largo, de los cuales la nave ocupa 475,54 m², siendo el máximo ancho 17 metros y de largo 33,4 metros. Esta edificación cuenta con acometida de agua para uso industrial, electricidad con conexión trifásica, acceso a internet de alta velocidad y red de alcantarillado para aguas residuales.

1.2 Dimensión del proyecto

La principal actividad de la industria es ser capaz de procesar hasta 50.000 l/día de lactosuero para transformarlo en envases de 1 kg de proteína en polvo soluble. Por lo que cada día se espera producir 624 bolsas de 1 kg.

2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

España con un valor superior a los 126.354,1 millones de euros es, dentro de la UE, el cuarto país con mayor cifra de negocios después de Francia, Alemania e Italia.

En España, al igual que en la UE, es también la primera rama manufacturera del sector industrial alcanzando el 2,5% del PIB, y ocupando al 22,5% de los trabajadores.

El promotor apuesta por este producto debido al crecimiento y a la alta demanda de los últimos años de estos productos y la polivalencia en su uso. El objetivo es asentarse como un producto de referencia en el mercado por su alta calidad y su precio asequible.

2.1 Finalidad

La finalidad del presente proyecto será:

- Diseñar y dimensionar una línea de procesado de lactosuero
- Realizar una distribución en planta eficiente y adecuada
- Analizar el sector
- Realizar una evaluación financiera del proyecto
- Calcular, diseñar y dimensionar la instalación de calor

3 ANÁLISIS DEL SECTOR

3.1 Industria alimentaria española

La industria alimentaria es la principal actividad manufacturera en la UE con un valor superior a 1.093.000 millones de euros. España es el cuarto mayor productor dentro de la UE detrás de Francia, Alemania e Italia.

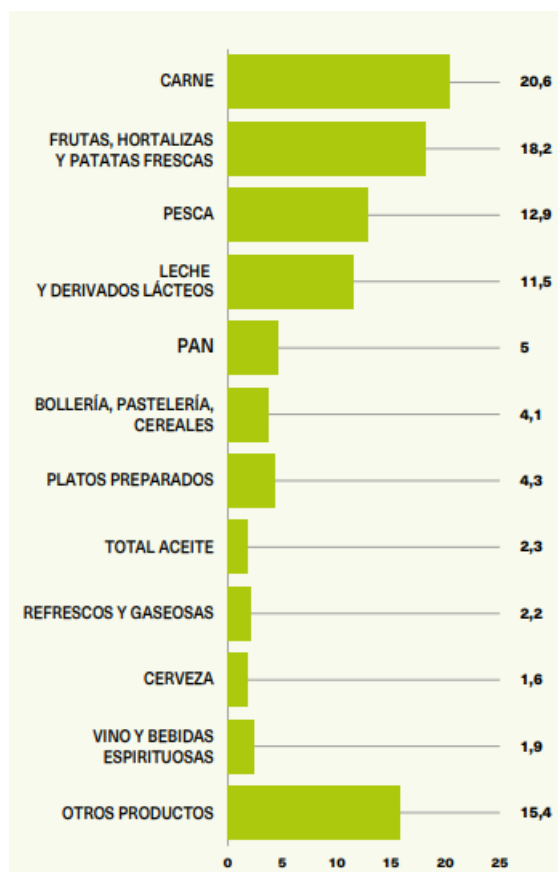
En España, la industria alimentaria representa el 2,5% del PIB, con una cifra de negocios que alcanza los 126.354,1 millones de euros. Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) representa el 96,5% del total de empresas nacionales, y todo el sector llega a ocupar al 22,5% de los trabajadores.

3.2 Gasto y consumo de los hogares

El gasto total en alimentación y bebidas en España alcanzó los 102.552 millones de euros en 2021, lo que supone 2.425,27 euros por persona. El 72,7% de este gasto, ósea, 1610,30 euros corresponden al consumo en el hogar. Los productos más demandados son los

productos frescos como la carne, patatas, frutas, hortalizas y pescado. Los supermercados dominan la distribución de estos alimentos con un 62,9% de cuota de mercado, mientras que el pequeño comercio va perdiendo cuota.

Tabla 1: Distribución del gasto en alimentación



Fuente: MERCASA

3.3 Mercado de la nutrición deportiva

La nutrición deportiva ha experimentado un notable auge debido al cada vez más interés que sienten las personas por la salud y el deporte. Se prevé que este mercado alcance los 33 mil millones de euros para 2028, con un crecimiento anual del 9,3%. En España, el 42% de la población realiza ejercicio regularmente, lo que resalta el potencial de este sector. Los alimentos proteicos son los más populares con un 68,2% de las ventas, siendo las barras proteínicas el producto más vendido con un 71% de la cuota de mercado. Las marcas líderes en este sector son las marcas blancas.

3.4 Mercado de los productos funcionales

Los productos funcionales, aquellos que contribuyen a la salud y al bienestar, tienen un mercado estimado de 1.100 millones de euros anuales en España. Y aunque hay ciertos sectores que la tendencia parece haber llegado a su tope como los yogures funcionales, hay otros que se estima que el crecimiento siga siendo importante como las leches y las galletas.

Las grandes empresas, debido a su capacidad de inversión en I+D+i son las principales impulsoras del mercado. Y dentro de la distribución, dependiendo de si el alimento es un producto consolidado como la leche dominarán las marcas de distribución (MDD), o si es un producto especializado y más específico que dominan las marcas de fabricante.

4 LEGISLACIÓN

La normativa vigente que marca la descripción, la composición, los aditivos, los contaminantes, la higiene y el etiquetado es el **CODEX Alimentarius** y las normas derivadas de este, tanto para el suero en polvo, como para la lactosa.

Según la normal del CODEX para sueros en polvo (CXS 289-1995) los polvos de suero son productos lácteos obtenidos por medio del secado del suero o del suero ácido. Siendo el suero el producto líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares.

En cuanto a la parcela, se aplicará el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Alcázar de San Juan, vigente desde el 26 de enero de 2021, y las condiciones del pliego de ofertas para la compra y el derecho de superficie de parcelas industriales en el Polígono Alces.

Y, por último, respecto a la seguridad industrial, se seguirán diversas normativas como el Reglamento de instalaciones Térmicas (RITE), la Directiva de compatibilidad electromagnética Directiva 2014/30/UE, el reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas RD 809/2021, de 21 de septiembre, y otras que asegurarán el correcto funcionamiento y la máxima seguridad.

5 INGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Nuestra industria a través de mecanismos físicos separará la fracción de proteína soluble del lactosuero a través de un serie de etapas:

1. Recepción del lactosuero:

El lactosuero se transporta en camiones cisterna refrigerados y con desaireadores incorporados, que mantienen un control de la temperatura constante, alrededor de los 4°C, para evitar crecimiento bacteriano y mantener la máxima calidad del suero.

a. Control higiénico:

Antes de descargar el suero, se recoge una muestra representativa para analizarla microbiológicamente y asegurar que no ha habido contaminación ni adulteración. Si la muestra es apta, se realiza la descarga bajo unas condiciones higiénicas.

b. Medición del volumen:

El volumen se mide haciendo circular el lactosuero por un caudalímetro electromagnético, ideal para medir líquidos polares.

c. Almacenamiento del lactosuero:

Tras la recepción, el lactosuero se enfría a través de intercambiadores de calor hasta los 5°C para frenar el crecimiento bacteriano para luego almacenarlo en silos cerrados herméticamente

2. Recuperación de finos de caseína y separación de la grasa:

Para separar las partículas de caseína y la grasa del lactosuero se utilizan ciclones y separadores centrífugos. La caseína recuperada puede utilizarse para la producción de queso y la grasa separada se puede reutilizar para ajustar el contenido de grasa en la leche de los productos lácteos.

a. Enfriamiento y pasteurización:

Tras la recuperación de finos y caseínas, se enfría para su almacenamiento a corto plazo, y si se prevé un almacenamiento a largo plazo, se pasteuriza para eliminar microorganismos y garantizar la seguridad alimentaria.

3. Fraccionamiento de sólidos totales y recuperación de proteínas:

a. Ultrafiltración:

La recuperación de proteínas se lleva a cabo mediante técnicas de ultrafiltración y diafiltración, que permiten concentrar las proteínas del suero de leche desde un 35% hasta un 85% de proteína, a través de dirigir el suero por una serie de membranas que retienen las moléculas de mayor tamaño y así reteniendo la proteína.

b. Evaporación:

Tras la ultrafiltración, debemos evaporar el concentrado para disminuir el concentrado en agua.

c. Secado:

Esta operación finaliza el proceso de producción de lactosuero dejando la proteína en polvo con un 4% de humedad.

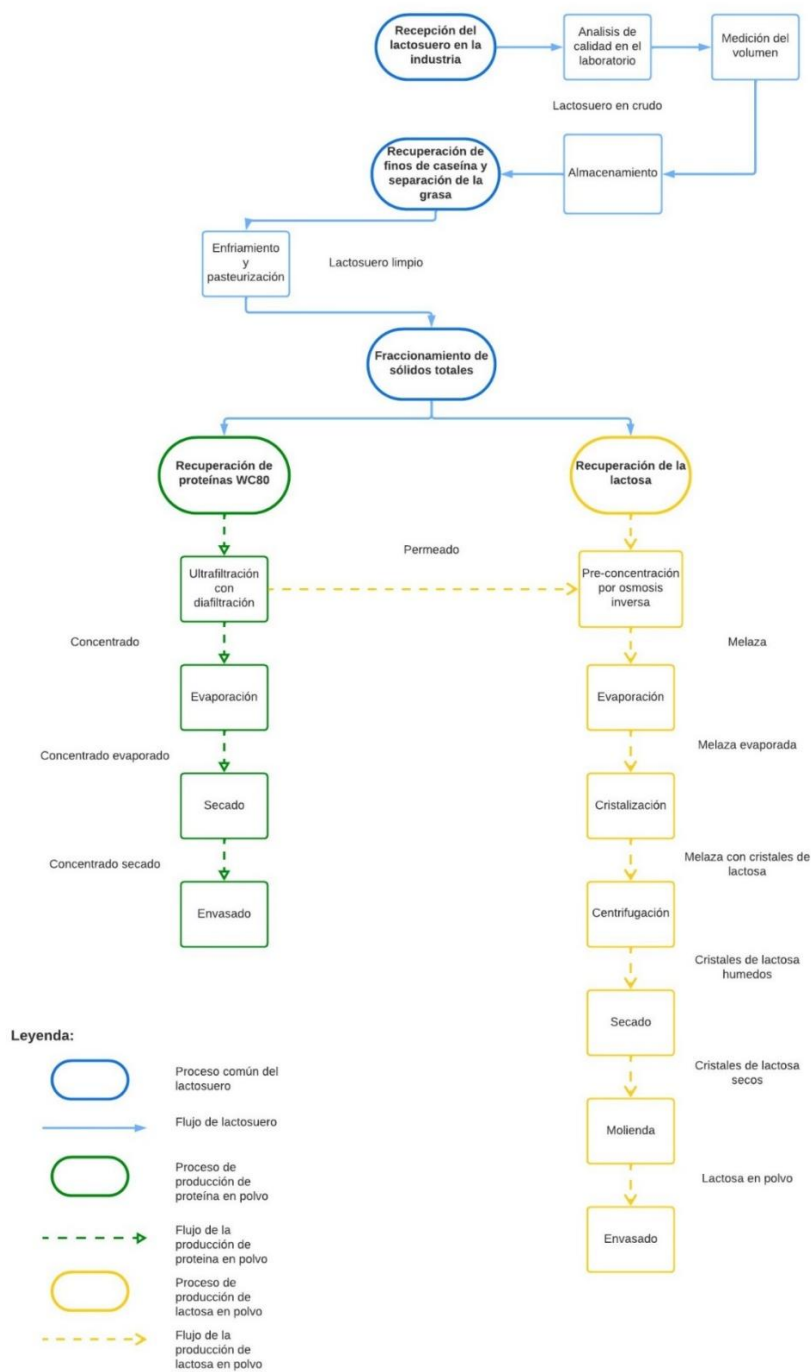
d. Envasado:

Nuestro producto será envasado en envases tipo bolsa Doy-Pack de 1 kg.

5.1 Diagrama de flujo y balance de materia

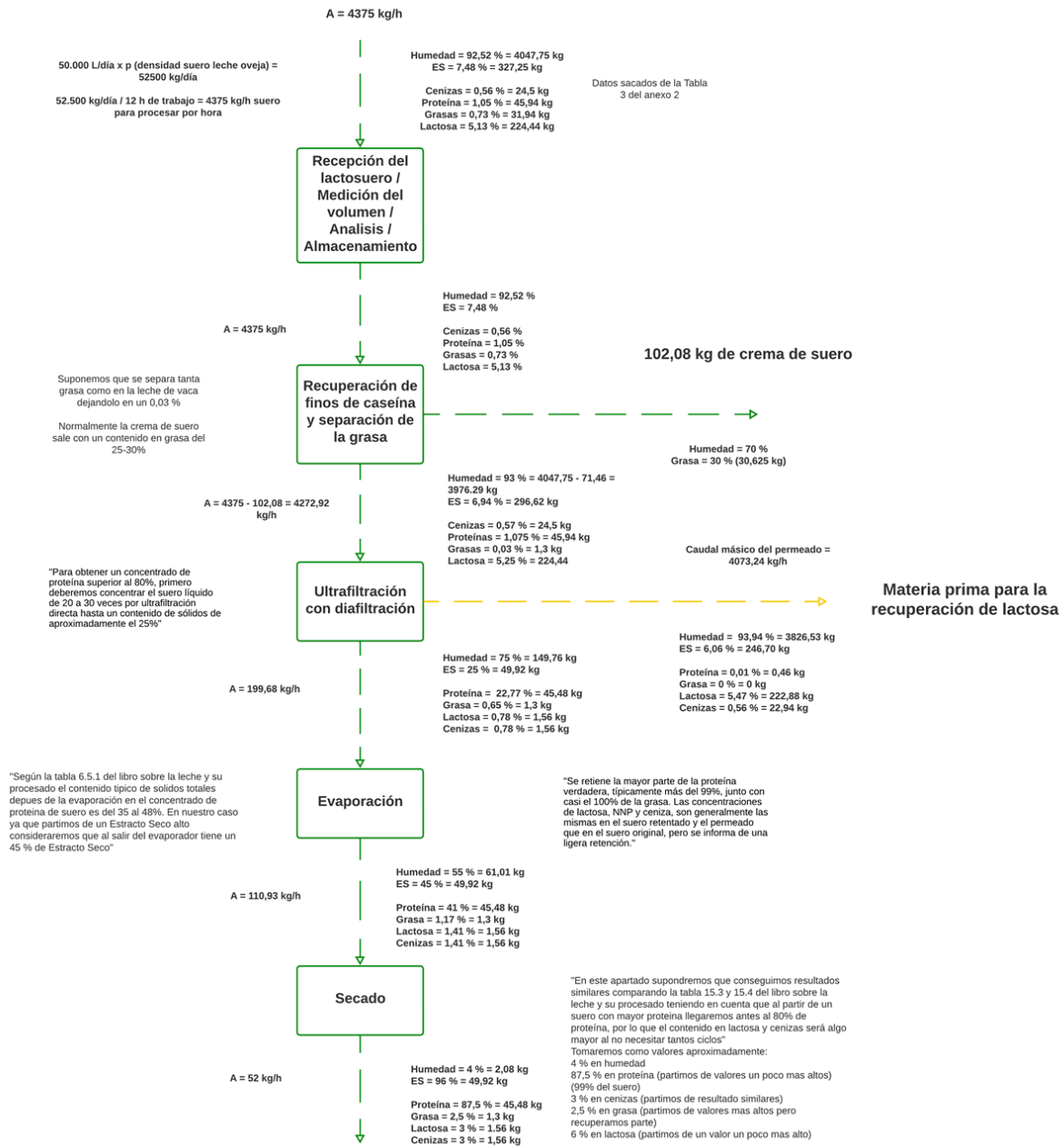
5.1.1 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo representa gráficamente de manera secuencial las etapas del proceso de producción, desde la recepción del suero hasta la obtención del producto final.



5.1.2 Balance de materia

El balance de materia muestra las entradas y salidas de materiales a lo largo del proceso, permitiendo estimar las cantidades necesarias y producidas en cada etapa. Estos balances ayudan a optimizar el uso de recursos y garantizar la eficiencia del proceso.



5.2 Maquinaria

La producción de lactosuero en polvo se realizará a través de una única línea de producción en la que se verá implicada toda la maquinaria.

Tabla 2: Tabla resumen características de la maquinaria

Maquinaria	Capacidad	Dimensiones (mm) Largo x ancho, Alto	Potencia
Analizador de suero lácteo	-	-	36 – 42 W
Caudalímetro electromagnético	900 L/min	-	-
Tanques silo			
Tanques recepción de materia prima (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Tanques de almacenamiento (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Tanques de almacenamiento de permeado del suero (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Depósito finos de caseína	100 L	-	-
Tanque para crema de suero	2000 L	-	4 kW
Decantadores centrífugos			
Decantador centrífugo para la limpieza del suero	Hasta 5000 L	1500x1830, 1850	11 kW
Decantador centrífugo para la separación de la crema	Hasta 5000 L	1500x1830, 1940	11 kW
Intercambiador de placas	-	2100x260, 1214	-
Unidad de ultrafiltración	Hasta 6000 kg/h de suero dulce	1310x4950, 2550	Electricidad 2,5 kW Enfriamiento 1,8 kW Sistema CIP 0,7 kW
Evaporador de múltiple efecto	Hasta 1 tonelada/h	15000x7000, 5500	655 kW
Secador por aspersión	Hasta 0,5 toneladas/h	3000x3000, 6000	540 kW
Envasador	Hasta 20 – 35 envases/min	2000x1200, 2300	4.33 kW

6 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para una correcta distribución en planta buscamos agrupar los procesos productivos en áreas específicas de trabajo y distribuir las zonas de manera eficiente según el flujo de lactosuero y las necesidades de maquinaria. Para ello utilizaremos el método S.L.P. (Systematic Layout Planning) que se basa en analizar la relación entre departamentos basándose en el grado de cercanía entre ellos.

6.1 Fundamentos de una correcta distribución

Para una correcta distribución en planta seguiremos los siguientes principios:

- **Eficiencia del espacio:** La planta debe tener suficiente espacio para los procesos productivos, minimizando el movimiento de personas, materia prima y maquinaria.
- **Seguridad y ampliación:** Se debe garantizar la seguridad laboral y la posibilidad de ampliación futura.

La distribución de nuestra fábrica será por producto, siendo el lactosuero el que se desplaza a través de las distintas áreas para ser transformado, adaptándose el personal y la maquinaria a este flujo.

Consiguiendo diversas ventajas como minimizar el transporte, reducir el espacio, aumentar la velocidad de producción y simplificar la supervisión.

6.2 Identificación de procesos

Identificamos 9 áreas de trabajo esenciales para la producción:

1. **Recepción de materia prima**
2. **Control de calidad**
3. **Proceso**
4. **Almacén**
5. **Sala de calderas**
6. **Sala de limpieza**
7. **Oficinas**
8. **Aseos**
9. **Gestión de residuos**

6.3 Análisis relacional de actividades

Realizamos una tabla relacional que relaciona la proximidad e importancia de cada área respecto con las demás, utilizando códigos de prioridad para mejorar la organización del

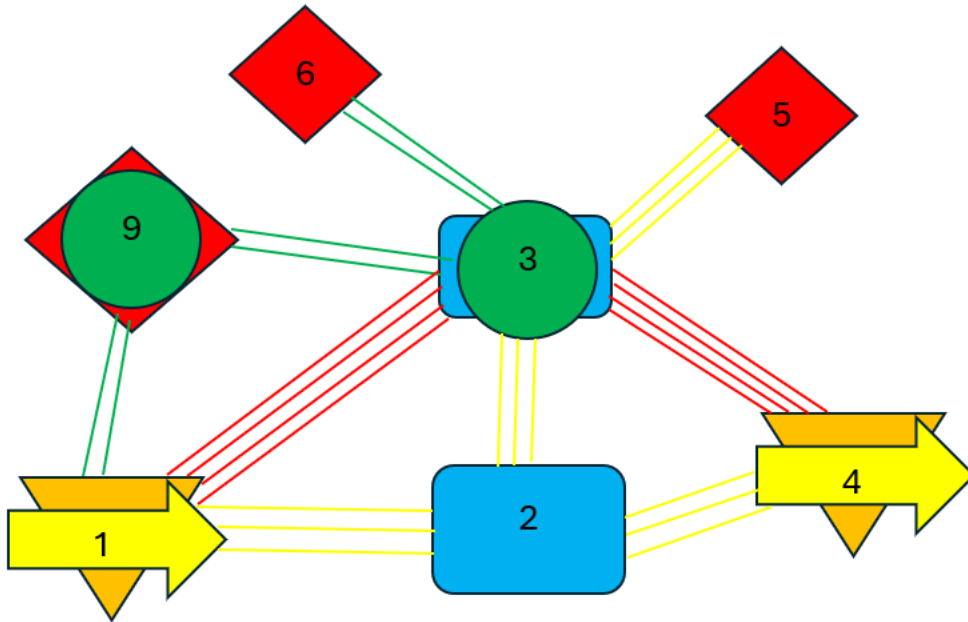
flujo de materiales y el uso de recursos. Las relaciones se determinaron considerando factores como personal, maquinaria, riesgos y flujo de material.

Tabla 3: Tabla relacional

Recepción de la materia prima	E								
Control de calidad		A							
Proceso	E		U						
Almacén		E		U					
Sala de limpieza	U		I		O		O		
Sala de calderas		U		O	X				
Oficinas	X		U		U				
Aseos		O		U					
Gestión de residuos	X		X						

Tras realizar la tabla, realizamos el diagrama relacional y simplificamos las relaciones que no aportan información:

Ilustración 2: Diagrama relacional simplificado



6.4 Cálculo de las necesidades de espacio

Se calculó la superficie necesaria para cada área de trabajo, teniendo en cuenta el tamaño de la maquinaria y los equipos necesarios. A esta superficie le aplicamos un coeficiente aumentador de 2 para garantizar un margen adecuado.

Tabla 4: Superficie de las áreas de trabajo

MAQUINARIA	DIMENSIONES (MM)	SUPERFICIE NECESARIA (M ²) Aplicado coeficiente
Recepción, limpieza y almacenamiento de la materia prima		
Tanques silo recepción lactosuero (2)	(3000x3000x6000) x2	36,00
Decantador centrífugo para limpieza del suero	1500x1830, 1850	5,49
Decantador centrífugo para la separación de la crema	1500x1830, 1940	5,49
Depósito de finos de caseína	1000x1000x1000	2,00

Tanque para crema de suero	1500x1500x2000	4,5
Intercambiador de placas	2100x260, 1214	1,09
Tanques silo almacenamiento de suero limpio (2)	(3000x3000x6000) x2	36,00
TOTAL, RECEPCIÓN Y LIMPIEZA	90,57	
Procesado del lactosuero		
Unidad de ultrafiltración	1310x4950, 2550	12,97
Evaporador de múltiple efecto	15000x7000, 5500	210
Secador por aspersión	3000x3000, 6000	18
Envasador	2000x1200, 2300	4,8
TOTAL, PROCESO	245,77	
Almacén		
Estanterías industriales (2)	6000x800x2930	19,2
TOTAL, ALMACÉN	19,2	
Sala de calderas		
Caldera	4000x5000	20
TOTAL, SALA DE CALDERA	40	
Oficinas		
Mobiliario vario	4000x5000	20
TOTAL, OFICINAS	20	
Laboratorio		
Mobiliario específico de laboratorio	4000x5000	20
TOTAL, LABORATORIO	20	
Sala de limpieza		
Utensilios y maquinaria de limpieza	2500x4000	10
TOTAL, SALA DE LIMPIEZA	10	
Aseos		
	2500x4000	10
TOTAL, ASEOS	10	
Gestión de residuos		
Maquinaria y productos para la gestión de residuos	4000x5000	20
TOTAL, GESTIÓN DE RESIDUOS	20	

Superficie total de la planta: **475,54 m²**

6.5 Diseño inicial y plano en planta

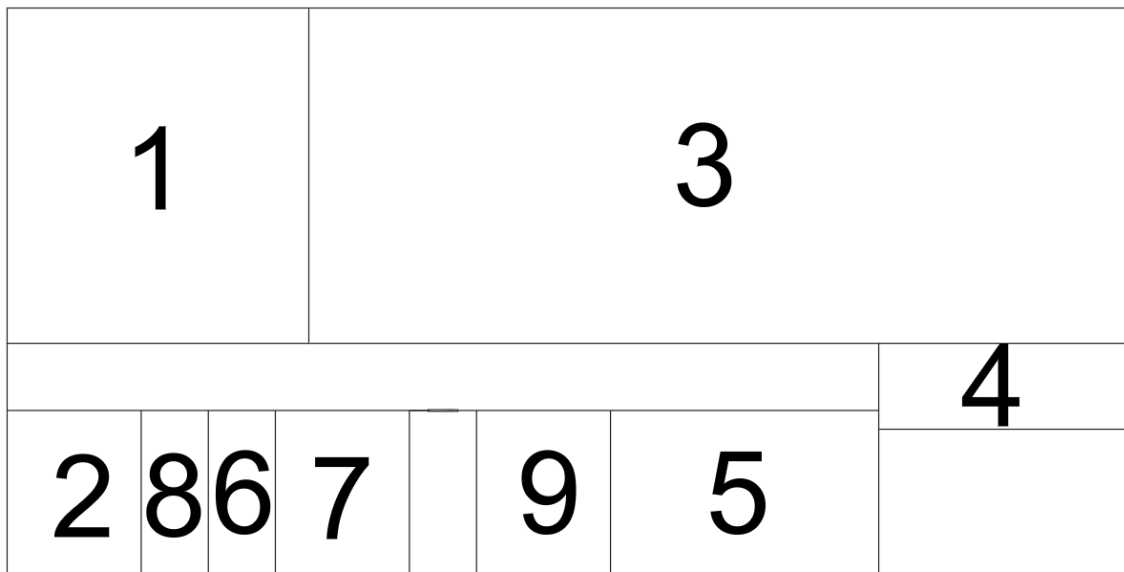
Se elaboran varios bocetos iniciales partiendo de diferentes premisas, pero teniendo en cuenta los siguientes factores clave:

- La zona de recepción de productos debe estar protegida contra condiciones ambientales adversas. El tamaño de la zona de recepción debe ser adecuado y permitir a su vez la limpieza si se requiere.
- En la zona de procesamiento se evitarán cruces entre las materias primas, productos y/o subproductos.
- La zona de expedición del producto tendrá el tamaño suficiente y se adecuará a la capacidad de la empresa. Debe estar cerca del almacén de productos terminados.
- Las zonas de mantenimiento de maquinaria deben estar en zonas anexas y no deben comunicar con la zona de producción.
- La sala de limpieza estará apartada del resto de zonas evitando entrar en contacto con los productos alimentarios.

6.6 Diseño final

El diseño final presenta una planta rectangular con un pasillo central que conecta todas las áreas productivas, y un pasillo de entrada independiente para el personal. La industria se ha organizado de tal manera que se evite el retroceso y se asegura que los flujos de materia prima y producto terminado no se crucen.

Ilustración 3: Diseño en planta



7 INSTALACIÓN DE VAPOR

En nuestra industria, son etapas fundamentales tanto el calentamiento de la materia como la evaporación del agua dentro del proceso productivo. Utilizamos vapor de agua saturado como fluido caloportador tanto para el calentamiento como para la evaporación.

A continuación, describiremos de manera concisa lo desarrollado en el Anexo 4, encontrándose en este los cálculos y la información más desarrollada.

7.1 Intercambiadores de calor

En el proceso de elaboración de proteína del lactosuero en polvo, necesitamos calentar el lactosuero para eliminar la actividad microbiológica y garantizar la seguridad de producto. Para ello, utilizamos vapor saturado, el cual nos ofrece varias ventajas como un calentamiento equilibrado, un control preciso de la temperatura, es barato y seguro, y posee un elevado coeficiente de transferencia de calor.

Para la industria de estudio, se empleará un intercambiador de calor por placas, que se encargará del calentamiento del lactosuero tras su limpieza.

Tabla 5: Resumen características intercambiador de calor por placas

Tabla de resultados	
Q (kJ/h)	1207850,00
Q (kW)	335,50
mv (kg/h)	548,37
(ΔT) mL	77,06
A (m²)	2,90

Para una correcta pasteurización, se debe mantener a 72°C durante 15 segundos. Este proceso se lleva a cabo en lo que se denomina sección de mantenimiento, que consiste en una tubería en zigzag o espiral, donde el lactosuero circula a la temperatura deseada por el tiempo necesario.

Para nuestra intercambiador de placas la longitud de mantenimiento son **10,44 metros**.

7.2 Evaporador de efecto múltiple

Para la concentración del retentado del lactosuero, se ha seleccionado un evaporador de película descendente de Tetra Pak, que procesará 199,68 kg/h de retentado con un 25% de extracto seco, hasta alcanzar el 45% de extracto seco. La evaporación se realizará a lo

largo de varias etapas o efectos, donde se reducirá progresivamente la humedad hasta que esté listo para entrar al secador.

Empezamos con el cálculo de la potencia térmica necesaria y con la cantidad de vapor que necesitamos en el primer efecto, para con ello empezar el cálculo del área de calefacción y la cantidad de tubos necesarios. Con esto, sabiendo que tanto el área como el número de tubos se mantendrá constantes podemos continuar y calcular los datos en el segundo y tercer efecto.

Ilustración 4: Esquema del evaporador de efecto múltiple

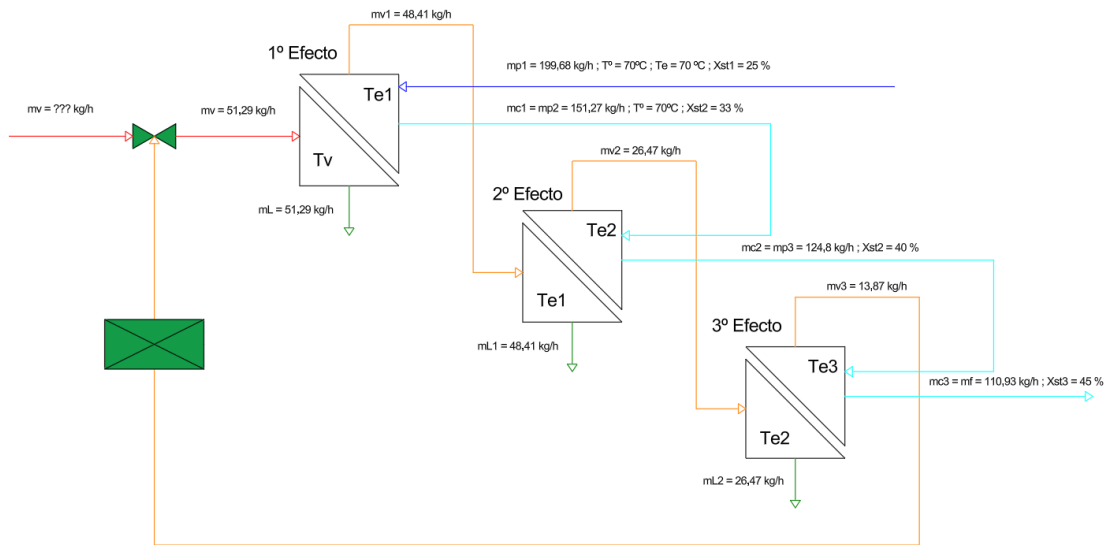


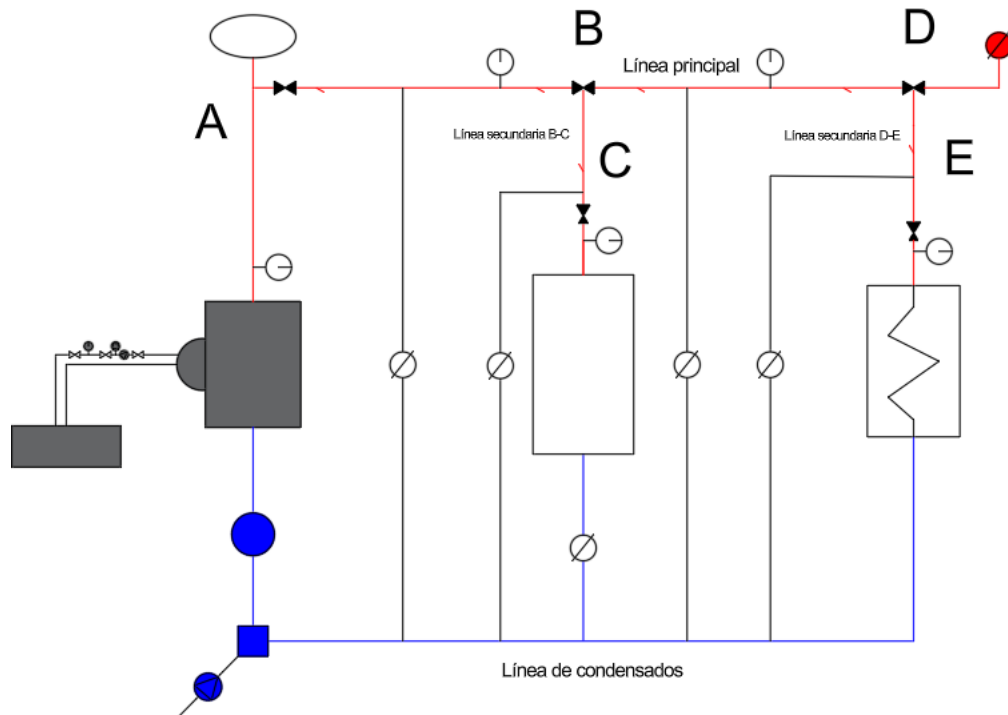
Tabla 6: Resumen características de cada efecto en el evaporador

Tabla resumen de los efectos del evaporador									
Datos comunes		Entrada		Efecto 1		Efecto 2		Efecto 3	
A (m ²)	0,314	mc (kg/h)	199,58	mc1 = mp2 (kg/h)	151,27	mc2 = mp3	124,8	mc3 = mf	110,93
Nº de tubos	4	mv (kg/h)	51,29	mv1 (kg/h)	48,41	mv2 (kg/h)	26,47	mv3 (kg/h)	13,87
Q (kJ/h)	112979,26								
Q (kW)	31,38								

7.3 Diseño de la instalación de vapor

En la Ilustración 5 queda representado el esquema de la instalación de vapor desde los diferentes equipos que requieren vapor saturado hasta la caldera.

Ilustración 5: Esquema de la instalación de vapor



Para el dimensionamiento y diseño de la instalación de vapor se han seguido los pasos que mencionamos en el Anexo 4. Los resultados obtenidos tanto de la instalación de producción como la de distribución quedan reflejados en la Tabla 7 teniendo en cuenta tanto la puesta en marcha como la situación de régimen.

Tabla 7: Resumen de la instalación de producción y distribución de calor

Resumen de las características de la instalación de producción y distribución de calor		
	Puesta en marcha (p.m.)	Régimen (r)
Potencia útil (kJ/h)	2087168	1792944
Potencia nominal (kJ/h)	2319075,56	1992160
Consumo horario (kg/h) (L/h)	55,48	47,66
	46,05	39,56
Tipo de Generador	Pirotubular	
Tipo de Quemador	Pulverizador	
Tipo de sistema de alimentación	Con anillo de circulación	
Tanque de almacenamiento	1 tanque de almacenamiento líquido de 12.000 L	

7.4 Equipos y maquinaria de la instalación de vapor

La instalación de generación y distribución de calor se compone de varios equipos clave.

En nuestro caso hemos seleccionado: la caldera de vapor Universal U-MB, con capacidad de 200 a 2,000 kg/h que utiliza vapor saturado a baja presión y funciona con gasoil o gas, garantizando una eficiente transferencia de calor; el módulo de recuperación de condensados CSM de Bosch que optimiza la eficiencia del sistema al devolver los condensados al circuito de vapor; el distribuidor de vapor SD también de Bosch, y por último, el tanque de almacenamiento de combustible de 12,000 litros, fabricado por Gespasa.

Ilustración 6: Caldera de vapor universal U-MB



Fuente: Bosch-industrial

8 ANÁLISIS FINANCIERO

El proyecto de estudio se estima para una vida útil de 30 años, el cuál coincide con la vida útil de las instalaciones, durante el cual será necesario renovar la maquinaria industrial al menos en una ocasión. La renovación de toda la maquinaria, y los cobros y pagos están expuestos con mayor detalle en el “Anexo 5: Análisis financiero”.

En cuanto a los cobros y pagos, habrá tanto ordinarios como extraordinarios, dependiendo de si son recurrentes o puntuales. Los pagos estarán relacionados con las materias primas, el personal, el gasóleo, la electricidad, etc. Mientras que los cobros están relacionados con la venta de nuestro producto, ósea, la proteína de suero de leche. Los pagos extraordinarios se deberán a la renovación de la maquinaria, y los cobros extraordinarios con el aprovechamiento del valor residual de nuestra maquinaria obsoleta.

En el anexo mencionado anteriormente, hemos obtenido una serie de indicadores de rentabilidad de los proyectos como son los flujos de caja, el VAN, el TIR y el Pay-back o plazo de recuperación. Además, hemos realizado un análisis de sensibilidad de la rentabilidad del proyecto en caso de que nos varíen dos parámetros, el precio de la materia prima y el precio de venta del producto.

Tabla 8: Resumen rentabilidad del proyecto

RENTABILIDAD SEGÚN SITUACIÓN DEL MERCADO			
	Normal	Aumento del precio del lactosuero (+10%)	Disminución del precio del producto final (-10%)
VAN (€)	6.753.676,34	1.762.869,76	821.746,23
TIR (%)	114	35	19
PAY-BACK descontado (años)	1	3	5

Los resultados de los análisis muestran que el proyecto puede ser rentable, ya que los diferentes indicadores resultan muy positivos incluso bajo situaciones desfavorables.

Esto es debido en gran parte a que con una inversión baja somos capaces de transformar gran cantidad de materia prima y obtener grandes beneficios aun con un margen de beneficio no muy elevado.

El análisis de sensibilidad revela, que somos sensibles a los cambios en el mercado, ya que los índices disminuyen significativamente cuando se presentan cambios desfavorables. En particular, nos perjudica más la caída del precio de venta que el aumento del precio de la materia prima. Esto se debe a que la materia prima representa

una parte de los pagos ordinarios, mientras que las bolsas de proteína constituyen la totalidad de los ingresos ordinarios.

9 PRESUPUESTO

El presupuesto realizado en el presente Proyecto se encuentra explicado en el “Documento nº4: Presupuesto” en el que se representa y explica con detalle cada uno de los elementos que lo componen, así como la estructura de este.

En este presupuesto no se ha tenido en cuenta ni el precio de adquisición de la nave, ni el terreno, ni las instalaciones de luz, saneamiento e internet; ya que dichas instalaciones las poseía previamente el promotor del proyecto.

En el cálculo del presupuesto de ejecución material (PEM) hemos tenido en cuenta los presupuestos relativos a la compra, instalación y puesta en marcha de la maquinaria, instalación de vapor, mobiliario y material vario; y la instalación de gas y de protección contra incendios:

- Presupuesto maquinaria: 218.839,76 €
- Presupuesto mobiliario y material: 29.000 €
- Presupuesto instalación de vapor: 54.397,5 €
- Presupuesto otras instalaciones: 7.000 €

Por tanto, el Presupuesto total ascendería a la suma de 309.237,26 € sin IVA. Al agregarle el IVA obtendremos el Presupuesto de Ejecución por administración (PEA) alcanzando los 374177,08 €. Por tanto, el presupuesto total del proyecto es TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL CIENTO SETENTA Y SIETE CON OCHO CENTIMOS.

Madrid, Enero de 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'TOMÁS', is written over a diagonal line that extends from the bottom left towards the top right.

Firmado: Tomás Martín-Caro Tomás

ANEXOS A LA MEMORIA

ÍNDICE ANEXOS A LA MEMORIA

- Anejo N°1: Estudio sectorial
- Anejo N°2: Ingeniería del proceso
- Anejo N°3: Ingeniería del diseño: Distribución en planta
- Anejo N°4: Instalaciones: Instalación de vapor e instalación de evaporación
- Anejo N°5: Análisis financiero

Anejo N°1

Estudio sectorial

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO	3
1.1. Identificación del promotor y objetivo	3
2. SITUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	3
2.1. Localización de la nave	3
2.2. Características de la parcela	7
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR SOCIOECONÓMICO	8
3.1. Situación de la industria alimentaria española	8
3.2. Gasto y consumo de los hogares españoles	13
3.3. Situación del mercado de la nutrición deportiva	15
3.4. Situación del mercado de los productos funcionales	17
4. LEGISLACIÓN	19
4.1. Suero lácteo	19
4.1.1. Descripción.....	19
4.1.2. Composición.....	20
4.1.3. Aditivos	20
4.1.4. Contaminantes	22
4.1.5. Higiene.....	22
4.1.6. Etiquetado.....	22
5. CONCLUSIÓN	24
6. BIBLIOGRAFÍA	25

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

1.1. Identificación del promotor y objetivo

El objetivo del presente proyecto es la elaboración, el dimensionamiento y el cálculo de las necesidades térmicas, el proceso productivo y la maquinaria necesaria para una línea de transformación de lactosuero ovino en concentrado de proteína soluble para nutrición deportiva. La cual debe ser capaz de procesar 50.000 L/día de lactosuero ovino.

La fábrica se situará en la provincia de Ciudad Real, en el municipio de Alcázar de San Juan. Dicha industria tiene el objetivo de producir suero de leche en polvo con una alta solubilidad, permitiendo un fácil y rápido consumo del mismo, para suplementación deportiva y/o enriquecimiento de productos alimentarios.

El promotor se decide por la fabricación de este tipo de productos debido a la alta demanda de los últimos años de estos productos, la polivalencia en su utilización y la falta de grandes productores nacionales, buscando fabricar un producto de altísima calidad con el precio más competitivo posible. El objetivo es conseguir asentarse como un producto de referencia tanto en supermercados y grandes plataformas comerciales, como en el comercio online, para en un futuro, ampliar el mercado al ámbito internacional.

2. SITUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

2.1. Localización de la nave

La industria se encontrará en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real), CP 13600, al Noreste de la provincia de Ciudad Real en el polígono industrial Alces, Calle Merlot 8(D), la planta de fabricación se localizará en la parcela número 14.

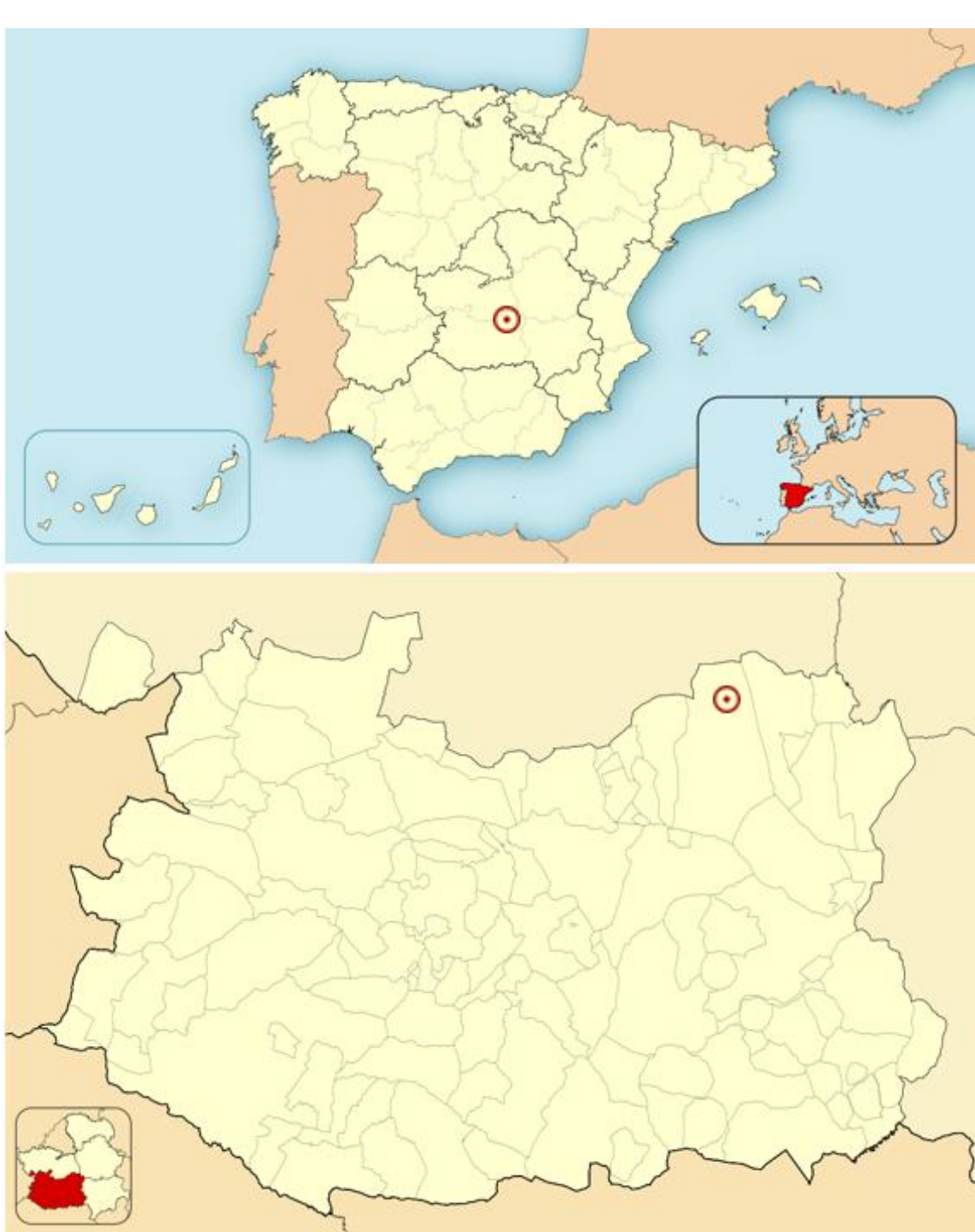
En la Ilustración 2 se muestra la localización del municipio a nivel nacional, comunitario y provincial. Además, en la Ilustración 1 se observa más detalladamente la localización de la finca a nivel municipal.

Ilustración 1: Localización de la finca en el polígono industrial Alces



Fuente: Google Earth Pro

Ilustración 2: Localización de Alcázar de San Juan



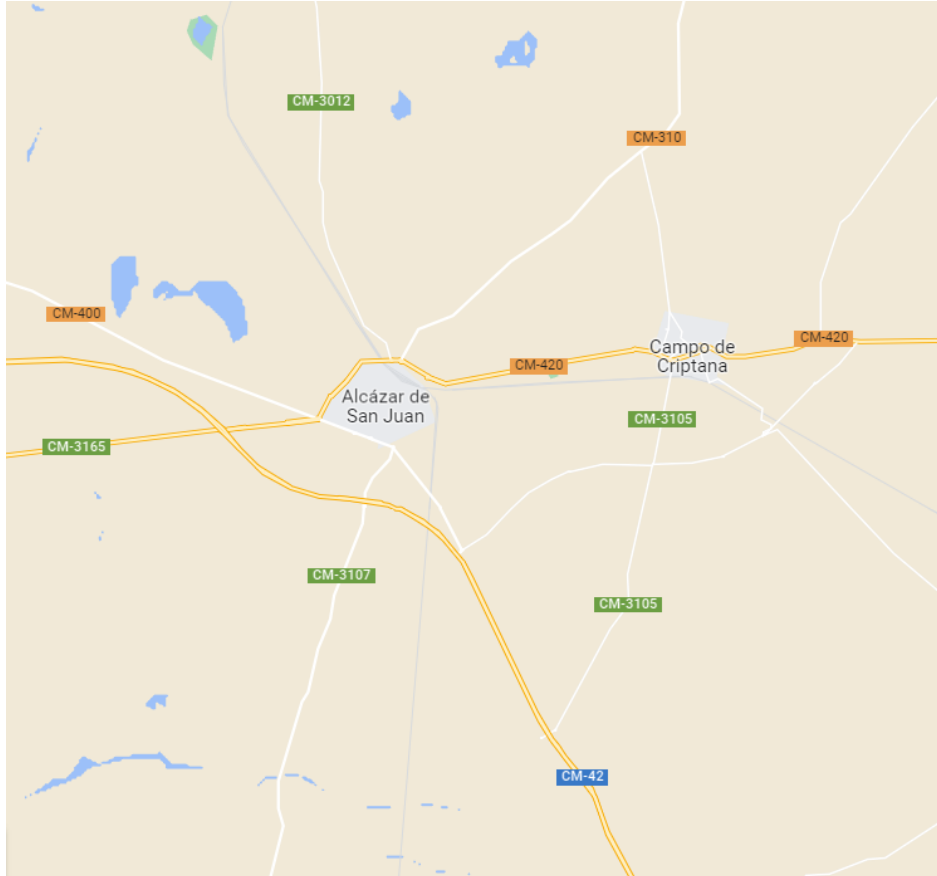
Fuente: Sede electrónica del Catastro

Alcázar de San Juan es un municipio, y a su vez, una ciudad española de la provincia de Ciudad Real, en la comunidad autónoma de Castilla – La Mancha. Pertenece a la subcomarca de Campo de San Juan y a la comarca de La Mancha. Según el INE 2022 alcanza una población de 30.516 habitantes. Se encuentra a 99 kilómetros de la capital provincial de Ciudad Real, con homónimo nombre, y a 122 km de la capital nacional, Madrid. El municipio es atravesado por múltiples carreteras, como podemos observar en la Ilustración 3 , que le permiten una amplia conexión con la red de carreteras españolas

como la Autovía de los Viñedos (CM-42), por la CM-420, la CM-400 que conecta con Madridejos, CM-310 que se dirige hace Miguel Esteban, la CM-3012 que conecta con Quero y CM-3107 dirección Manzanares.

La conexión con la capital, la realizaríamos a través de la Autovía de los viñedos (CM-42) hasta la incorporación con la A-4 hasta Madrid.

Ilustración 3: Mapa de carreteras de Alcázar de San Juan



Fuente: Google Maps

Alcázar de San Juan es un gran núcleo poblacional de la zona, además tiene (a menos de 50 km) grandes ciudades de provincia como Tomelloso (35.984 habitantes), Manzanares (17.845 habitantes) o Daimiel (17.771 habitantes). Esto tiene multitud de ventajas, como acceso a diversos servicios, mano de obra y potenciales puntos de proveedores, al igual que potenciales puntos de consumidores, en la misma región donde nos situamos.

En cuanto a los proveedores, nos encontramos en una zona estratégica debido a la cercanía con grandes productores de queso de oveja como la fábrica de Lactalis en Villarrobledo (Albacete) a 66 km, que abarca la fabricación de las marcas El Ventero y Gran Capitán, Artesanos Queseros Manchegos en Manzanares (Ciudad Real) a 49 km, y Quesos Sanabria en Villamayor de Santiago (Cuenca) a 50 km.

Además, como se nos muestra en la Ilustración 4 nos encontramos en el núcleo geográfico de la D.O.P. Queso Manchego, pudiendo abastecernos no solo de grandes productores, sino también de pequeñas y medianas queserías de la región.

Ilustración 4: Alcázar de San Juan y D.O.P. Queso Manchego



Fuente: Quesomanchecho.es

2.2. Características de la parcela

La planta de fabricación se situará en una parcela en la calle Merlot 8(D), en el polígono industrial Alces (número 14) con una superficie total de 2000 m². En la Ilustración 5 podemos observar la localización de la parcela respecto a las contiguas gracias a la Sede Electrónica del Catastro.

Esta parcela cuenta con acceso a acometidas de agua para uso industrial, de electricidad con conexión en trifásica y de comunicaciones de alta velocidad; además del sistema de alcantarillado para la evacuación de aguas residuales.

La parcela tiene forma rectangular, con unas dimensiones de 25 metros de lado menor y 80 metros de lado mayor, orientada en dirección Noroeste-Sureste por su lado mayor, y en contacto con la carretera por el lado corto en este último. Tiene dos parcelas parejas a ambos lados, de la misma forma y dimensiones.

Ilustración 5: Localización de la parcela



Fuente: Sede electrónica del Catastro

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR SOCIOECONÓMICO

3.1. Situación de la industria alimentaria española

Según el informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (*INFORME ANUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ESPAÑOLA PERIODO 2021-2022 MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA SUBDIRECCIÓN GENERAL DE COMPETITIVIDAD DE LA CADENA ALIMENTARIA*), en la Unión Europea, la industria alimentaria es la principal actividad de la industria manufacturera, con un valor superior a los 1.093.000 millones de euros de cifra de negocios, representando el 14,2% de la industria manufacturera, siendo inferior respecto al año 2020 al no contemplar los datos del Reino Unido, que ya no forma parte de la UE.

Cuenta con 289.000 empresas que dan empleo a cerca de 4,52 millones de personas, donde el 40,5% del total de cifra de negocios lo representan las pequeñas y medianas empresas, además del 58,4% de los puestos de trabajo que genera. El 95,4% de estas empresas son Pymes con menos de 50 empleados, y un 79,8% tienen menos de 10 trabajadores. En el cómputo total, 9 de cada 10 empresas son PYMES.

Dentro de la Unión, España es el cuarto país con mayor valor de cifra de negocios (10,9%), por detrás de Francia (19,5%), Alemania (16,9%) e Italia (13,3%).

En España, al igual que en la UE, la industria de alimentación y bebidas es la primera rama manufacturera del sector industrial, con 126.354,1 M€ de cifra de negocio según los datos de la Estadística Estructural de Empresas del INE, siendo el 25,4% del sector manufacturero, el 22,5% de los trabajadores y el 20,6% del valor añadido.

Representa el 2,5% del PIB de España en valor agregado bruto (VAB), ascendiendo a 25.236 M€.

El número de empresas españolas de la industria de alimentación y bebidas asciende a 30.260, representando el 15,7% de toda la industria manufacturera, siendo ligeramente mayor a la media europea. En este caso el 96,5% de ellas cuentan con menos de 50 empleados (29.214) y el 79,5% con menos de 10 empleados (24.061).

El número de ocupados en la industria de alimentación, bebidas y tabaco en España alcanza las 534.900 personas, equivalente al 21,4% de la industria manufacturera y al 2,6% del total de la economía. Se mantiene con una tasa de empleo femenino (40,1%) superior a la media del resto de la industria manufacturera (28,4%).

Como podemos observar en la Tabla 1, el sector industrial español tuvo una fuerte caída en todos los principales indicadores económicos de la industria, debido fundamentalmente a las medidas y las consecuencias tomadas a tenor del COVID-19. A diferencia del total de la industria, en el sector alimentario la variación fue mucho menor e incluso mejorando en ciertos indicadores como la contratación y el gasto de personal.

Tabla 1: Principales indicadores de la industria alimentaria

CIFRAS DE LOS PRINCIPALES INDICADORES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ⁶						
INDICADORES	AÑO 2019		AÑO 2020		VARIACIONES % 2020/2019	
	TOTAL INDUSTRIA	TOTAL INDUSTRIA ALIMENTARIA	TOTAL INDUSTRIA	TOTAL INDUSTRIA ALIMENTARIA	TOTAL INDUSTRIA	TOTAL INDUSTRIA ALIMENTARIA
Personal ocupado (nº)	2.064.593	456.086	2.044.599	459.868	-1,0	0,8
Valor de la producción (millones €)	525.373	124.425	466.024	119.947	-12,7	-3,7
Cifra de negocios (millones €)	560.855	130.796	497.126	126.354	-12,8	-3,5
Inversión en activos materiales (millones €)	21.713	4.971	20.049	4.963	-8,3	-0,2
Gastos de personal (millones €)	76.776	14.132	74.548	14.227	-3,0	0,7
Valor Añadido a coste de los factores (millones €)	125.439	24.131	114.371	23.585	-9,7	-2,3

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Si dividimos en subsectores el número de empresas, como se nos muestra en la Tabla 2 en 1ª posición se encuentra Panadería y pastas alimenticias con 11.676 (38,6%), seguido de Fabricación de bebidas (17,0%) e Industria cárnica (11,7%). El subsector de Productos lácteos se encuentra en 6º lugar con el 5,6% del total.

Tabla 2: Número de empresas de la industria Alimentaria por subsectores y estrato de asalariados

Subsectores	Menos de 10		De 10 a 49		De 50 a 199		De 200 a 249		250 y más		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Industria cárnica	2.395	10,0	927	18,0	153	20,1	15	26,3	64	27,9	3.554	11,7
Industria del pescado	315	1,3	208	4,0	68	8,9	3	5,3	16	7,0	610	2,0
Prep. y conservación frutas y hortalizas	957	4,0	353	6,9	105	13,8	6	10,5	31	13,5	1.452	4,8
Aceites y grasas	1.328	5,5	324	6,3	30	3,9	s	1,8	6	2,6	1.689	5,6
Productos lácteos	1.426	5,9	213	4,1	31	4,1	5	8,8	20	8,7	1.695	5,6
Molinería y almidones	292	1,2	81	1,6	8	1,1	s	5,3	5	2,2	389	1,3
Panadería y pastas alimenticias	10.053	41,8	1.496	29,0	103	13,6	s	7,0	20	8,7	11.676	38,6
Fabricación otros productos alimenticios	2.505	10,4	608	11,8	116	15,3	10	17,5	40	17,5	3.279	10,8
Productos de alimentación animal	477	2,0	231	4,5	49	6,4	s	5,3	s	1,7	764	2,5
Fabricación de bebidas	4.313	17,9	712	13,8	97	12,8	7	12,3	23	10,0	5.152	17,0
Total Industria Alimentaria	24.061	100	5.153	100	760	100	57	100	229	100	30.260	100

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

En cuanto al número de ocupados, los subsectores que más personal emplean fueron Industria cárnica (24,2%), seguido por Panadería y pastas alimenticias (21,0%), Fabricación de bebidas (13,1%) y Otros productos alimenticios (13,1%). Ocupando el subsector de Productos Lácteos nuevamente el 6º lugar de la lista.

Tabla 3: Número de personas ocupadas en la industria Alimentaria por subsectores

SUBSECTORES	AÑO 2019		AÑO 2020		Variaciones %
	Nº	%	Nº	%	2020/2019
Industria cárnica	110.413	24,2	114.120	24,8	3,2
Industria del pescado	23.781	5,2	24.325	5,3	2,2
Prep. y conservación frutas y hortalizas	40.176	8,8	42.368	9,2	5,2
Aceites y grasas	14.866	3,3	14.443	3,1	-2,9
Productos lácteos	29.426	6,5	28.933	6,3	-1,7
Molinería y almidones	6.797	1,5	6.749	1,5	-0,7
Panadería y pastas alimenticias	95.884	21	95.533	20,8	-0,4
Fabricación otros productos alimenticios	59.739	13,1	58.727	12,8	-1,7
Productos de alimentación animal	15.205	3,3	15.993	3,5	4,9
Fabricación de bebidas	59.799	13,1	58.678	12,8	-1,9
Total Industria Alimentaria	456.086	100	459.868	100	0,8

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

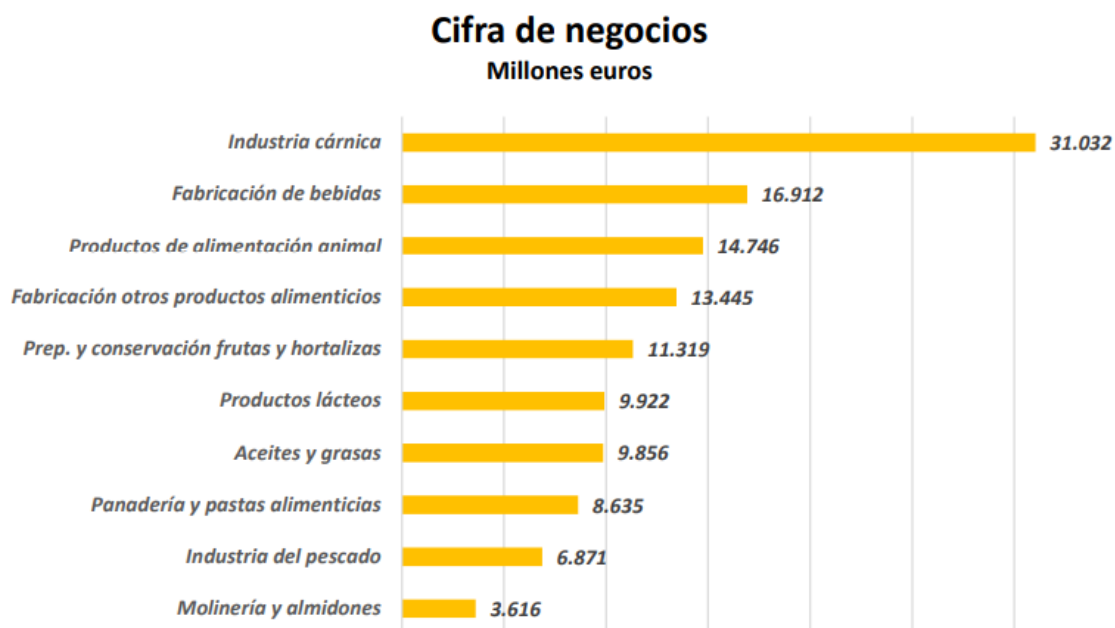
Según la Tabla 3 los subsectores más relevantes en cifra de negocios son: Industria cárnica 31.032 M€ (24,6%), Fabricación de bebidas 16.912 M€ (13,4%), Productos de alimentación animal 14.746 M€ (11,7%), Preparación y conservación de frutas y hortalizas 11.319 M€ (9,0%) y Productos lácteos 9.922 M€ (7,9%).

Tabla 4: Cifra de negocios, inversión en activos y valor añadido por subsectores

SUBSECTORES	Cifra de negocios		Inversión en activos materiales		Valor añadido a coste de los factores	
	Millones euros	% s/ IA	Millones euros	% s/ IA	Millones euros	% s/ IA
Industria cárnica	31.032	24,6	1.058	21,3	5.675	24,1
Industria del pescado	6.871	5,4	172	3,5	1.133	4,8
Prep. y conservación frutas y hortalizas	11.319	9,0	506	10,2	1.987	8,4
Aceites y grasas	9.856	7,8	254	5,1	913	3,9
Productos lácteos	9.922	7,9	351	7,1	1.650	7,0
Molinería y almidones	3.616	2,9	99	2,0	460	2,0
Panadería y pastas alimenticias	8.635	6,8	559	11,3	2.767	11,7
Fabricación otros productos alimenticios	13.445	10,6	713	14,4	3.183	13,5
Productos de alimentación animal	14.746	11,7	307	6,2	1.397	5,9
Fabricación de bebidas	16.912	13,4	943	19,0	4.420	18,7
Total Industria Alimentaria	126.354	100	4.963	100	23.585	100

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Tabla 5: Cifra de negocios (millones de euros) por subsectores de la industria alimentaria



Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Finalmente, en lo relativo al comercio exterior de productos alimentarios transformados, se observa que en 2021 el valor de las exportaciones alcanzó los 37.821 millones de euros y el de importaciones 25.125 millones de euros. Esto nos otorga un saldo positivo de 12.696 millones de euros y con una tasa de cobertura del 151%.

Tabla 6: Comercio exterior de la industria alimentaria

ESPAÑA - TOTAL PAÍSES	EXPORTACIONES (M €)		IMPORTACIONES (M €)		SALDO (M€)		TASA (%)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Comercio alimentario total	51.811	57.156	32.914	38.205	18.897	18.951	157	150
Comercio alimentario transformado	33.703	37.821	21.474	25.125	12.230	12.696	157	151
Comercio alimentario no transformado	18.107	19.335	11.440	13.080	6.667	6.255	158	148

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Como se nos muestra en la Tabla 7, en el total de la industria de alimentación y bebidas, considerados por productos según el Departamento de Aduanas e Impuestos especiales, respecto al valor de las exportaciones, los más destacados son los correspondientes a Carne porcina con 5.501 M€, seguido de Aceite de oliva 3.475 M€, Vino total 2.879 M€, Resto de aceites No oliva 1.170 M€ y Preparaciones para alimentación animal 1.015 M€.

Tabla 7: Comercio exterior de la industria alimentaria 2020/2021 por grupos de productos, exportaciones

ESPAÑA - TOTAL PAÍSES	EXPORTACIONES (M €)	
	2020	2021
Carne de porcino fresca, refrigerada o congelada	5.656,3	5.501,5
Aceite de oliva	2.987,8	3.474,9
Vino total	2.629,4	2.879,3
Resto de Aceites No de oliva	772,0	1.170,2
Preparaciones para alimentación animal	838,7	1.015,4
Carne de bovino fresca, refrigerada o congelada	754,8	876,4
Otros productos cárnicos comestibles	729,7	869,1
Preparaciones alimenticias diversas	692,9	836,6
Preparaciones y conservas de tñidos	780,6	712,3
Aceitunas preparadas o conservadas	666,6	698,2
Artículos de confitería	494,6	603,1
Quesos	507,7	561,5
Embutidos	434,5	479,5
Tñidos frescos, refrigerados o congelados	398,3	472,3
Otras carnes de porcino secos o ahumados	396,1	445,7
Tomates preparados o conservados	448,8	431,9
Calamares y potas congelados	319,4	418,3
Extractos, esencias y concentrados de café	381,9	395,9
Camarones, langostinos y quisquillas congelados	280,0	392,9
Otros aguardientes, licores y bebidas espirituosas	252,2	383,0
Pulpos congelados, secos salados o en salmuera	216,6	376,8

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Por otro lado, en cuanto al valor de las importaciones los productos más significativos según la Tabla 8, elaborada por el Departamento de Aduana e Impuestos Especiales,

corresponde a Resto de Aceites No de oliva con 2.579 M€, seguido de Quesos 1.129 M€, Tortas de soja 1.121 M€ y Camarones y langostinos congelados 1.048 M€.

Tabla 8: Comercio exterior de la industria alimentaria 2020/2021 por grupos de productos, importaciones

ESPAÑA - TOTAL PAÍSES	IMPORTACIONES (M €)	
	2020	2021
Resto de Aceites No de oliva	1.964,0	2.579,1
Quesos	1.030,3	1.129,1
Tortas y residuos sólidos extracción aceite de soja	830,1	1.121,1
Camarones, langostinos y quisquillas congelados	816,5	1.048,3
Café y sucedáneos	889,5	942,7
Preparaciones alimenticias diversas	807,8	903,5
Calamares y potas congelados, secos, salados	780,3	841,2
Preparaciones para alimentación animal	782,4	837,1
Pulpos congelados, secos salados o en salmuera	339,6	672,9
Carne de bovino fresca, refrigerada o congelada	503,8	602,9
Salmones frescos, refrigerados o congelados	459,0	590,4
Preparaciones y conservas de túnidos	557,6	570,3
Aceite de oliva	528,8	542,2
Merluza fresca, refrigerada o congelada	457,4	458,9
Demás pescados frescos, refrigerados o congelados	388,2	420,3
Otros productos de panadería, pastelería o galletería	348,4	414,7
Túnidos frescos, refrigerados o congelados	378,2	387,7
Azúcar blanco	371,6	339,1
Cerveza de malta	295,0	322,7
Otras preparaciones con cacao en bloques, barras o en polvo	243,3	270,4
Whisky	214,5	260,6

Fuente: Informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

3.2. Gasto y consumo de los hogares españoles

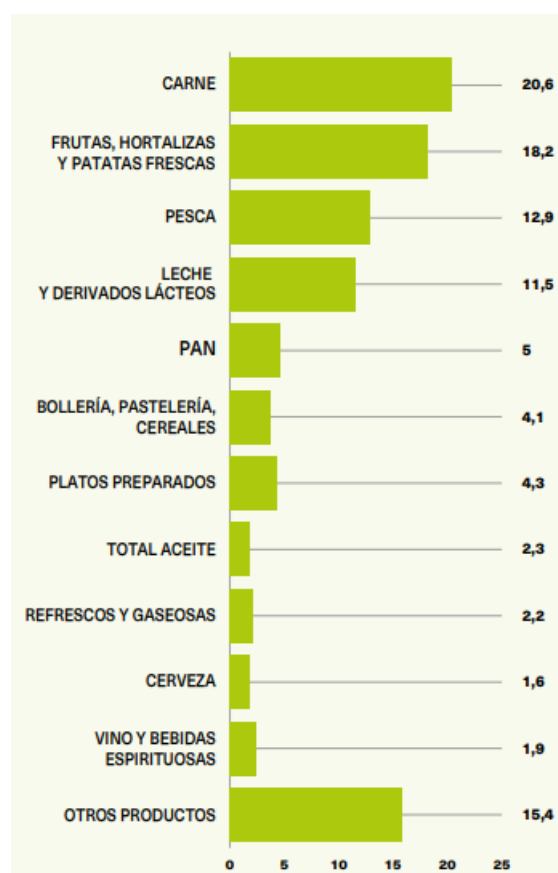
Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), calcula que el valor total del consumo en nuestro país alcanzó la cifra de 102.552 millones de euros en 2021. Lo que supone un gasto medio aproximado de 2.425,27€ por personas y año.

La participación de los hogares en este gasto alcanza los 74.543,60 millones de euros, lo que supone un 72,7% del valor de mercado, lo que supone un gasto medio de alrededor de 1610,30€, una cantidad inferior al año 2020. Correspondiéndole al consumo fuera del hogar el 27,3% del gasto total. Esta diferencia aumenta si lo comparamos en volumen, siendo el 90,3% del volumen de alimentos y bebidas los que se consumen en casa, y el 9,7% el que se consume fuera del hogar.

En este gasto siguen primando los productos frescos; suponiendo un 20,4% la carne sobre el gasto total; las patatas, frutas y hortalizas frescas un 19,0%; los pescados un 12,9%; y, el gasto en pan el 4,6%. Al mismo tiempo, se configuran como sectores relevantes la

leche y derivados lácteos (11,0% del total), la bollería y pastelería (3,8%), el aceite de oliva (1,5%) o los platos preparados (4,3%) (*Alimentación en España 2022*).

Tabla 9: Distribución del gasto en alimentación (hogares)



Fuente: MERCASA

La carne es el producto más demandado, con un gasto per cápita de 320,6 euros en los 44,7 kilos consumidos. El gasto en productos del mar asciende a 211,3 euros y supone un consumo de 22,7 kilos por persona.

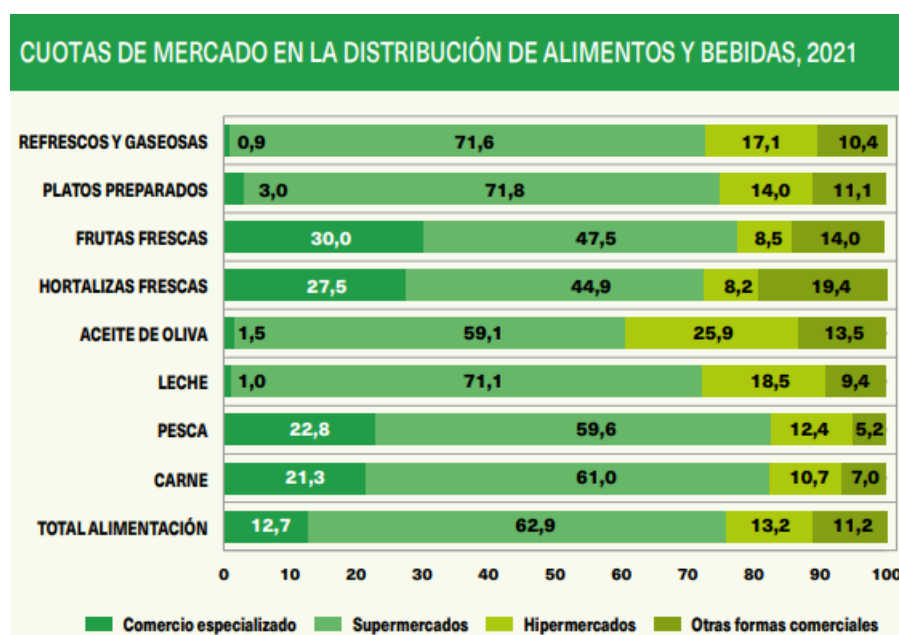
En cuanto al gasto y consumo en leche líquido y derivados lácteos, también es notable en los hogares españoles. Con un consumo de 71,0 litros de leche y un gasto de 53,1 euros, mientras que el consumo de productos lácteos es de 35,2 kilos y supone un gasto de 128,8 euros.

Este consumo viene determinado por las diferentes características de los individuos que los demandan. Estas son, el tamaño de la población de residencia, la comunidad autónoma en la que se viva, el nivel socioeconómico, el número de personas en el hogar, la presencia o no de niños, la situación laboral del encargado de realizar las compras o su edad son variables que intervienen significativamente en la decisión de compra.

En cuanto la comercialización de estos productos destaca la importancia de los supermercados (62,9% de cuota de mercado) que han aumentado progresivamente en detrimento principalmente de los comercios especializados (12,7% de cuota) que cada

vez tiene una presencia menos notable. Los hipermercados cuentan con una cuota del 13,2% y se estima que el comercio electrónico representa el 2,4% del total.

Tabla 10: Cuotas de mercado en la distribución de alimentos y bebidas



Fuente: MERCASA

No obstante, cabe destacar diferencias según se trate de alimentación fresca o alimentación seca. Aumentando considerablemente el comercio especializado en frutas frescas (30,0%), hortalizas frescas (28,1%), pesca (22,8%) y carne (21,3%), acaparando el 29,3% de la alimentación fresca total, mientras que los supermercados el 36,4%. Sin embargo, estos establecimientos especializados se ven totalmente relegados a un segundo plano en refresco y gaseosa (0,9%), aceite de oliva (1,4%) y leche (1,1%) (*Alimentación en España 2022*)

3.3. Situación del mercado de la nutrición deportiva

Cada vez más personas se interesan por la salud, el deporte y el fitness, en los últimos años, y tienden a adoptar un estilo de vida más saludable con expectativas no solo con fines deportivos, sino también para cubrir otras necesidades de salud general. Lo que viene acompañado de un impulso en el mercado de la nutrición deportiva.

Un estudio reciente de Reseach and Markets (*Sports Nutrition Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Product; By Distribution Channel, By Regions; Segment Forecast, 2021 - 2028*) pronostica que el mercado mundial de la nutrición deportiva podría superar los 33 millones de euros para 2028, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 9,3% entre 2021 y 2028.



Fuente: Research and markets

Esta conciencia de la importancia de la nutrición deportiva y la dieta ha supuesto una evolución de la industria de los complementos alimenticios, buscando la innovación, el desarrollo y el lanzamiento de una gran variedad de productos que cubran las necesidades y preferencias de cada consumidor, independientemente de su condición física, edad o actividad deportiva que realice.

Además de crecer en volumen, este mercado ha sufrido una gran expansión de sus consumidores. En la actualidad, estos productos ya no van dirigidos a un único público objetivo como los deportistas de élite, sino también, fisiculturistas, atletas o personas con necesidades nutricionales especiales.

La evolución de este mercado en expansión supone una buena oportunidad para las empresas del sector que buscan ofrecer productos diferenciados.

La potencialidad de España en este sector es altísima, como se nos muestra en el Eurobarómetro realizado por la Comisión Europea (*Sport and physical activity - septiembre 2022 - - Eurobarometer survey*), en el cuál un 42% de las personas realiza ejercicio o hace algún deporte de manera habitual o con bastante regularidad, lo que supone cuatro puntos porcentuales más que la media de los países de la Unión Europea.

Según el informe Alimentación En España 2021 elaborado por Mercasa (*Alimentación en España 2022*), la nutrición deportiva ha conseguido un crecimiento importante antes de la pandemia, pero llegado el 2020 se frenó en seco por las restricciones de movilidad. Este mercado se reparte entre los productos con proteínas (68,2% de las ventas), los carbohidratos (26,2%), los quemadores de grasa (1,58%) y el resto de productos.

La marca de distribuidor (MDD) o marca blanca, domina el mercado con casi el 40% de las ventas en valor y volumen, mientras que la primera marca de fabricante (MDF) tiene una cuota del 13,5% en volumen, siendo esta alemana.

En el año 2020, las proteínas fueron los productos de este mercado con mejor comportamiento, según estimaciones de la consultora IRI. En esta línea, IRI estimó unas ventas totales cercanas a los 511.487 kilogramos en 2020, cerca de 19.000 kilogramos

menos que en el anterior año, de los cuales 348.615 kilogramos fueron proteínas, un producto que aumento ventas ese año.

El producto estrella dentro del grupo de las proteínas, fueron las barritas proteicas, que representan el 71% de la cuota de mercado.

Cabe destacar que en la inmensa mayoría de productos proteicos o enriquecidos con proteínas, se les añade proteína proveniente del suero lacteo. Esto es así debido al costo, la amplísima disponibilidad de materia prima y la prácticamente inigualable calidad de la proteína lactea, esto sumado a la relativa facilidad de su proceso productivo, la hace una proteína ideal para estos productos.

La estructura empresarial de este mercado, viene dominado por las empresas extranjeras y los productos de importación. La empresa alemana Weider encabeza la lista como empresa lider tanto en volumen como en valor. La segunda empresa del sector es la empresa portuguesa Prozis, que habiendo llegado al mercado en el año 2020 ya cuenta con una cuota de mercado del 12,5% en volumen y un 11,7% del valor según la consultora IRI (*Alimentación en España 2022*).

También hay empresas españolas líderes en mercados concretos, como por ejemplo los dulces de navidad, que están introduciendo productos como las barritas de proteínas y carbohidratos.

Destacar que muchos de los nuevos productos que se desarrollan por parte de las principales empresas, además de mantener una línea ecológica, son aptos para el público vegano.

3.4. Situación del mercado de los productos funcionales

Se consideran alimentos funcionales aquellos que tienen consecuencias positivas para el organismo y contribuyen a la salud y bienestar de quienes los consumen. Las diferencias entre estos productos y otros, como los alimentos dietéticos o los complementos alimenticios, muchas veces son difíciles de encontrar.

Según el informe Alimentos En España 2021 elaborado por Mercasa (MERCASA), Se estima que los alimentos funcionales en España pueden rondar los 1.100 millones de euros anuales y rondar algo menos del 20% del volumen total de ventas. Esto hace muy atractivo a este tipo de productos para los fabricantes, ya que aportan un mayor valor añadido a sus productos.

En ciertos sectores, la tendencia de los alimentos funcionales parece haber llegado a su tope y presentan claros síntomas de madurez. Como pueden ser los yogures funcionales, donde la demanda de este producto se ha reducido, aunque manteniendo un importante volumen de negocio (cerca de 830 millones de euros anuales) (MERCASA).

Por otro lado, hay sectores en los que se estima que el margen de crecimiento sigue siendo importante. Como en el caso de la leche funcional, que crece a un ritmo cerca del 4% anual. Aunque dentro de este segmento, son las leches sin lactosa las que muestran un mejor comportamiento.

Sectores en los que el crecimiento es más moderado, se estima que todavía tienen mucho margen para crecer, como es el caso de las galletas.

En cuanto al sector empresarial, no existe en sentido estricto, ya que todos los productos son parte de la oferta de todo tipo de empresas y estos productos están presentes en todos los principales sectores alimentario.

En general, estos fabricantes suelen ser grandes grupos empresariales, debido a la fuerte inversión en I+D+i necesaria para sacar un producto viable al mercado. En algún caso concreto, aparecen especialistas que han conseguido posicionar algunos de sus productos específicos, aunque constituyen excepciones dentro de un mercado dominado por los grandes grupos alimentarios, generalmente de carácter internacional.

Algunos de estos grandes grupos alimentarios apuestan de manera decidida por estos productos, remodelando sus catálogos para potenciar estas ofertas.

En cuanto a la importancia de las marcas de distribución (MDD) frente a las marcas de fabricante (MDF), depende de la consolidación del alimento en la sociedad. Así, los productos que tienen un largo recorrido y están claramente asentados, son las marcas blancas las que acaparan la mayoría de la ventas, como ocurre con la leche (MERCASA).

Cabe destacar que muchos de los productos funcionales son enriquecidos con proteínas lácteas, es por esto por lo que este sector debe ser estudiado junto con el de la nutrición deportiva. Podemos encontrar grandes ejemplos como la Ilustración 6 o la Ilustración 7, considerándose productos habituales en la mayoría de los supermercados.

Ilustración 6: Gama de productos YoPRO



Fuente: Google imágenes

Ilustración 7: Leche enriquecida con proteínas Hacendado



Fuente: Google imágenes

4. LEGISLACIÓN

4.1. Suero lácteo

4.1.1. Descripción

Según la norma del CODEX para sueros en polvo (CXS 289-1995) (Norma 2003):

Los polvos de suero son productos lácteos obtenidos por medio del secado del suero o del suero ácido.

Suero es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o productos derivados de la leche. Esta coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo.

El suero ácido es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada tras la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación.

4.1.2. Composición

Tabla 11: Contenido mínimo, de referencia y máximo del suero en polvo

Criterios	Contenido mínimo	Contenido de referencia	Contenido máximo
Lactosa ^(a)	n.s.	61,0 % (m/m)	n.s.
Proteína láctea ^(b)	10,0 % (m/m)	n.s.	n.s.
Grasa láctea	n.s.	2,0 % (m/m)	n.s.
Agua ^(c)	n.s.	n.s.	5,0 % (m/m)
Ceniza	n.s.	n.s.	9,5 % (m/m)
pH (en una solución al 10 %) ^(d)	> 5,1	n.s.	n.s.

(a) Aunque los productos pueden contener tanto lactosa anhidra como monohidrato de lactosa, el contenido en lactosa se expresa como lactosa anhidra. 100 partes de monohidrato de lactosa contienen 95 partes de lactosa anhidra.

(b) El contenido en proteína es de 6,38 multiplicado por el nitrógeno total Kjeldahl determinado.

(c) El contenido de agua no incluye el agua de la cristalización de la lactosa.

(d) O acidez titulable (calculada como ácido láctico) < 0,35 %.

(e) O acidez titulable (calculada como ácido láctico) ≥ 0.35%.

Fuente: CODEX alimentarius

No obstante, de acuerdo con la disposición de la sección 4.3.3 de la Norma General para la Utilización de Términos Lácteos, los sueros en polvo pueden modificarse en su composición de modo que cumplan con la composición final deseada.

4.1.3. Aditivos

Se podrán utilizar los aditivos alimentarios comprendidos en los cuadros 1 y 2 de la Norma general para los Aditivos Alimentarios (CODEX STAN 192-1995) en la categoría de alimentos 01.8.2 (Suero en polvo y productos a base de suero en polvo, excluidos los quesos de suero).

En la Tabla 12 encontramos el cuadro 2 de dicha norma, con los aditivos permitidos, su referencia, el año que se adoptó, la dosis máxima y notas a estos.

Tabla 12: Aditivos autorizados para los sueros lácteos

No. de Categoría de alimento 01.8.2 Suero en polvo y productos a base de suero en polvo, excluidos los quesos de suero

Aditivo	SIN	Año Adoptada	Dosis máxima	Notas
CARBONATO ÁCIDO DE POTASIO	501(ii)	2006	BPF	
CARBONATO ÁCIDO DE SODIO	500(ii)	2006	BPF	
CARBONATO DE CALCIO	170(i)	2006	10000 mg/kg	
CARBONATO DE MAGNESIO	504(i)	2006	10000 mg/kg	
CARBONATO DE POTASIO	501(i)	2006	BPF	
CARBONATO DE SODIO	500(i)	2006	BPF	
CELULOSA EN POLVO	460(ii)	2006	10000 mg/kg	
CELULOSA MICROCRISTALINA (GEL DE CELULOSA)	460(i)	2006	10000 mg/kg	
CITRATO DIÁCIDO DE POTASIO	332(i)	2006	BPF	
CITRATO DIÁCIDO DE SODIO	331(i)	2006	BPF	
CITRATO TRIPOTÁSICO	332(ii)	2006	BPF	
CITRATO TRISÓDICO	331(iii)	2006	BPF	
CLORURO DE CALCIO	509	2006	BPF	
CLORURO DE POTASIO	508	2006	BPF	
DIÓXIDO DE SILICIO AMORFO	551	2006	10000 mg/kg	
FOSFATO DE HIDROXIPROPIL DIALMIDÓN	1442	2006	10000 mg/kg	
FOSFATOS	338; 339(i)-(iii); 340(i)-(iii); 341(i)-(iii); 342(i)-(ii); 343(i)-(iii); 450(i)-(iii),(v)-(vii), (ix); 451(i),(ii); 452(i)-(v); 542	2006	4400 mg/kg	33
HIDRÓXIDO DE CALCIO	526	2006	BPF	
HIDRÓXIDO DE POTASIO	525	2006	BPF	
HIDRÓXIDO DE SODIO	524	2006	BPF	
LECITINA	322(i)	2015	BPF	
ÓXIDO DE MAGNESIO	530	2006	10000 mg/kg	
PERÓXIDO DE BENZOÍLO	928	2005	100 mg/kg	147
SESQUICARBONATO DE SODIO	500(iii)	2006	BPF	
SILICATO DE CALCIO	552	2006	10000 mg/kg	
SILICATO DE MAGNESIO, SINTÉTICO	553(i)	2006	10000 mg/kg	
SILICATO DE SODIO Y ALUMINIO	554	2013	1140 mg/kg	6
TALCO	553(iii)	2006	10000 mg/kg	

Fuente: CODEX alimentarius

Nota 33: Como fósforo

Nota 147: Excepto el suero de leche en polvo destinado a alimentos para lactantes

Nota 6: Como aluminio

Buenas prácticas de fabricación (BPF):

Todos los aditivos alimentarios regulados por esta norma se emplearán conforme a las buenas prácticas de fabricación (*NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS* 1995) que incluyen:

- a) La cantidad de aditivo se limitará a la dosis mínima necesaria para obtener el efecto deseado.
- b) La cantidad de aditivo que pase a formar parte del alimento se reducirá en la mayor medida que sea razonablemente posible.
- c) El aditivo será de una calidad alimentaria adecuada y se preparará y manipulará de la misma forma que un ingrediente alimentario

4.1.4. Contaminantes

En cuanto a contaminantes deberán cumplir con los niveles máximos fijados en la Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995). Al igual que el lactosuero utilizado en la elaboración de nuestros productos, que se aplicará los niveles máximos de toxinas y contaminantes especificados para la leche en la misma norma, además de los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios y plaguicidas establecidos para la leche por la CAC (Comisión del Codex Alimentarios).

4.1.5. Higiene

En cuanto a la higiene se prepararán y manipularán con conformidad a las secciones pertinentes del Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), el código de Prácticas de Higiene para la Leche y los productos Lácteos (CAC/RCP 57-2004) y otros textos del Codex. Además, los productos deberán cumplir los criterios microbiológicos establecidos en los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL-1997).

4.1.6. Etiquetado

Se aplicarán las disposiciones de la Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985) y la Norma General para el Uso de Términos Lecheros (CODEX STAN 206-1999) y lo mencionado en la Norma del CODEX para Sueros en polvo (CODEX STAN 289-1995).

Cabe destacar que debido a que se ha comprobado que la leche y los productos lácteos (incluida la lactosa) causan hipersensibilidad, deberá declararse siempre como tal (Edición).

4.2 Parcela

En cuanto a la normativa urbanística del municipio será de aplicación el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Alcázar de San Juan publicado el 26 de enero de 2021 (*B O P Ciudad Real*). Además, se aplicarán las condiciones exigidas en el pliego de condiciones para la presentación de ofertas de compra y derecho de superficie de parcelas de uso industrial en polígono alces (*Pliego de condiciones parcela polígono Alces*)

4.3 Seguridad Industrial

En la producción será de aplicación toda normativa relacionada con la seguridad industrial como son:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) Real Decreto 1027/2007
- Directiva de compatibilidad electromagnética Directiva 2014/30/UE
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre
- Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas Real Decreto 1644/2008
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Para operar las calderas de manera indirecta durante 24 horas, TRD 604
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados

4.4 Obligaciones como contratista

Nuestros deberes y obligaciones vendrán impuestos por el contrato firmado, por el Código civil y por la Ley 32/2006 sobre requisitos exigibles a contratistas y subcontratistas.

5. CONCLUSIÓN

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado es el dimensionamiento, estudio y diseño de una industria capaz de procesar 50.000 L/día de lactosuero ovino para su transformación en proteína de suero para nutrición deportiva.

El promotor propone como localización de la fábrica el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real), en el Polígono Industrial Alces, Calle Merlot 8(D), parcela número 14. Dicha parcela cuenta con una superficie total de 2.000 m² sin ninguna construcción y con acceso a los servicios básicos de agua, electricidad, conexión a internet y alcantarillado.

El promotor decide invertir por la proteína láctea debido a la alta demanda y la expectativa de crecimiento en los últimos años de la nutrición deportiva, la polivalencia de este producto y la falta de grandes productores nacionales. Las expectativa es conseguir asentarse como un producto de referencia en el sector nacional, para en un futuro, proyectarse a nivel internacional.

Según el informe anual de la Industria Alimentaria Española del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, tanto en la UE, como en España, la industria alimentaria es la principal actividad de la industria manufacturera. En España, representa el 2,5% de PIB, posee una cifra de negocios de 126.354,1 M€ siendo el 25,4% del sector manufacturero, el 22,5% de los trabajadores y el 20,6% del valor añadido.

En cuanto al sector de la nutrición deportiva, estudios recientes muestran como el mercado mundial podría superar los 33 millones de euros para 2028, con una tasa de crecimiento del 9,3% entre 2021 y 2028. Esto está relacionado con el cada vez mayor interés de las personas por la salud y el deporte, tendiendo a adoptar un estilo de vida más saludable e impulsando el mercado de la nutrición deportiva.

En España, el informe Alimentación En España 2021 elaborado por Mercasa señala como el mercado de la nutrición deportiva se reparte entre los productos con proteínas (68,2% de las ventas), los carbohidratos (26,2%), los quemadores de grasa y el resto de los productos; dominando el mercado las marcas de distribuidor. Según la consultora IRI hubo una ventas totales de 348.615 kilogramos de proteínas, aumentado año tras año, siendo el producto estrella las barritas. Además, este informe señala que la empresa alemana Weider y la portuguesa Prozis encabezan la lista.

La normativa vigente que marca la descripción, la composición, los aditivos, los contaminantes, la higiene y el etiquetado es el **CODEX Alimentarius** y las normas derivadas de este.

6. BIBLIOGRAFÍA

MERCASA. Alimentación en España 2022. 25ª Edición 2022/2023. Edita: MERCASA – DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO. ISBN: 84-695-6171-5

España. B O P Ciudad Real, Plan General de Ordenación Urbana. Número 16, martes, 26 de enero de 2021. pp 462.

FAO; OMS; COMISIÓN DEL COEDX ALIEMNTARIUS, Codex alimentarius: etiquetado de los alimentos, 2007. Ed. Roma, Italia, edición quinta. pp 43. ISBN 978-92-5-305840-2.

INFORME ANUAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ESPAÑOLA PERIODO 2021-2022 MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA SUBDIRECCIÓN GENERAL DE COMPETITIVIDAD DE LA CADENA ALIMENTARIA, [en línea]. Recuperado a partir de : https://public.tableau.com/views/CCAA_4/Dashboard1?:showVizHome=no&:embed=true [accedido 24 octubre 2022].

MERCASA. Alimentación en España 2021. 24ª Edición 2021/2022. Edita: MERCASA- DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO. ISBN: 84-695-6171-5. DOI 10.0/CSS/ALL.CSS.

OMS, Norma del CODEX para sueros en polvo, Codex stan 289-1995. Anteriormente CODEX STAN A-15-1995.

OMS, Norma para los azúcares, CODEX alimentarius, CXS 212-1999. Adoptada en 1999, enmendada en 2001 y 2019.

OMS, *NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS*, CODEX STAN 192-1995 [en línea]. Recuperado a partir de : <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/>

Jesús Camacho Arias, Ayuntamiento de Alcázar de San Juan. Pliego de condiciones para la presentación de ofertas de compra y derecho de superficie de parcelas de uso industria en polígono ALCES -3ª Fase- del ayuntamiento de Alcázar de San Juan. 25 de mayo de 2016. pp 27.

Sport and physical activity - septiembre 2022 - Eurobarometer survey, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2668> [accedido 26 octubre 2022].

Sports Nutrition Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Product; By Distribution Channel, By Regions; Segment Forecast, 2021 - 2028, [en línea]. Recuperado a partir de : [https://www.researchandmarkets.com/reports/5312203/sports-nutrition-market-share-size-trends?utm_source=CI&utm_medium=PressRelease&utm_code=54rcm4&utm_campaign=1547247+-+Global+%2433+Billion+Sports+Nutrition+\(Drinks%2c+Supplements%2c+Food\)+Markets+to+2028&utm_exec=chdo54prd](https://www.researchandmarkets.com/reports/5312203/sports-nutrition-market-share-size-trends?utm_source=CI&utm_medium=PressRelease&utm_code=54rcm4&utm_campaign=1547247+-+Global+%2433+Billion+Sports+Nutrition+(Drinks%2c+Supplements%2c+Food)+Markets+to+2028&utm_exec=chdo54prd) [accedido 26 octubre 2022].

Anejo N°2

Ingeniería del proceso productivo

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LACTOSUERO	5
2.2. Composición	5
2.2.1. Proteínas	6
2.2.2. Lactosa	9
2.3. Valor nutricional y recomendaciones de consumo	10
2.3.1. Calidad proteica.....	10
2.3.2. Consumo diario recomendado.....	12
2.3.3. Kwashiorkor	13
2.4. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados.....	13
2.4.1. Concentrados.....	14
2.4.2. Hidrolizados	15
2.4.3. Aislados.....	16
2.4.4. Fórmulas infantiles.....	17
2.4.5. Producción de etanol	18
2.4.6. Producción de biomasa.....	18
2.4.7. Levaduras para panificación.....	19
2.4.8. Quesos	20
2.4.9. Bebidas fermentadas	20
2.4.10. Bebidas refrescantes.....	21
3. PROCESO PRODUCTIVO	21
3.1. Recepción del lactosuero	21
3.1.1. Control higiénico.....	22
3.1.2. Medición del volumen.....	23
3.1.3. Almacenamiento del lactosuero	23
3.2. Recuperación de finos de caseína y separación de grasa.....	24
3.2.1. Enfriamiento y pasteurización.....	25
3.3. Fraccionamiento de sólidos totales	25
3.3.1. Recuperación de proteínas	25
4. DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCES DE MATERIA	29
5. MAQUINARIA Y EQUIPOS	32
5.1. Analizador de suero lácteo.....	32

5.2. Caudalímetro electromagnético	33
5.3. Tanques silo	34
5.5. Decantador centrífugo.....	36
5.6. Intercambiadores de placas	38
5.7. Unidad de ultrafiltración	40
5.7 Evaporador de múltiple efecto	41
5.8 Secador por aspersión	42
5.9 Envasador.....	43
BIBLIOGRAFÍA	46

1. INTRODUCCIÓN

El propósito primordial del presente proyecto radica en la concepción y diseño de una planta industrial especializada en la obtención de lactosuero seco o concentrado de proteína, a partir de lactosuero ovino adquirido externamente, con el fin de alimentar una línea de producción dedicada a la elaboración de proteína de suero de leche ovino, enfocada especialmente en la nutrición deportiva. Esta iniciativa se enfoca en satisfacer la creciente demanda de productos nutricionales orientados al deporte, aprovechando las ventajas intrínsecas del lactosuero ovino, reconocido por su contenido significativamente superior de proteína soluble en comparación con su contraparte bovina.

El alcance de este proyecto abarca una exhaustiva descripción de las distintas etapas del proceso productivo, desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto final listo para su comercialización. Esto implica la realización de un estudio detallado de la materia prima, así como una descripción minuciosa del producto final y los auxiliares de fabricación necesarios para llevar a cabo el proceso de manera eficiente y conforme a los estándares de calidad establecidos.

Las actividades a desarrollar comprenderán la evaluación de parámetros clave como temperaturas, balances de materias primas y subproductos, entre otros datos relevantes que garanticen la obtención de una proteína en polvo de calidad óptima. Este enfoque analítico permitirá identificar y abordar cualquier aspecto crítico del proceso, asegurando la coherencia y la consistencia en la calidad del producto final.

Una vez completada la descripción del programa productivo, se procederá a realizar una evaluación detallada de la maquinaria requerida, así como el cálculo de las necesidades específicas para cada fase del proceso. En esta fase, se explorarán diversas alternativas de maquinaria, evaluando criterios técnicos, económicos y operativos, para finalmente justificar la selección de la opción óptima. Este análisis permitirá garantizar la eficiencia y la rentabilidad del proceso productivo, alineando las decisiones de inversión con los objetivos estratégicos del proyecto.

En resumen, el presente proyecto se propone como un esfuerzo integral y analítico para diseñar una planta de procesamiento de lactosuero ovino, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de productos nutricionales para la nutrición deportiva, garantizando al mismo tiempo la excelencia en la calidad del producto y la eficiencia en el proceso productivo.

2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LACTOSUERO

El lactosuero o suero de leche es la fracción líquida que se obtiene durante la coagulación de la leche en la producción de queso tras la separación del coágulo formado por grasas y caseínas. Su aspecto es amarillento y claro, y está compuesto principalmente por agua, proteínas solubles, lactosa, grasa, ácido láctico y minerales.

Los sueros podríamos dividirlos en dos tipos: dulces y ácidos. Los quesos dulces proceden de la elaboración de quesos duros, cuya coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo (más habitual en España). Por el contrario, los sueros ácidos se obtienen en la fabricación de quesos frescos, blandos y en la fabricación de caseína, en la cual la coagulación se produce, principalmente, por acidificación.

2.2. Composición

El suero de leche tiene una composición rica en nutrientes ya que representa más del 90% del volumen de la leche y contiene la mayoría de los compuestos solubles de esta lo que supone cerca de un 55% de los nutrientes totales, aunque, puede variar entre el método y el tipo de elaboración del queso. En la Tabla 1 se detalla la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido, resaltando que el lactosuero dulce tiene mayor contenido en lactosa y proteínas que el ácido.

Tabla 1: Composición del lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Lactosa	46,0- 52,0	44,0- 46,0
Proteína	6,0- 10,0	6,0- 8,0
Calcio	0,4- 0,6	1,2- 1,6
Fosfatos	1,0- 3,0	2,0- 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Fuente: Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de tres tipos de lactosuero (Mejía Cabezas, Campoverde Santos, Velasco Matveev 2021)

Tanto en el lactosuero dulce, como en el ácido, se estima que por cada kilogramo de queso producido se obtendrán nueve kilogramos de lactosuero. Al contener la mayoría de los compuestos solubles de la leche, cuenta con multitud de minerales, destacando el potasio y seguido por el calcio, fósforo, sodio y magnesio. Además, cuenta con multitud de vitaminas hidrosolubles, como son la tiamina, el ácido pantoténico, la riboflavina, la piridoxina, la cobalamina y el ácido nicotínico (vitaminas del grupo B); y ácido ascórbico (vitaminas del grupo C). En la Tabla 2 se enumera el contenido de vitaminas, su concentración y las necesidades diarias, observando que presenta una gran concentración en ácido pantoténico (vitamina B5) con 3,4 mg/ml, seguido de ácido ascórbico (vitamina C) con 2,2 mg/ml.

Tabla 2: Contenido de vitaminas en el lactosuero

Vitaminas	Concentración (mg/ml)	Necesidades diarias (mg)
Tiamina	0,38	1,5
Riboflavina	1,2	1,5
Acido nicotínico	0,85	10-20
Acido pantoténico	3,4	10
Piridoxina	0,42	1,5
Cobalamina	0,03	2
Acido ascórbico	2,2	10-75

Fuente: Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de tres tipos de lactosuero

Esta composición varía considerablemente entre especies, ya que, dependiendo de la proporción entre proteínas solubles y caseínas, estas quedarán más o menos representadas respectivamente después de la producción de queso. Esto es así debido a que en la producción de queso se retiene mayoritariamente las caseínas de la leche y la grasa como hemos explicado anteriormente.

Tabla 3: Análisis de las propiedades fisicoquímicas de distintos sueros

Propiedad	Caprino	Ovino	Bovino
Extracto seco (%)	6.64	7.48	6.34
Cenizas (%)	0.61	0.56	0.58
Proteína (%)	0.77	1.05	0.73
Lípidos o grasas (%)	0.51	0.73	0.47
Lactosa	4.71	5.13	4.61
Densidad	1.003	1.058	1.115

Fuente: Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de tres tipos de lactosuero

2.2.1. Proteínas

Como hemos podido observar en la Tabla 3 uno de los principales componentes del suero lácteo son las proteínas solubles, principalmente proteínas globulares que presentan una alta hidrofobicidad, por lo que se pliegan en medio acuoso y son altamente solubles en agua. Como podemos observar en la Tabla 4 la composición de proteínas varía dependiendo de la especie de la que provenga, aunque también puede variar dependiendo de la raza, salud, estado nutricional etc. del animal.

Tabla 4: Composición (%) de la leche de diferentes especies

Especies	Sólidos totales	Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas
Vaca	12,7	3,7	3,2	4,8	0,7
Oveja	19,3	7,4	4,6	4,8	1,0
Cabra	12,6	4,5	3,2	4,1	0,8
Humana	12,2	3,8	1,1	7,0	0,2
Búfalo	16,8	7,4	3,8	4,8	0,8
Cerdo	18,8	6,8	4,8	5,5	
Caballo	11,2	1,9	2,5	6,2	0,5
Burro	11,7	1,4	2,0	7,4	0,5
Reno	33,1	16,9	11,5	2,8	
Conejo	32,8	18,3	11,9	2,1	1,8
Elefante Indio	31,9	11,6	4,9	4,7	0,7
Oso Polar	47,6	33,1	10,9	0,3	1,4
Foca Gris	67,7	53,1	11,2	0,7	

Composición Láctea (g/L)	Vaca	Oveja	Cabra	Humana
Proteína	32	46	32	11
Prot. Caseínicas	26	39	26	5
Prot. Séricas	6	7	6	6
α S ₁ -Caseína	10	7	0-7	TRAZAS
α S ₂ -Caseína	3,7	7	4	?
β -Caseína	10	28	10	3
κ -Caseína	3,5	3,5	6	1
α -Lactoalbúmina	1,2	0,8-2,4	1,2	1,6
β -Lactoglobulina	3,3	2,8-5	2,3	-

Fuente: Interaction of β -Lactoglobulin with Retinol and Fatty Acids and Its Role as a Possible Biological Function for This Protein: A Review [3]

El 95% del contenido en proteínas de la leche de los rumiantes se debe a 6 proteínas principales (4 caseínas y 2 proteínas séricas) que son codificadas por diferentes genes bien caracterizados. Estos dos grupos los distinguimos fácilmente con métodos como la precipitación isoelectrónica a pH 4.6 y 20°C, en la cual precipitan las caseínas y las proteínas séricas permanecen en disolución (*La b-Lactoglobulina y su aplicación en transgénesis*).

La α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina son las principales proteínas del suero de la leche, englobando entorno al 70% del total, cogiendo una importancia trascendental a la hora de analizar las proteínas solubles:

- La **α -lactoalbúmina** es una proteína globular de bajo peso molecular (14,2 KDa). Su principal función es formar parte de la enzima galactosyltransferasa mamaria para la síntesis de lactosa. Esta proteína se encuentra en la leche de la mayoría de los mamíferos. Contiene en su molécula un ion calcio, vital para mantener la estructura y por tanto la actividad biológica, si el pH desciende por debajo de 4, el calcio se vuelve soluble y la proteína desnaturaliza sin necesidad de un aumento de temperatura (*La b-Lactoglobulina y su aplicación en transgénesis*).

- La **β -lactoglobulina** es la principal proteína del suero de la leche, con un peso molecular de 18,4 KDa, abarcando un 50% de las proteínas séricas, por tanto sus propiedades tienden a predominar en el suero de la leche (Pérez, Calvo 1995). Esta proteína parece ser exclusiva de los rumiantes y ciertos animales como el perro, el gato, el caballo, el burro y el delfín, no encontrándose en humanos. En la leche de los rumiantes se encuentra en forma de dímeros, principalmente, aunque con descensos del pH puede agregarse a otros dímeros, lo que le confiere propiedades de unión a diferentes moléculas hidrofóbicas (*La β -Lactoglobulina y su aplicación en transgénesis*).

Aunque en menor cantidad, existen otras proteínas que cumplen funciones esenciales y por tanto cabe su estudio para un completo conocimiento de la composición del lactosuero:

- La **seroalbúmina bovina** se encuentra en la sangre, tiene un peso de 66,3 KDa y está implicada en el transporte de ácidos grasos. Se utiliza ampliamente en procesos bioquímicos como la electrotransferencia o el método ELISA (*Albúmina de suero bovino*).
- Las **inmunoglobulinas** son proteínas muy diversas que forman parte del sistema de defensa contra organismos. Abundan especialmente en el calostro, con una concentración entre 30 y 100 veces mayor. Estos anticuerpos son sintetizados frente a la presencia de antígenos y encontramos tres familias diferentes: Ig G (gamma-globulinas), Ig A (Macroglobulinas) y Ig M (Aglutininas). Estas pueden ser inactivadas con el calor. Además, pueden inhibir el crecimiento de algunas bacterias o virus (*Tema 2. Composición de la leche y factores que afectan a su composición*).
- La **lactoferrina** es una proteína que se une al hierro, dificultando la multiplicación de algunas bacterias para las que este mineral es esencial. En la leche de ganado no es muy importante pero sí en leche humana (*Tema 2. Composición de la leche y factores que afectan a su composición*).
- En el lactosuero también podríamos encontrar **lipoproteínas** de las membranas de los glóbulos grasos y **proteosas peptonas**, compuestas por tres fracciones diferentes de la degradación de la β -caseína, la cual no precipita a 4,6 a diferencia de la caseína de la que procede.

Debido a que después de la coagulación enzimática en la producción de queso, las **caseínas** prácticamente desaparecen en el suero, sus características apenas influirán en el tratamiento de este. No obstante, las caseínas representan el 80% del contenido proteico total de la leche y debido a su importancia creo necesario una descripción breve de algunas de sus características:

- En la leche, las caseínas forman agregados coloidales llamados **micelas**. El 93% de esta micela es proteína y un 7% minerales (mayoritariamente fósforo, calcio, magnesio y citrato).
- Hay **cuatro familias** de caseínas: α_{s1} , α_{s2} , β y κ . Respecto al origen, parece ser que la duplicación génica a formado parte en estos genes. Los genes tres genes que producen las caseínas sensibles al calcio (α_{s1} , α_{s2} , β) tienen relación entre sí, partiendo de un gen ancestral común. Por otro lado, la κ -caseína parece estar evolutivamente relacionada con la familia génica del fibrinógeno (proteína que participa en la formación de coágulos de sangre en el cuerpo) (*La b-Lactoglobulina y su aplicación en transgénesis*).
- Son ricas en aminoácidos apolares, por lo que son **hidrofóbicas**.
- Tienen un **punto isoeléctrico de pH 4,6** en el cual precipitan, por lo que a pH neutro presentan una alta electronegatividad.

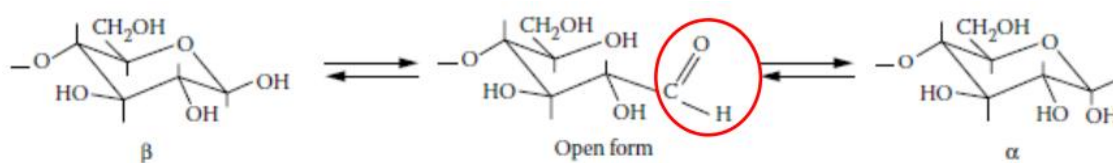
2.2.2. Lactosa

El llamado azúcar de la leche es un disacárido natural formado por glucosa y galactosa. Este es el principal azúcar de la leche (>98%), el resto corresponde a glucosa, galactosa, oligosacáridos y azúcares complejos unidos a proteínas. Tiene una correlación inversa con el contenido de proteínas y grasa en la leche. En la leche cumple la función de mantener el equilibrio osmótico, generando una parte importante de la fase acuosa (*Tema 2. Composición de la leche y factores que afectan a su composición*).

La lactosa es un azúcar reductor con un grupo carbonilo libre, que en el caso de la lactosa es un aldehído. Por tanto, puede reaccionar con grupos nitrogenados en las reacciones de Maillard, resultando en compuestos que otorgan flavor, siendo en el caso de la leche un defecto de producción.

La lactosa en estado cristalino existe bajo dos formas isómeras: la forma α y la forma β , que son interconvertibles a través de la mutarrotación. Las formas α y β aunque químicamente solo se diferencian en la posición del -OH en el carbono monomérico de la glucosa, como se muestra en la Ilustración 1 tienen propiedades físicas significativamente distintas.

Ilustración 1: Formas isómeras de la lactosa



Fuente: Google imágenes

Tabla 5: Propiedades físicas de la α -lactosa y la β -lactosa

	Unidades	α -lactosa	β -lactosa
Peso molecular	Da	360,3 *	342,3
Punto de fusión	°c	202	252
Densidad	g/mL	1,545	1,59
Calor de disolución	J/g	-50,24	-9,62
Solubilidad en agua	g/100 mL	7,4	50

Fuente: *Procesamiento del lactosuero: elaboración de lactosa y aprovechamiento de proteínas* (Dianela 2015)

La α -lactosa monohidratada es la forma más común de obtener lactosa sólida, la cual se obtiene después de cristalizar una solución sobresaturada. Cuando la cristalización se realiza a una temperatura inferior a 93,5 °C se obtiene α -lactosa unida a una única molécula de agua, la cual no se desprenderá durante los procesos de secado normal.

Cuando una solución concentrada de lactosa se cristaliza a temperaturas superiores de 93,5 °C se forman exclusivamente cristales de β -lactosa, que no contienen agua en su estructura.

También podemos encontrar la lactosa en estado amorfo que carece de cristalinidad y la disposición de sus moléculas es aleatoria. Esta se obtiene después del secado rápidamente de una solución de lactosa altamente concentrada, y posee una alta capacidad de absorber agua (Dianela 2015).

2.3. Valor nutricional y recomendaciones de consumo

2.3.1. Calidad proteica

La calidad nutricional de una proteína se define como la capacidad de una fuente de proteína para cubrir las necesidades de nitrógeno y los aminoácidos esenciales de un individuo.

Muchas veces el consumidor promedio tiende a mirar únicamente la cantidad en bruto de proteínas que aporta un determinado alimento. Esto, aunque dentro de un mismo grupo de alimentos podría tener su interés, es baladí si no entendemos conceptos como el que aquí mencionamos.

Existen métodos para evaluar la calidad de una fuente de proteína, los más utilizados han sido, dentro de los bioensayos, la Relación de Eficiencia Proteica (REP), definido como la cantidad de proteína corporal que puede producirse con 100 gramos de alimentos, o la proporción de la proteína absorbida por el organismo; el Valor Biológico (VB), que determina la riqueza nutricional de una proteína, ósea, la capacidad de aportar todos los aminoácidos esenciales en proporciones equilibradas, se mide de 0 a 100; y la Utilización Neta de la Proteína (NPU), que se calcula a partir de la cantidad del nitrógeno proteico absorbido y el ingerido (balance nitrogenado).

Con estos antecedentes, gracias a los avances tecnológicos en las técnicas de medición y al mejor conocimiento de los requerimientos de aminoácidos, la calidad proteica puede evaluarse expresando el contenido del primer aminoácido indispensable limitante de la

proteína problema como porcentaje del contenido del mismo aminoácido en el patrón de referencia de aminoácidos indispensables (o frente a una proteína ideal o patrón) y por último, se corrige con el coeficiente de digestibilidad de la proteína problema. A este método se le conoce como Computo de aminoácidos corregido con la digestibilidad de la proteína (PDCAAS) (*Proteínas y péptidos en nutrición enteral*).

$$PDCAAS (\%) = \frac{\text{mg del aminoácido limitante en 1g de proteína problema}}{\text{mg del mismo aminoácido en 1g de proteína de referencia} \times \text{digestibilidad de la proteína} (\%)} \times 100$$

Este índice valora que el factor crítico es el aminoácido esencial y que la proteína solo puede cubrir los requerimientos nutricionales cuando se absorbe en el tracto gastrointestinal.

Aunque este método se ha aceptado como el más adecuado para el análisis de rutina de la calidad proteica, tiene algunos aspectos sometidos a crítica de los que podemos destacar la adecuación del perfil de aminoácidos esenciales en las proteínas de referencia, asumir que el coeficiente de digestibilidad de la proteína (o de la fuente proteica) es una medida fiel de la biodisponibilidad de todos y cada uno de los aminoácidos que la componen, y el impacto de los factores antinutricionales presentes en la matriz donde se encuentra la proteína a valorar (*Proteínas y péptidos en nutrición enteral*).

Analizando los datos de la Tabla 6, observamos como las proteínas del lactosuero son una fuente excelente de proteínas de altísima calidad, resaltando en todos los tipos de valoración en comparación con las más habituales fuentes de proteínas, situándose en segundo lugar tanto en la REP como en la NPU, y teniendo el mayor valor biológico. Además, su PDCAAS es de 1, asegurándonos que es una proteína completa y de buena biodisponibilidad, siendo muy recomendable para cubrir las necesidades proteicas de los individuos.

Tabla 6: Comparación de la calidad proteica de diferentes proteínas alimentarias determinadas por distintos métodos

Tipo de proteína	Relación de Eficiencia Proteica (REP)	Valor biológico (VB)	Utilización Neta de la Proteína (NPU)	Puntuación de Aminoácidos Corregida por la Digestibilidad de las Proteínas (PDCAAS)
Carne de vaca	2.9	80	73	0.92
Frijoles	0		0	0.75
Caseína	2.5	77	76	1.00
Huevos	3.9	100	94	1.00
Leche	2.5	91	82	1.00
Cacahuetes	1.8			0.52
Proteína de soja	2.2	74	61	1.00
Gluten de trigo	0.8	64	67	0.25
Proteína de suero	3.2	104	92	1.00

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Consumo diario recomendado

Los requerimientos nutricionales de proteína se han establecido, para la población americana y canadiense, extrapolable a la población española, en 0,8 g/kg/día para adultos, con valores ligeramente superiores para la infancia (1,5 g/kg/día para < 1 año), niñez (1,1 g/kg/día, 1-3 años), escolares-pubertad (0,95 g/kg/día, 4-13 años) y adolescencia (0,85 g/kg/día, 14-18 años) y mujeres gestantes y lactantes (1,1 g/kg/día). Respecto al porcentaje calórico a cubrir por la proteína, compatible con un estado adecuado de salud, para la población adulta se ha establecido en 10-35% de las kilocalorías totales (*Proteínas y péptidos en nutrición enteral*).

Esto supondría que un adulto estándar de 70 kg de peso, debería consumir alrededor de 56 gramos de proteína de alta calidad diarios.

2.3.3. Kwashiorkor

La malnutrición proteinoenergética (MPE) en niños pequeños es en la actualidad el problema nutricional más importante en la mayoría de los países en Asia, América Latina, el Cercano Oriente y África. Este término se emplea para describir una gama amplia de condiciones clínicas que van desde moderadas a graves. En un extremo, la MPE moderada se manifiesta principalmente por retardo en el crecimiento físico de los niños; y en el extremo opuesto, el kwashiorkor (caracterizado por la presencia de edema) y el marasmo nutricional (aguda emaciación); ambos casos registran unas altas tasas de mortalidad.

En casi todas las poblaciones estudiadas en países pobres, la tasa de prevalencia combinada de kwashiorkor y marasmo nutricional es de 1 a 5 por ciento, mientras que del 30 al 70 por ciento de los niños hasta los cinco años manifiestan MPE leve o moderada (*La Nutrition dans les Pays en Développement*).

Aunque las causas del kwashiorkor son complejas, se acepta que la deficiencia de proteínas, en combinación con la falta de energía y micronutrientes, son un factor fundamental para el desarrollo de kwashiorkor. La falta extrema de proteínas provoca un desequilibrio osmótico en el sistema gastrointestinal que provoca una inflamación del intestino como edema o retención de agua.

La retención extrema de líquidos es una causa directa de irregularidades en el sistema linfático y el intercambio capilar. La función del sistema linfático es la recuperación de líquidos, inmunidad y absorción de lípidos. Las víctimas del kwashiorkor exhiben comúnmente una capacidad reducida para recuperar líquidos, falla del sistema inmunológico y baja absorción de lípidos, resultado de una desnutrición severa.

El intercambio capilar entre el sistema linfático y el torrente sanguíneo se atrofia debido a la incapacidad del cuerpo para superar eficazmente el gradiente de presión hidrostática. Las proteínas, la albúmina principalmente, son responsables de la presión osmótica coloidal (COP) de la sangre y los fluidos tisulares. La diferencia entre los COP de la sangre y el tejido se denomina presión oncótica. La presión oncótica está en oposición directa con la presión hidrostática y tiende a hacer retroceder el agua al capilar por ósmosis. Sin embargo, si existe una falta de proteínas, no se puede establecer un gradiente de presión sustancial para extraer fluidos del tejido de regreso al torrente sanguíneo y produce la acumulación de líquidos.

El catabolismo de las proteínas involucra el ciclo de la urea, que se encuentra en el hígado y puede fácilmente sobrepasar su capacidad debido al daño ya causado. Esto significa que, en los pacientes, las proteínas deben reintroducirse gradualmente en la dieta (*Kwashiorkor wikipedia*).

El kwashiorkor es poco frecuente en los niños de países desarrollados. Solo se presenta en casos aislados, y, si se presenta, con mucha frecuencia es signo de maltrato infantil y descuido grave (*Kwashiorkor: MedlinePlus enciclopedia médica*).

2.4. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados

Las propiedades funcionales de este subproducto son normalmente otorgadas por su fracción proteica, la cual es una mezcla de diferentes proteínas con varias propiedades funcionales.

Las proteínas del lactosuero son usadas ampliamente en una amplia cantidad de alimentos debido a sus propiedades emulsificantes y gelificantes, siendo la β -lactoglobulina el principal agente gelificante. En la Tabla 7 podemos observar distintas propiedades funcionales de las proteínas del lactosuero comparadas con las de la caseína (Adolfo, Huertas 2008).

Tabla 7: Comparación de propiedades funcionales entre las distintas proteínas de la leche

Propiedades	Caseínas	Proteínas de lactosuero
Hidratación	Muy alta capacidad de retención de agua (CRA) con formación pegante a alta concentración	CRA incrementándose con desnaturalización de proteína
Solubilidad	Insoluble a punto isoelectrico (pI)	Insoluble a pH 5 si es termodesnaturalizado
Gelificación	No gelificación térmica excepto en presencia de calcio. Gelificación micela por quimosina	Gelificación térmica desde 70 °C: influencia de pH y sales
Viscosidad	Soluciones muy viscosas a pH básico y neutral. Viscosidad más baja a pI	Soluciones no muy viscosas excepto si son termo-desnaturalizadas
Propiedades emulsificantes	Excelentes propiedades emulsificantes especialmente a pH básico y neutral Baja estabilidad espumante	Buenas propiedades emulsificantes excepto a pH 4-5 si es termodesnaturalizada
Retención de sabores	Buena retención de sabores	Retención muy variable con la desnaturalización
Propiedades espumado	Baja estabilidad espumante	Excelente estabilidad espumante

Fuente: *Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos*

Las distintas funciones y aplicaciones que podemos obtener del lactosuero las podemos dividir en tres grandes grupos:

- Separación y aislado de uno de sus componentes, Ejem. Lactosa, proteína, etc.
- Utilización del lactosuero como sustrato, Ejem. Bebidas fermentadas, quesos, producción de exopolisacáridos, etc.
- Uso del lactosuero por sus propiedades funcionales (Tabla 7).

2.4.1. Concentrados

Los **concentrados de proteína de lactosuero** (WPC; Whey Protein Concentrate) se obtienen a partir de la ultrafiltración con una barrera semipermeable, la cual permite el paso de sustancias de bajo peso molecular (agua, iones, lactosa) mientras retiene los

materiales de alto peso molecular como la proteína. La masa retenida se concentra por evaporación, seguido del liofilizado.

Ilustración 2: Concentrado de proteína de lactosuero HSN



Fuente: Google Imágenes

El concentrado de proteína de lactosuero es definido por el Código de Estados Unidos de Regulaciones Federales como “la sustancia obtenida por la eliminación de suficiente constituyente no proteico a partir del suero de la leche para que el producto seco final contenga no menos del 25% de proteína” (Adolfo, Huertas 2008).

La mayoría de los concentrados de proteína tienen entre 35 – 80 % de proteína. En la Tabla 8 se muestra el cambio en composición nutricional y pH entre los distintos concentrados y el aislado de proteína.

Los **WPC 35** se elaboran como sustitos de la leche descremada, y se utilizan en la elaboración de multitud de productos debido a las propiedades funcionales de sus proteínas y sus beneficios nutricionales. Por otro lado, los **WPC 80**, son formulados para aplicaciones como gelificación, emulsificantes y nutrición deportiva (Adolfo, Huertas 2008).

Tabla 8: Contenido nutricional de concentrados y aislados de lactosuero

Ingredientes	Proteína (%)	Humedad (%)	Lactosa (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	pH
WPC 35	34,7	3,7	51,3	3,9	6,5	6,4
WPC 35 ranges	34-35,4	3,5-4	51-54,5	3,5-5	3,1-8	6,2-6,7
WPC 80	81,3	4,8	5,9	6,3	3,7	6,6
WPC 80 ranges	80-83	4,2-5,5	4,2-1,0	4,2-10	2,9-5	6-7
WPI	94,3	4,8	1	0,7	3,0	6,7
WPI ranges	92-96,1	4-5,5	0,6-2,0	0,4-1,0	2,6-3,4	6,0-7,1

Fuente: Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos (Adolfo, Huertas 2008)

2.4.2. Hidrolizados

El consumo dentro de la dieta de **hidrolizados** enzimáticos ricos en oligopéptidos, especialmente dipéptidos y tripéptidos, mejoran la utilización de la proteína. Estas

preparaciones son utilizadas para suplementación dietética o necesidades fisiológicas, atletas para controlar el peso, bebés prematuros, niños con diarrea y personas de la tercera edad. Esto es debido a que los aminoácidos proporcionados por los hidrolizados de proteína son rápida y completamente absorbidos a nivel digestivo, a diferencia de la proteína intacta sin hidrolizar.

Ilustración 3: Proteína de suero hidrolizada aislada HSN



Fuente: Google imágenes

En esta aplicación se producen péptidos con estructuras que son diferentes comparadas con aquellas proteínas intactas, pudiendo potenciar las propiedades funcionales y biológicas, reducir la alergenicidad y, modificar la solubilidad y emulsificación.

Para obtener los concentrados o aislados, se pueden utilizar membranas que permitan separar la proteína del resto de los demás componentes, para esto se utiliza la ultrafiltración y nanofiltración.

2.4.3. Aislados

Los **aislados de proteína de suero** (WPI, Whey Protein Isolated) tienen como característica principal una concentración de hasta un 90% de proteína y alrededor de un 5% de humedad. Debido a su alta pureza, los WPI son usados ampliamente para suplementación nutricional, bebidas deportivas y aplicaciones médicas. Son empleados como proteínas para alimentos funcionales en formulaciones de alimentos, por sus propiedades de hidratación, gelificación, emulsificación, y propiedades para formación de espuma de WPI (Adolfo, Huertas 2008).

Ilustración 4: Aislado de proteína de suero 100% HSN



Fuente: Google imágenes

2.4.4. Fórmulas infantiles

La **fórmula infantil** se define como un alimento para lactantes que es adecuado para sustituir total o parcialmente la leche humana, satisfaciendo las necesidades nutricionales normales del lactante (*Fórmulas infantiles. Alimentación adaptada*).

Ilustración 5: Fórmulas infantiles de distintas marcas comerciales



Fuente: Google imágenes

Su elaboración está principalmente basada en leche de vaca, sin embargo, en los años 70 aparecieron fórmulas infantiles basadas en lactosuero y la atención giró al desarrollo de estos productos. Este fue el inicio de las fórmulas infantiles mezclando leche descremada, lactosuero desmineralizado y otros componentes como vitaminas, minerales, taurina, y nucleótidos entre otros (Adolfo, Huertas 2008).

El mayor problema que nos encontramos con estos productos es el contenido en β -lactoglobulina. Esta proteína, que no se encuentra en la leche humana, es la mayoritaria en el suero lácteo, y ha demostrado ser una fuente importante de alergia infantil por lo cual limita el uso de leche de rumiantes como materia prima. Sin embargo, varios productos destinados a alimentos infantiles están basados en la caseína de lactosuero y la mayoría de ellos tienen importantes cantidades de β -lactoglobulina (tratada previamente como la desnaturalización) (Adolfo, Huertas 2008).

2.4.5. Producción de etanol

La producción de una **bebida alcohólica** a partir del lactosuero es una alternativa de gran interés. Actualmente, encontramos destilerías de lactosuero en EEUU, Irlanda y Nueva Zelanda. Para la fermentación se emplea *Kluyveromyces marxianus var. marxianus* o *Kluyveromyces fragilis* y lactosuero desproteínizado como sustrato. Este proceso fermentativo tiene un rendimiento de etanol entre 75-85% del valor teórico, partiendo de que por cada kilogramo de lactosa metabolizada se obtiene 0,538 kg de etanol, esto refleja el potencial en la producción de etanol que tiene el lactosuero (Adolfo, Huertas 2008).

Ilustración 6: Kumis, bebida alcohólica tradicional de la estepa de Asia central, elaborado a partir de leche



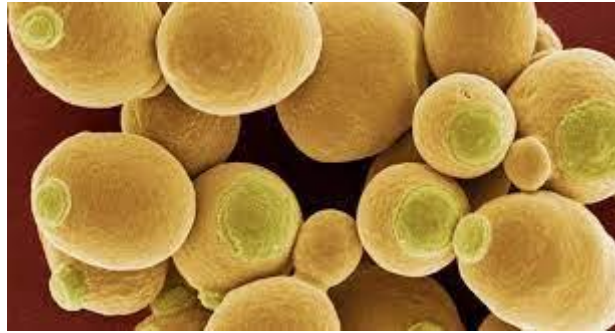
Fuente: Google imágenes

2.4.6. Producción de biomasa

La biomasa a partir de levadura lleva siendo producida comercialmente desde 1940. Esto se debe a la insuficiente producción de proteína para alimentación a nivel mundial, siendo una alternativa a este problema la producción de proteínas a través de procesos de fermentación de levaduras.

Estos procesos utilizan fuentes de carbono económicas como el lactosuero, en el que diversos estudios con levaduras del género *Kluyveromyces* han resultado ser excelentes microorganismos para la producción de biomasa y por tanto de proteína de levadura (Adolfo, Huertas 2008).

Ilustración 7: Imagen electrónica de barrido de Kluyveromyces marxianus



Fuente: Google imágenes

2.4.7. Levaduras para panificación

Relacionado con el punto anterior, el lactosuero en polvo es ampliamente conocido como ingrediente en la industria panadera por resaltar su sabor y ciertas cualidades organolépticas como: volumen, textura, corteza, retención de agua, etc., características proporcionadas por la combinación de emulsificantes y lactosuero en polvo.

Encontramos dos procesos en los cuales utilizamos lactosuero para la producción de levaduras de panificación. En primer lugar, podemos incorporar la enzima β -galactosidasa para la hidrólisis de la lactosa, y la glucosa y galactosa producidas sean consumidas por la levadura. Otra opción es, primero las bacterias ácido-lácticas convierten lactosa en lactato, y posteriormente es consumido por la levadura. Finalmente, la levadura generada puede ser degradada mecánicamente o biológicamente para eliminar componentes celulares, los cuales pueden purificarse o transformarse a productos de alto valor añadido (Adolfo, Huertas 2008).

Ilustración 8: Levadura fresca de panificación



Fuente: Google imágenes

2.4.8. Quesos

Con los avances en tecnología de lácteos, nuevos ingredientes como leche en polvo, lactosuero en polvo o WPC están siendo incorporados dentro del procesamiento del queso. Al agregar la proteína coagulada o en forma de concentrado, se obtuvo un aumento en el rendimiento, y originó alteraciones importantes en la textura, cuerpo y contenido de humedad.

A diferentes tipos de quesos se les añadió WPC en cantidades determinadas, por ejemplo: quesos tipo Camembert añadiendo un 1% de WPC se obtuvo un 30% de rendimiento, en quesos Saint-Paulin se le añadió un 5,56% obteniendo un 12% de rendimiento (Adolfo, Huertas 2008).

2.4.9. Bebidas fermentadas

El lactosuero desproteínizado o completo puede ser fermentado para producir una gama amplia de bebidas. La principal ventaja ofrecida por el lactosuero como sustrato para la producción es que tienen un gran valor nutritivo, rehidrata y son menos ácidos que los jugos de frutas. La comercialización de estos productos generalmente enfatiza en la salud y beneficios nutricionales, especialmente si en ellas se mantienen las proteínas del lactosuero.

Una variedad de bebidas de este subproducto está disponible en muchos países de Europa, representan un sector emergente de productos lácteos no convencionales que requieren características sensoriales, físicas y químicas para el control de calidad y desarrollo del producto. Levaduras y bacterias ácido lácticas coexisten en asociación simbiótica produciendo una fermentación ácido-láctica. Esta mezcla de cultivo es capaz de utilizar lactosa de los subproductos lácteos como material para la producción de kéfir y la generación de microorganismos probióticos en el intestino humano.

Ilustración 9: Fermentado de leche



Fuente: Google imágenes

2.4.10. Bebidas refrescantes

El sabor del lactosuero, especialmente el ácido, es muy compatible con las bebidas de frutas cítricas. Sin embargo, la presencia de proteínas y grasas obstaculizaba su producción. No fue hasta después de la segunda guerra mundial que comenzó a utilizarse lactosuero desproteínizado y sin grasa. Un ejemplo conocido es la bebida “Rivella” fabricada en Suiza y creada por Robert Barth en 1952, hoy en día consumida también en Canadá y sobre todo en Holanda. Este refresco de lactosuero pasteurizado tiene un sabor agrídulce, un pH de 3,7 y está carbonatado.

Ilustración 10: Diferentes formatos del refresco suizo Rivella



Fuente: Google imágenes

En 1970, Coca-Cola utilizó proteínas del lactosuero para mejorar la calidad nutricional de sus bebidas. Las bebidas pudieron ser fortificadas con un 1% de proteínas sin detectarse ningún cambio en el sabor y apariencia, incluso tras la pasteurización en botella a pH 3 (Adolfo, Huertas 2008).

3. PROCESO PRODUCTIVO

El apartado del proceso productivo se centra en la descripción detallada de la planta industrial especializada en la obtención de lactosuero secado o concentrado de proteína, a partir de lactosuero ovino adquirido externamente. Se analizarán minuciosamente las diferentes etapas involucradas en este proceso, desde la recepción de la materia prima hasta la obtención del producto final, destacando los procedimientos, equipos y controles de calidad implementados en cada fase para garantizar la eficiencia y la excelencia en la producción.

3.1. Recepción del lactosuero

La recepción del lactosuero ovino constituye una etapa crucial en el proceso de producción, donde se establecen los cimientos para la obtención de un producto final de

calidad óptima. Este material prima es transportado desde las fábricas queseras hasta la planta industrial a través de camiones cisterna isotérmicos especialmente adaptados para tal fin. Estos vehículos están diseñados con un enfoque prioritario en aspectos térmicos e higiénicos, con el objetivo de preservar la integridad y la calidad del lactosuero durante su transporte.

La temperatura de los camiones cisterna se mantiene controlada en alrededor de 4°C, lo que contribuye significativamente a prevenir la proliferación de microorganismos y a mantener la frescura del lactosuero durante todo el trayecto. Este rango térmico es fundamental para conservar las propiedades físico-químicas del lactosuero, garantizando así la calidad del producto final.

Además, se presta especial atención a la implementación de desaireadores en los camiones cisterna, cuya función es evitar la inclusión de aire en la materia prima durante el proceso de transporte. La presencia de aire en el lactosuero puede tener efectos adversos en la calidad y estabilidad del producto final, por lo que su eliminación constituye una medida preventiva fundamental en el mantenimiento de la integridad del lactosuero durante su traslado.

La recepción del lactosuero ovino se lleva a cabo de manera meticulosa y cuidadosa, asegurando el cumplimiento de estándares rigurosos en términos de temperatura y condiciones higiénicas, con el fin de preservar la calidad y la frescura del producto desde su origen hasta su llegada a la planta industrial.

3.1.1. Control higiénico

El control higiénico constituye una fase crucial en el proceso de producción, donde se implementan medidas y protocolos destinados a garantizar la inocuidad y calidad del lactosuero ovino antes de su incorporación al proceso industrial. Previamente a la descarga del lactosuero, se lleva a cabo la toma de una muestra representativa, la cual es sometida a un exhaustivo análisis por parte del departamento de Calidad. Este análisis tiene como objetivo principal evaluar la cantidad de microorganismos presentes en la muestra, lo que proporciona información vital sobre la calidad sanitaria del lactosuero.

Además de la evaluación microbiológica, el análisis de la muestra también cumple una función preventiva en la detección de posibles fraudes o adulteraciones en el producto. Esta medida contribuye a garantizar la integridad y autenticidad del lactosuero ovino, asegurando así la transparencia y confiabilidad en todo el proceso de producción.

Una vez completadas las pruebas y evaluaciones pertinentes, y en caso de que la muestra sea considerada apta para la producción, se procede a la descarga del camión cisterna. Esta etapa se realiza bajo estrictas condiciones de control higiénico, garantizando la integridad y calidad del lactosuero durante todo el proceso de manipulación y trasvase.

El control higiénico constituye una etapa fundamental en el proceso de producción, donde se implementan medidas rigurosas para asegurar la calidad y seguridad del lactosuero ovino, desde su recepción hasta su incorporación en la línea de producción industrial.

3.1.2. Medición del volumen

La medición del volumen del lactosuero constituye un paso inicial y fundamental en el proceso de producción, cuya precisión y fiabilidad son esenciales para garantizar la eficiencia y calidad del proceso industrial. Una vez que el lactosuero ha sido analizado y se determina su aptitud para la producción, se procede a cuantificar la cantidad recibida mediante el uso de un caudalímetro.

La elección del caudalímetro como método de medición se fundamenta en varios aspectos clave, entre los que destacan su facilidad de uso, su precio más asequible en comparación con otros sistemas de medición como la báscula de camiones, y la idoneidad del caudalímetro para la cantidad de lactosuero a procesar. Además, se considera la integración de medidores en los tanques silo, lo que proporciona una medida precisa y confiable del volumen de lactosuero recibido.

Dentro de las opciones disponibles en caudalímetros, se ha optado por utilizar un caudalímetro electromagnético, debido a su recomendación para la medición de líquidos conductivos no viscosos y a su facilidad de limpieza. Estas características hacen que el caudalímetro electromagnético sea una elección óptima para asegurar una medición precisa y consistente del volumen de lactosuero, lo que contribuye a la eficiencia y calidad del proceso productivo.

La medición del volumen del lactosuero se realiza mediante un caudalímetro, específicamente un caudalímetro electromagnético, que ofrece precisión, fiabilidad y facilidad de uso, siendo un elemento clave en el control y gestión eficiente del proceso de producción.

3.1.3. Almacenamiento del lactosuero

El almacenamiento del lactosuero constituye una fase crítica en el proceso de producción, donde se implementan medidas para preservar su calidad y seguridad antes de su procesamiento posterior. Durante las operaciones de transporte y descarga, es común que se produzca un aumento de la temperatura, a pesar de las medidas de refrigeración implementadas en el camión cisterna. Por lo tanto, tras la descarga, se emplean intercambiadores de calor para enfriar el lactosuero y mantenerlo a una temperatura cercana a los 5°C. Este control térmico tiene como objetivo detener temporalmente el crecimiento bacteriano y preservar la calidad del lactosuero hasta su procesamiento.

Los silos se utilizan como contenedores para el almacenamiento del lactosuero una vez enfriado. Estos contenedores, generalmente verticales, tienen una capacidad variable que puede oscilar entre los 25.000 y los 150.000 litros, dependiendo de las necesidades de producción y almacenamiento. Los silos están diseñados para cerrarse herméticamente, lo que garantiza la conservación de la calidad del lactosuero y evita la contaminación externa.

Además de su capacidad de almacenamiento, los silos están equipados con diversos sistemas de monitoreo y control, así como agitadores para garantizar una homogeneización adecuada del lactosuero almacenado. La selección del número y tamaño de los silos se realiza teniendo en cuenta diversos factores, como la capacidad de producción, la frecuencia de trabajo y los requisitos de calidad del producto final.

El almacenamiento del lactosuero se lleva a cabo en silos equipados con sistemas de control y monitoreo, donde se mantiene a una temperatura controlada para preservar su calidad antes de su posterior procesamiento en la línea de producción industrial.

3.2. Recuperación de finos de caseína y separación de grasa

La recuperación de finos de caseína y la separación de grasa representan una etapa fundamental en el proceso de producción del lactosuero, ya que las partículas de caseína presentes en este último pueden interferir en la separación eficiente de la grasa y, por ende, deben ser eliminadas previamente. Para llevar a cabo esta operación, se recurre a diversos dispositivos de separación, entre los cuales se incluyen ciclones, separadores centrífugos y pantallas vibratorias o rotativas.

Los ciclones, por ejemplo, aprovechan la fuerza centrífuga para separar las partículas de caseína del lactosuero, mientras que los separadores centrífugos se utilizan específicamente para recuperar la grasa contenida en el lactosuero, aprovechando las diferencias de densidad entre la grasa y los demás componentes del suero. Por otro lado, las pantallas vibratorias o rotativas permiten una separación más fina de las partículas de caseína, lo que contribuye a una mayor eficiencia en la recuperación de la grasa.

Una vez recolectadas las partículas de caseína, estas pueden someterse a un proceso de prensado similar al utilizado en la elaboración de queso, lo que permite su posterior utilización en la fabricación de este último. Esta práctica representa una forma eficiente de aprovechar los subproductos del proceso de separación, maximizando así el rendimiento y la utilización de los recursos.

Por otro lado, la crema de suero, que suele tener un contenido de grasa del 25-30%, puede ser reutilizada en la fabricación de queso para estandarizar la leche, lo que permite ajustar el contenido de grasa de la leche utilizada en la producción de productos lácteos con diferentes requerimientos de grasa. Sin embargo, para la producción de ciertos tipos de queso, como el queso cheddar, la crema de suero generalmente no se reutiliza debido a consideraciones relacionadas con la sensibilidad del iniciador a los bacteriófagos.

La recuperación de finos de caseína y la separación de grasa son procesos críticos en la producción de lactosuero, que requieren el uso de dispositivos especializados y estrategias específicas para garantizar una separación eficiente de los componentes del suero y maximizar el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos.

3.2.1. Enfriamiento y pasteurización

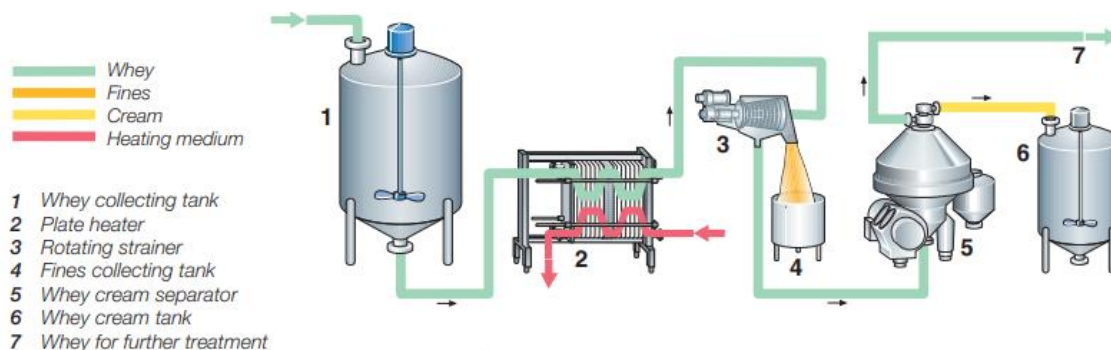
El proceso de enfriamiento y pasteurización del suero es una etapa esencial en el proceso de producción, destinada a garantizar la seguridad microbiológica y la calidad del producto final. Se reconoce la importancia de esta fase, particularmente cuando se considera el almacenamiento del suero a corto o largo plazo.

El enfriamiento del suero es una medida inicial para reducir la actividad bacteriana y preservar su integridad durante el almacenamiento a corto plazo, que generalmente se sitúa entre 10 y 15 horas. La rápida reducción de la temperatura contribuye significativamente a inhibir el crecimiento de microorganismos, lo que ayuda a mantener la calidad del suero y a prevenir posibles problemas de deterioro.

Por otro lado, cuando se prevé un almacenamiento prolongado del suero, es necesario llevar a cabo el proceso de pasteurización. La pasteurización implica someter el suero a un tratamiento térmico controlado, diseñado para eliminar o reducir significativamente la carga microbiana presente en el suero, sin comprometer sus propiedades físicas o nutricionales. Este proceso garantiza la seguridad microbiológica del suero, prolongando su vida útil y asegurando la calidad del producto final.

El enfriamiento y la pasteurización del suero son operaciones críticas en el proceso de producción, que se implementan para preservar la seguridad y la calidad del producto en almacenamiento a corto y largo plazo, respectivamente. Estas medidas son fundamentales para garantizar la integridad y la excelencia del suero, así como para cumplir con los estándares de calidad y seguridad alimentaria requeridos en la industria láctea.

Ilustración 11: Separación de finos y grasas del suero



Fuente: *New Dairy Processing Handbook*

3.3. Fraccionamiento de sólidos totales

3.3.1. Recuperación de proteínas

La recuperación de proteínas del suero de leche constituye una etapa crucial en el proceso de producción, donde se emplean técnicas especializadas para aislar y concentrar las proteínas presentes en este subproducto lácteo. En contraste con los métodos tradicionales de precipitación, los procesos contemporáneos se basan principalmente en técnicas de separación de membrana, como el fraccionamiento.

Los concentrados de proteínas del suero de leche (WPC, por sus siglas en inglés) son productos en polvo obtenidos a través del secado de los componentes retenidos durante la ultrafiltración del suero de leche. Estos concentrados se caracterizan principalmente por su contenido proteico, expresado como porcentaje de proteína en la materia seca, que puede variar desde el 35% hasta el 85%. Para producir un concentrado con un 35% de proteína, el lactosuero se concentra aproximadamente seis veces hasta alcanzar un contenido total de sólidos secos cercano al 9%.

Durante el proceso de concentración, la mayoría de las proteínas verdaderas presentes en el suero de leche, típicamente más del 99%, son retenidas, junto con casi el 100% de la grasa. Además, las concentraciones de lactosa, nitrógeno no proteico (NNP) y cenizas suelen permanecer constantes en el retentado y el permeado resultante en comparación con el suero original, aunque puede haber una ligera retención.

La recuperación de proteínas del suero de leche se lleva a cabo mediante técnicas de separación de membrana, lo que permite obtener concentrados de proteínas con diversos niveles de pureza y contenido proteico. Estos concentrados son productos versátiles que encuentran aplicaciones en una amplia gama de industrias, incluyendo la alimentaria, nutricional y farmacéutica.

Tabla 9: Composición del suero y del permeado y retentado resultantes

Compuesto	Cantidad en 100 kg de suero %	Cantidad en 16,7 kg de retentado %	Cantidad en 83,3 kg de permeado %
Proteína	0,55	3,25	0,01
Lactosa	4,80	5,34	4,69
Cenizas	0,55	0,76	0,51
NNP*	0,18	0,24	0,17
Grasa	0,03	0,18	Trazas
Sólidos totales	6,11	9,77	5,38
PTK		35,72	

* NNP = Nitrógeno no proteico
** PTK = Proteína total Kjeldahl

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las cifras de retención de proteínas en los concentrados de proteínas del suero de leche dependen en gran medida de diversos factores, incluyendo el tipo de membrana utilizada, el flujo empleado y las características intrínsecas del alimento. Para obtener un concentrado de proteína con un contenido superior al 80%, se requiere un proceso de concentración más intensivo.

Inicialmente, se concentra el suero líquido aproximadamente de 20 a 30 veces mediante ultrafiltración directa, hasta alcanzar un contenido de sólidos cercano al 25%, que se considera el máximo para garantizar una operación económica. Posteriormente, es necesario llevar a cabo un proceso de diafiltración para eliminar la lactosa y la ceniza, y así incrementar la proporción de proteínas en relación con los sólidos totales del concentrado. La diafiltración es un procedimiento en el cual se agrega agua al alimento a medida que avanza la filtración, con el fin de eliminar o "lavar" componentes de bajo peso molecular que podrían atravesar las membranas, principalmente la lactosa y los minerales.

La efectividad y la eficiencia de estos procesos están influenciadas por diversos factores operativos y de diseño, como la selección adecuada de membranas, el control preciso del flujo de alimentación y el diseño óptimo de los sistemas de diafiltración. Estos aspectos son cruciales para lograr un concentrado de proteína de alta calidad y rendimiento.

En la Tabla 10 se presentan las diferentes composiciones típicas de los concentrados de proteína de suero en polvo, destacando su variabilidad en términos de contenido proteico y propiedades físico-químicas. Este análisis detallado proporciona una comprensión más completa de las características y especificaciones de los concentrados de proteína del suero de leche, lo que facilita su aplicación en diversas industrias alimentarias y nutricionales.

Tabla 10: Composición en % de distintos sueros de proteína concentrados

Producto	1	2	3	4
Proteína en materia seca	35	50	65	80
Humedad	4,6	4,3	4,2	4,0
Proteína bruta (N x 6,38)	36,2	52,1	63,0	81,0
Proteína verdadera	29,7	40,9	59,4	75,0
Lactosa	46,5	30,9	21,1	3,5
Grasa	2,1	3,7	5,6	7,2
Ceniza	7,8	6,4	3,9	3,1
Ácido láctico	2,8	2,6	2,2	1,2

Especificaciones del producto:

- 1 sucedáneo de leche descremada, 35% proteína en materia seca
- 2 suplemento proteico de otros alimentos, 50 % de proteína en materia seca
- 3 límite práctico de proteína por ultrafiltración, 65 % de proteína en materia seca
- 4 producto de ultrafiltración más diafiltración, 80% proteína en extracto seco

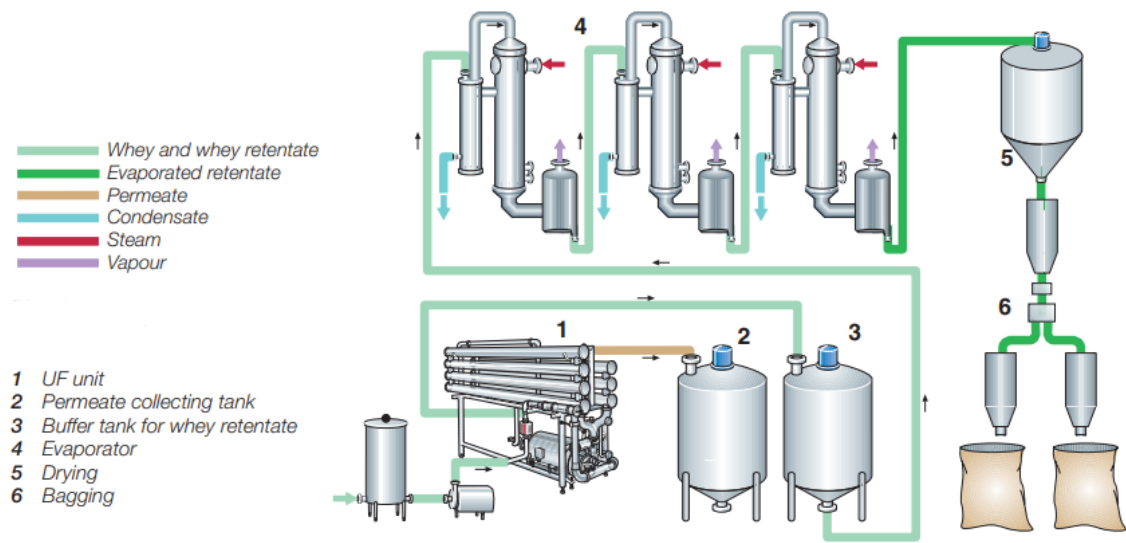
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12 se presenta una representación esquemática de una línea de proceso para la producción de proteína utilizando el método de ultrafiltración. Este proceso permite recuperar aproximadamente el 95% del suero como permeado, mientras que en el producto seco final se pueden alcanzar concentraciones de proteína de hasta el 80-85%.

La ultrafiltración desempeña un papel crucial en la separación y concentración de las proteínas presentes en el suero de leche, permitiendo obtener un concentrado de proteína altamente concentrado y de alta calidad. Este método ofrece una eficiencia notable al retener las proteínas de interés, mientras que permite que los componentes no deseados pasen a través de la membrana de filtración.

La utilización de la ultrafiltración en la producción de concentrados de proteína del suero de leche destaca por su capacidad para lograr niveles significativamente altos de concentración de proteínas en el producto final, lo que lo convierte en una técnica valiosa y eficiente en la industria alimentaria y nutricional.

Tabla 11: Proceso de concentración y secado de proteína de suero mediante ultrafiltración



Fuente: *New Dairy Processing Handbook* (Dairy Processing Handbook/Index)

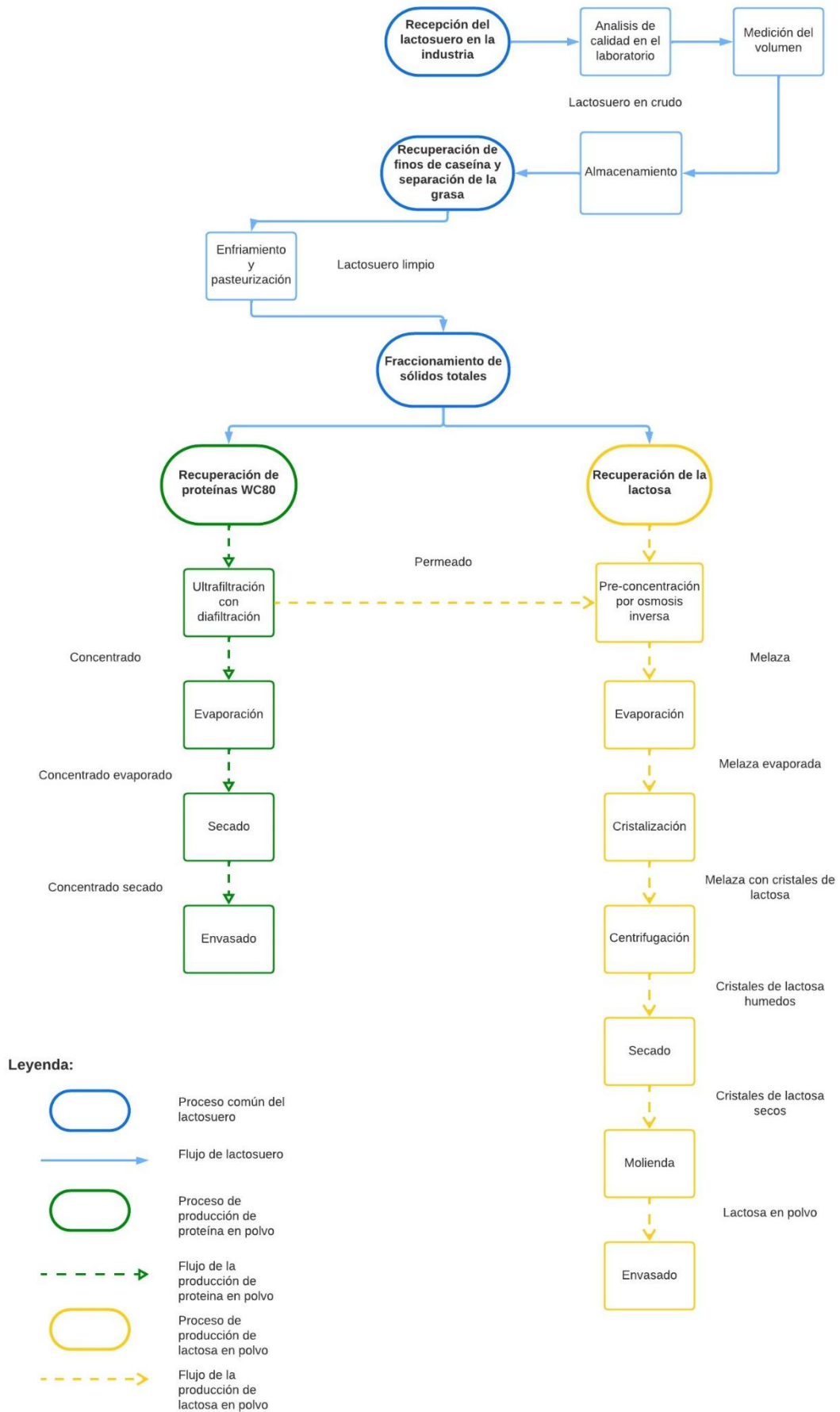
4. DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCES DE MATERIA

El diagrama de flujo y los balances de materia constituyen herramientas fundamentales en el diseño y la optimización de procesos industriales, como es el caso de la producción de proteína en polvo para suplementación deportiva a partir del suero de leche ovino. Estas herramientas proporcionan una visión sistemática y detallada de las entradas, salidas y transformaciones que ocurren a lo largo del proceso de producción, lo que permite una planificación eficiente y un control preciso de los recursos y productos involucrados.

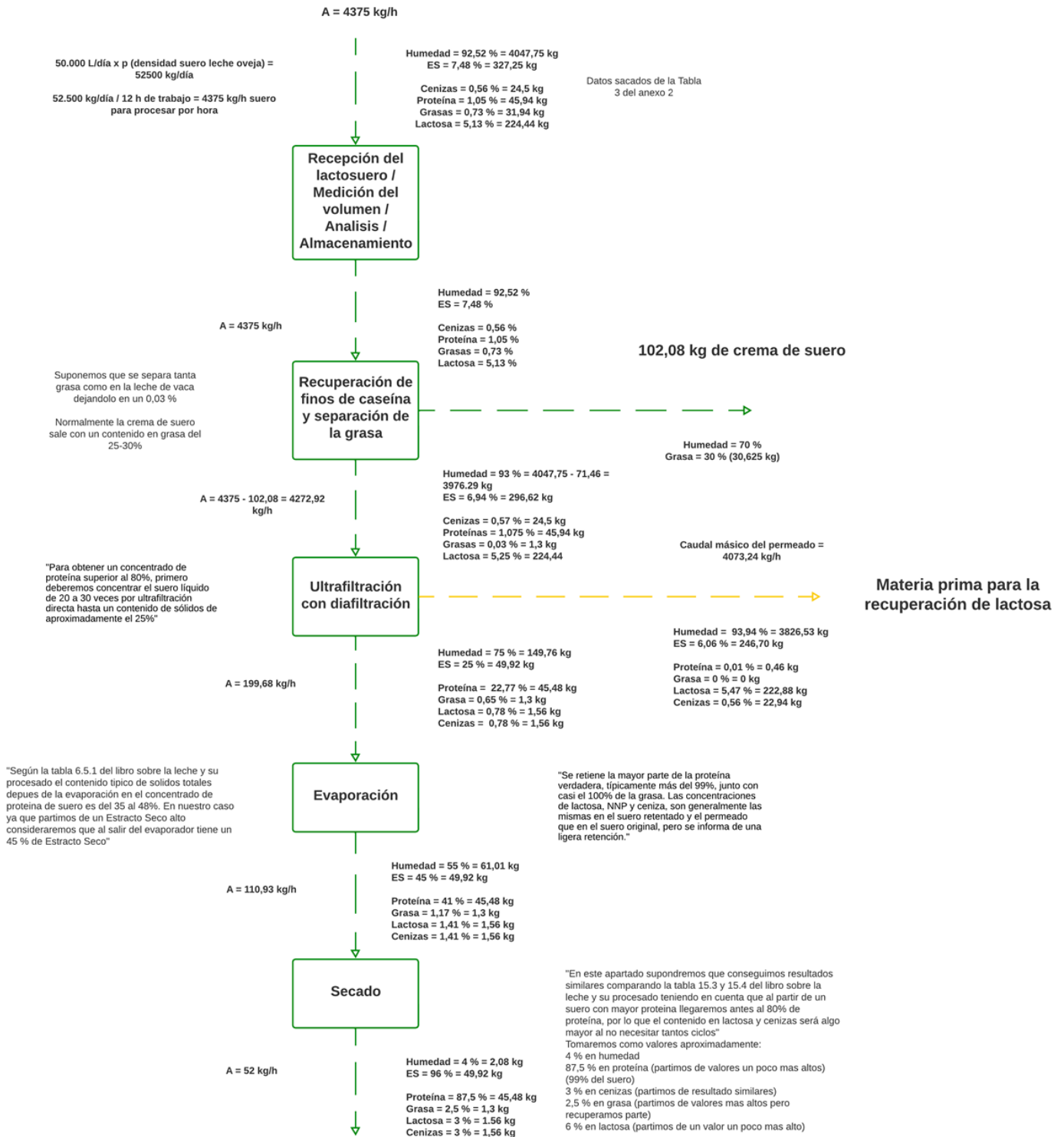
El diagrama de flujo es una representación gráfica que muestra de manera secuencial las etapas y operaciones que componen el proceso de producción. En el caso específico de la producción de proteína en polvo a partir del suero de leche ovino, el diagrama de flujo ilustraría las diferentes fases del proceso, desde la recepción del suero hasta la obtención del producto final, pasando por operaciones como el enfriamiento, la pasteurización, la concentración de proteínas, el secado y el envasado.

Por otro lado, los balances de materia son cálculos detallados que cuantifican las entradas y salidas de materiales y productos a lo largo del proceso. En el contexto de la producción de proteína en polvo, los balances de materia permiten estimar las cantidades de suero de leche ovino necesario para producir una determinada cantidad de proteína en polvo con un contenido del 80% de proteína en materia seca. Estos cálculos son fundamentales para garantizar la eficiencia del proceso y optimizar el uso de los recursos disponibles.

En resumen, el diagrama de flujo y los balances de materia son herramientas esenciales en el diseño y la operación de la planta de producción de proteína en polvo a partir del suero de leche ovino. Proporcionan una guía visual y cuantitativa que facilita la comprensión y el control del proceso, contribuyendo así a la eficiencia y la calidad del producto final.



Balance de materia: WPC 80



5. MAQUINARIA Y EQUIPOS

La selección de maquinaria y equipos se realizará conforme al volumen de producción previsto y las particularidades del producto final. El dimensionamiento deberá ser lo más preciso posible para evitar pérdidas y gastos innecesarios. La mayoría de los equipos, como es habitual en las industrias lácteas, estarán fabricados en acero inoxidable y formarán parte de un proceso continuo.

5.1. Analizador de suero lácteo

El análisis de la composición bioquímica del suero y la microbiología presente se realizará utilizando el analizador de leche Lactoscan SP45+. Este equipo emplea tecnología de ultrasonidos, lo que permite que la medición de la muestra no dependa de la acidez. Es fácil de instalar, utilizar y mantener, además de ser compacto y portátil. La calibración del analizador se llevará a cabo con tres tipos de leche de fábrica: leche de oveja, suero y crema. (*Lactoscan SP* y *Lactoscan SP+*).

Tabla 12: Capacidad de análisis Lactoscan

	Gama	Precisión
Grasa	0,01 – 45 %	± 0,10 %
Sólidos no grasos	3 - 15 %	± 0,15 %
Densidad	1,015 a 1,040 kg/L	± 0,0003 kg/L
Proteínas	2 - 7 %	± 0,15 %
Lactosa	0,01 - 6 %	± 0,20 %
Contenido de agua	0 - 70 %	± 3,0 %
Temperatura leche	1 - 40°C	± 1°C
Punto de congelación	-0,4 a -0,7 °C	± 0,001°C
Sales	0,4 - 1,5 %	± 0,05%
pH*	0 a 14	± 0,05%
Conductividad*	3 a 14 (mS/cm)	± 0,05% (mS/cm)

Fuente: *Lactoscan.es*

Tabla 13: Diferencias entre distintos modelos de analizadores de leche Lactoscan

Referencia	ZKN001	ZKN007	ZKN005	ZKN006
Modelo	LACTOSCAN SP	LACTOSCAN SP-45	LACTOSCAN SP+	LACTOSCAN SP-45+
Grasa	Nata hasta 25%	Nata hasta 45%	Nata hasta 25%	Nata hasta 45%
Temperatura ambiente	10°C - 40°C	10°C - 40°C	10°C - 40°C	10°C - 40°C
Humedad relativa	30 % - 80%	30 % - 80%	30 % - 80%	30 % - 80%
Alimentación: entrada	100-240V AC 50-60Hz	100-240V AC 50-60Hz	100-240V AC 50-60Hz	100-240V AC 50-60Hz
Alimentación: Salida	12 V DC	12 V DC	12 V DC	12 V DC
Consumo	36-42W	36-42W	36-42W	36-42W
Dimensiones (Anch x Prof x Alt)	175x175x150 mm	175x175x150 mm	175x175x150 mm	175x175x150 mm
Peso	< 1,5 kg	< 1,5 kg	< 1,5 kg	< 1,5 kg
Puerto USB	No	No	Si	Si
Sonda pH	No	No	Si	Si
Análisis Conductividad	No	No	Si	Si

Fuente: *Lactoscan.es*

Ilustración 12: Lactosan SP45+



Fuente: Lactosan.es

El uso del analizador de leche Lactoscan SP45+ es fundamental para garantizar la calidad del producto final. La capacidad del analizador para proporcionar resultados rápidos y precisos permite realizar ajustes inmediatos en el proceso productivo. Esto asegura la consistencia y la calidad del producto, ya que se pueden detectar y corregir desviaciones en la composición del suero de manera oportuna. Además, su facilidad de uso y mantenimiento reduce el tiempo de inactividad y mejora la eficiencia operativa.

5.2. Caudalímetro electromagnético

El caudalímetro electromagnético seleccionará con base en la ley de Faraday, que establece que una varilla metálica en movimiento a través de un campo magnético induce una tensión eléctrica. Este caudalímetro permitirá medir la velocidad del caudal de manera proporcional a la tensión eléctrica inducida por el movimiento de partículas con carga eléctrica.

Ilustración 13: Caudalímetro electromagnético Proline Promag D10



Fuente: Endress+Hauser Spain

Para optimizar el proceso productivo del lactosuero, se ha seleccionado el caudalímetro magneto-inductivo Endress+Hauser Proline Promag 10D, destacando por su capacidad de medir flujos de hasta 900 L/min. Este instrumento es esencial para monitorear y controlar con precisión el flujo del lactosuero, un subproducto de alto valor en la industria láctea. La exactitud que ofrece el Promag 10D en la medición del caudal es fundamental para una administración efectiva de los recursos, ya que permite realizar ajustes precisos en el flujo de acuerdo con las demandas específicas del proceso de producción.

La habilidad para mantener un control riguroso sobre el flujo del lactosuero no solo optimiza el uso de este valioso recurso, sino que también asegura la uniformidad en la calidad del producto final. Esto es particularmente importante en la industria alimentaria, donde la consistencia es un indicador clave de la calidad. El Promag 10D es capaz de proporcionar mediciones fiables que no se ven afectadas por las fluctuaciones en la presión, densidad, temperatura o viscosidad del fluido, lo que lo convierte en una herramienta indispensable en el proceso de fabricación.

Además, el uso del caudalímetro magneto-inductivo contribuye a la sostenibilidad del proceso productivo. Al garantizar una gestión eficaz del flujo de lactosuero, se reduce el desperdicio de material y se promueve una producción más limpia y ecológica. La implementación del Promag 10D refleja un compromiso con la innovación tecnológica y la mejora continua, aspectos críticos para mantener la competitividad en el mercado actual.

5.3. Tanques silo

Los silos almacenarán el lactosuero crudo hasta su procesamiento. Estos contarán con sistemas de agitación, medidores de vacío, llenado y temperatura, además de una doble camisa de aislamiento para mantener la calidad del lactosuero. Los silos serán verticales,

con una parte superior cónica y una inferior inclinada, y estarán fabricados en acero inoxidable con aislamiento de espuma de poliuretano de 100 mm.

Ilustración 14: Tanque silo



Fuente: Intranox

Para garantizar una operación eficiente y segura en la planta de procesamiento de lactosuero, se ha diseñado un sistema de almacenamiento que consta de varios tanques con capacidades específicas para cada etapa del proceso. Inicialmente, se establecerá un conjunto de dos tanques con una capacidad de 30.000 litros cada uno, destinados a la recepción inicial del lactosuero. Estos tanques están diseñados para manejar los 50.000 litros de lactosuero que se esperan procesar, con un margen adicional del 20%, lo que eleva la capacidad total requerida a 60.000 litros para acomodar posibles incrementos en el volumen de entrada.

Posteriormente, una vez que el lactosuero ha sido sometido al proceso de separación de grasas y finos de caseína, se necesitarán otros dos tanques de igual capacidad para almacenar el producto intermedio. Este paso es crucial para asegurar que el proceso de separación se realice sin interrupciones y que el producto resultante se mantenga en condiciones óptimas. Además, se dispondrá de otros dos tanques para el almacenamiento del permeado del lactosuero, un subproducto del proceso que también requiere manejo y almacenamiento cuidadosos para su posterior utilización o disposición.

Para los finos de caseína, que son un subproducto valioso del proceso de separación, se ha previsto un depósito especial de 100 litros. Este depósito está diseñado para preservar la calidad de los finos de caseína, evitando su contaminación y manteniendo su valor comercial. Por otro lado, la crema de suero, que es otro subproducto importante obtenido durante la separación, se almacenará en un tanque dedicado con una capacidad de 2000 litros. Este tanque permitirá un manejo adecuado de la crema, facilitando su procesamiento posterior o su venta como producto independiente.

El diseño de estos sistemas de almacenamiento no solo considera las necesidades de capacidad, sino que también se enfoca en mantener la homogeneidad del producto. Esto

se logra mediante la implementación de sistemas de agitación que mantienen el lactosuero en movimiento constante, evitando la sedimentación y la estratificación de sus componentes. Además, se han incorporado medidas de control de temperatura para preservar la calidad del lactosuero y sus subproductos, minimizando el riesgo de proliferación bacteriana y degradación del producto.

La infraestructura de almacenamiento propuesta para la planta de procesamiento de lactosuero está meticulosamente planificada para cubrir todas las etapas del proceso. Desde la recepción hasta el almacenamiento final de los subproductos, cada elemento ha sido diseñado para optimizar el espacio, maximizar la eficiencia y garantizar la calidad del producto final. Con estos sistemas, la planta estará bien equipada para manejar las demandas de producción y mantener los estándares de calidad e higiene requeridos en la industria alimentaria.

Hemos decidido utilizar los tanques silos de la marca IntraNOX, que ofrecen tanques a medida y con las características requeridas para nuestra industria.

Características de los tanques silo de IntraNOX	
Número de equipos necesarios	6
Espesor de la pared (mm)	4-10
Potencia, kW (absorbidos)	4
Diámetro (mm)	3000
Altura (mm)	6000

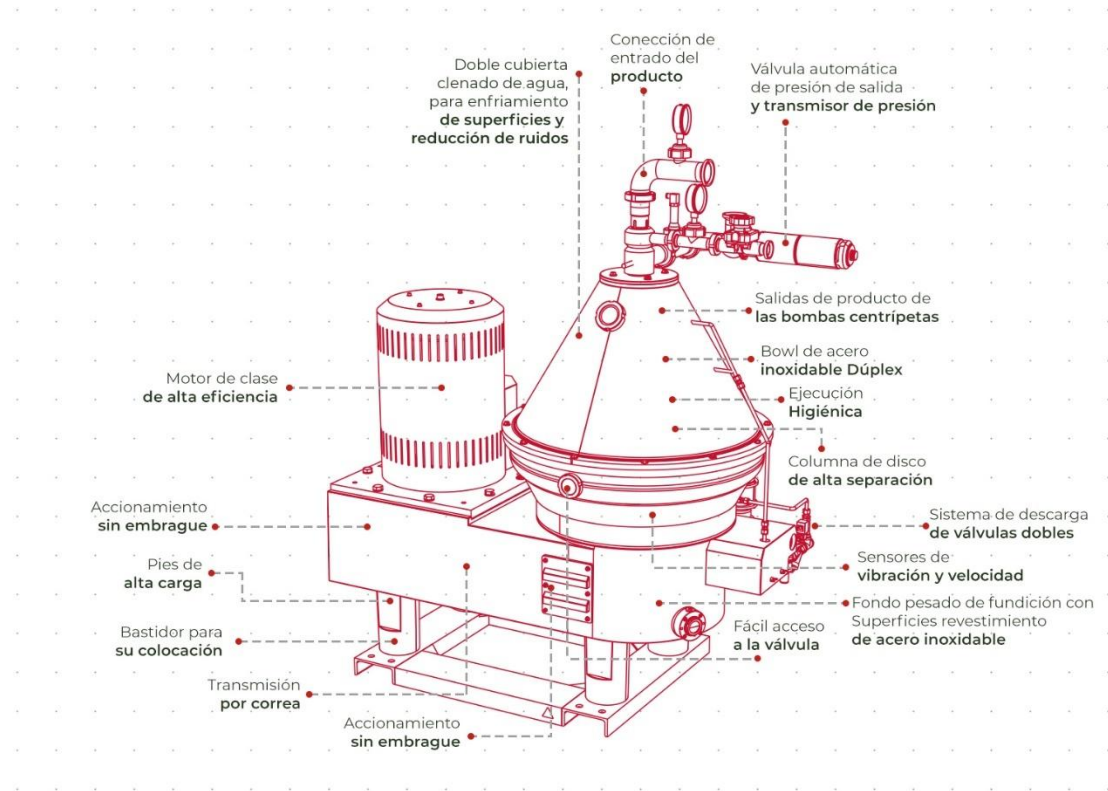
Fuente: IntraNOX

5.5. Decantador centrífugo

Los decantadores centrífugos utilizarán la fuerza centrífuga para clasificar mezclas de líquidos y sólidos, separando mecánicamente los componentes del suero. La centrifugación aprovecha la diferente velocidad de desplazamiento de las partículas según su forma, tamaño o peso al ser sometidas a una fuerza centrífuga para situarlas en distintos puntos de un disco para su posterior extracción. Nosotros utilizaremos dos que, aunque el principio de funcionamiento es el mismo, realizan dos funciones distintas.

El primero será un separador de la marca HAUS serie MAXCLEAN 5T, que se encargará de la limpieza del suero, eliminando las sustancias extrañas, el queso y los sedimentos de cuajada. Que no solo conlleva su limpieza si no que aumenta el rendimiento en la extracción de la grasa y, una limpieza de células somáticas y reducción de esporas.

Ilustración 15: Decantador centrífugo HAUS



Fuente: HAUS

Características técnicas del decantador centrífugo MAXCLEAN 5T

Potencia, kW (absorbidos)	11
Tamaño (Largo, Ancho, Alto) (mm)	1500x1830, 1850
Peso (Kg)	1300

Ilustración 16: Separador centrífugo HAUS



Fuente: HAUS

El segundo, se encargará de la separación de la crema, y será el HAUS serie MAXCREAM 5T. Este avanzado equipo está diseñado para adaptarse óptimamente a las necesidades específicas del procesamiento del suero, ofreciendo una operación continua y un mantenimiento sencillo. Su tecnología puntera asegura la máxima separación entre el lactosuero y la crema, contribuyendo así a la rentabilidad del proceso. Además, su robusta construcción y su sistema de control automatizado garantizan una operación confiable y de bajo costo, minimizando el tiempo de inactividad y maximizando la eficiencia productiva. La integración del separador centrífugo HAUS en la línea de producción es sinónimo de innovación y compromiso con la calidad, asegurando que los productos finales no solo cumplan, sino que superen las expectativas del mercado en términos de pureza, sabor y valor nutricional.

Características técnicas del decantador centrífugo MAXCREAM 5T	
Potencia, kW (absorbidos)	11
Tamaño (Largo, Ancho, Alto) (mm)	1500x1830, 1940
Peso (Kg)	1300

5.6. Intercambiadores de placas

Los intercambiadores de calor por placas utilizarán placas metálicas dispuestas en paralelo para transferir energía térmica entre dos materiales. La dirección del flujo será en contracorriente para maximizar la transferencia de energía. Estos equipos son conocidos por su eficiencia en el intercambio de calor, diseño compacto, versatilidad y facilidad de limpieza (*Bell & Gossett Bp400-20-lca | Intercambiador de calor 2nxr1 | Suministros Raptor España*).

Ilustración 17: Intercambiador de calor por placa Tetra Pak



Fuente: Tetra Pak

Para nuestra industria hemos seleccionado el intercambiador de calor de placas H4 Tetra Pak, que es una gama de intercambiadores de calor de altísima calidad desarrollado específicamente para lácteos y otros productos donde la higiene debe ser máxima. Estos intercambiadores son fundamentales para garantizar un control preciso de la temperatura en el procesamiento del lactosuero. Este control es vital no solo para la eficiencia energética, sino también para la calidad del producto final, ya que temperaturas consistentes y adecuadas son necesarias para mantener las características nutricionales y organolépticas del suero. Además, la estabilidad térmica durante el procesamiento asegura que el suero conserve sus propiedades funcionales y comerciales, lo que es esencial para la producción de derivados de alta calidad. Por lo tanto, la selección de un intercambiador de calor adecuado es un paso crítico que influye directamente en la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones de procesamiento del lactosuero.

Características técnicas del intercambiador de calor de placas H4 Tetra Pak®

Potencia, kW (absorbidos)	
Tipo	Plato único
Canal libre (mm)	3
Presión máxima de diseño (bar)	16
Temperatura máxima de diseño (°C)	160

Dimensiones:

Largo (mm)	450 - 2100
Ancho (mm)	260
Alto (mm)	802 - 1214

5.7. Unidad de ultrafiltración

Las unidades de ultrafiltración son sistemas prediseñados para concentrar proteínas utilizando el principio de la ultrafiltración, un proceso de filtración por membrana que permite segregar por tamaño molecular y conseguir separar la proteína del agua, los minerales y la lactosa, del suero lácteo.

Las membranas de dichos filtros se posicionan en espiral, lo que optimiza la producción y el rendimiento. Las múltiples capas dentro de cada membrana actúan en conjunto para brindar un proceso de filtración muy eficiente.

Para nuestra fábrica hemos elegido el sistema P de ultrafiltración de Tetra Pak® que se ajusta perfectamente a las propiedades que necesitamos.

Ilustración 18: Unidad de filtración por membrana de Tetra Pak



Fuente: Tetra Pak

El producto ingresa al tanque de equilibrio de la unidad de Ultrafiltración, y es bombeado a los circuitos de recirculación. El permeado, se elimina a medida que el producto pasa sobre las superficies de las membranas. La proteína concentrada sale del sistema como retentado. El permeado sale del sistema bombeado a través de líneas secundaria fuera del sistema. Este sistema está preparado para trabajar hasta 20 horas al día.

Características de la unidad de ultrafiltración por membranas Tetra Pak®	
Datos para cada 1000kg/hora	
Electricidad	2.5 kWh
Enfriamiento	1.8 kWh
Calentamiento relacionado con sistema CIP	0.7 kWh
Agua	57.5 Litros
Huella de carbono	1.83 kg CO ₂
Dimensiones	
Planta requerida	1,310 x 4,950 m
Altura requerida	2,550 m

5.7 Evaporador de múltiple efecto

El evaporador de múltiple efecto concentrará soluciones acuosas reduciendo el contenido de agua mediante la aplicación de calor. Este proceso es esencial para obtener un producto concentrado de proteína de suero.

Ilustración 19: Evaporador de múltiple efecto Tetra Pak



Fuente: Tetra Pak

El diseño innovador de este equipo de evaporación de múltiple efecto representa un avance significativo en la tecnología de procesamiento de suero. No solo permite una evaporación eficiente y económica, sino que también optimiza el uso de energía, lo que se traduce en una notable reducción de los costos operativos. Este sistema es esencial para alcanzar la concentración deseada de proteína en el suero, un factor crítico que garantiza

la calidad y pureza del producto final. Además, su capacidad para procesar grandes volúmenes sin comprometer la eficiencia energética lo convierte en un componente indispensable en el proceso de producción. La implementación de este evaporador asegura un proceso más sostenible y rentable, alineado con las prácticas de producción modernas que buscan maximizar la eficiencia mientras se minimiza el impacto ambiental.

Nuestra elección será el evaporador de película descendente MVR Tetra Pak® que está disponible para una amplia variedad de capacidades y composiciones, adaptándose adecuadamente a nuestras condiciones.

Características del evaporador de película descendente Tetra Pak ®	
Vapor, kg/h	800
Potencia, kW (absorbidos)	655
Agua fría, m ³ /h	12.5 m ³ /h
Anillo de agua	1.0 m ³ /h
Agua de sellado	1.5 m ³ /h
Dimensiones	
Planta requerida	15 x 7 m
Altura requerida	5.5 m

5.8 Secador por aspersión

El secado por aspersión es una técnica ampliamente utilizada en la industria agroalimentaria. Esta tecnología permite obtener un producto en polvo a partir de un líquido concentrado. El principio de operación es el de atomizar el producto generando pequeñas microgotas, así aumentamos su superficie específica, las cuales, al entrar en contacto con una corriente de aire caliente y seco, pulveriza y pierde su humedad.

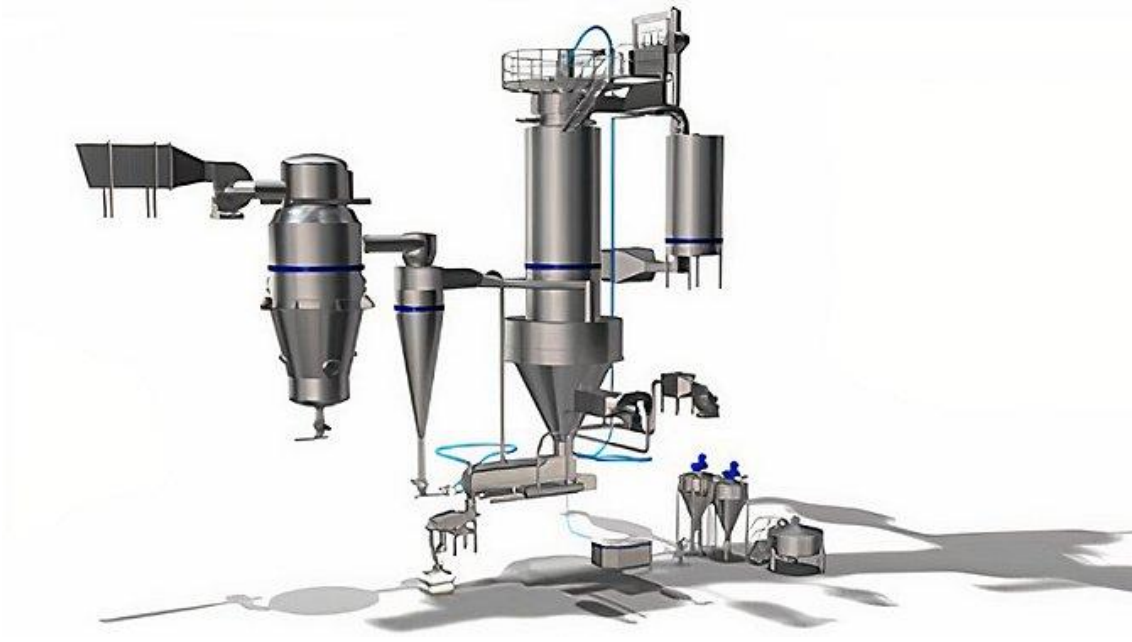
Las características del contacto con el aire caliente son fundamental en el rendimiento y calidad del secado. Prestaremos especial atención al flujo de aire, temperatura de entrada y salida de este, diámetro de gota, velocidad de aire, temperatura de alimentación, etc.

Este proceso de secado tiene varias ventajas:

- La evaporación de agua enfría el contenido de las partículas permitiendo usar varias temperaturas de aire
- Homogeneidad de los productos
- Proceso continuo
- Correcta presentación del producto final
- El producto final es un polvo fluido y soluble
- Secado de materiales termosensibles

Para nuestro proyecto se ha elegido el secador en spray de cuerpo alto Tetra Pak®, que es un sistema continuo para el secado con spray para polvos sensibles al calor. Suele ser adecuado para productos como WPC80, WPI, leche descremada, minerales y proteínas hidrolizadas.

Ilustración 20: Secador en spray de cuerpo alto Tetra Pak



Fuente: Tetra Pa

Características del secador de cuerpo alto Tetra Pak

Vapor, kg/h	6400
Potencia, kW (absorbidos)	540
Agua fría, m ³ /h	6

5.9 Envasador

La máquina de envasado que utilizaremos será el modelo LPE-PFM001 de Levapack, fabricado en acero inoxidable, se puede abrir para limpiarse y la alimentación en polvo es automática y cuantitativa.

Ilustración 21: Máquina de envasado Levapack



Fuente: Levapack

Parámetros técnicos del envasador LPE-PFM001 de Levapack

Capacidad de producción	20 - 35 envases/min
Rango de llenado	10 - 5000 g
Capacidad de la tolva del elevador	220 L
Capacidad de la tolva de llenado	50 L
Potencia	4.33 kW

Dimensiones

Longitud	2 m
Ancho	1.20 m
Altura	2.30 m

Maquinaria	Capacidad	Dimensiones (mm) Largo x ancho, Alto	Potencia
Analizador de suero lácteo	-	-	36 – 42 W
Caudalímetro electromagnético	900 L/min	-	-
Tanques silo			
Tanques recepción de materia prima (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Tanques de almacenamiento (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Tanques de almacenamiento de permeado del suero (2)	30.000 L	3.000x3.000, 6.000	4 kW (x2)
Depósito finos de caseína	100 L	-	-
Tanque para crema de suero	2000 L	-	4 kW
Decantadores centrífugos			
Decantador centrífugo para la limpieza del suero	Hasta 5000 L	1500x1830, 1850	11 kW
Decantador centrífugo para la separación de la crema	Hasta 5000 L	1500x1830, 1940	11 kW
Intercambiador de placas	-	2100x260, 1214	-
Unidad de ultrafiltración	Hasta 6000 kg/h de suero dulce	1310x4950, 2550	Electricidad 2,5 kW Enfriamiento 1,8 kW Sistema CIP 0,7 kW
Evaporador de múltiple efecto	Hasta 1 tonelada/h	15000x7000, 5500	655 kW
Secador por aspersión	Hasta 0,5 toneladas/h	3000x3000, 6000	540 kW
Envasador	Hasta 20 – 35 envases/min	2000x1200, 2300	4.33 kW

BIBLIOGRAFÍA

Parra Huertas, Ricardo Adolfo LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 62, núm. 1, 2009, pp. 4967-4982 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia *Albúmina de suero bovino*, [en línea]. Recuperado a partir de : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Bell & Gossett Bp400-20-lca | Intercambiador de calor 2nrx1 | Suministros Raptor España, [en línea]. Recuperado a partir de : https://www.raptorsupplies.es/pd/bell-gossett/bp400-20-lca?acc_typ=rp_spain&campaign_id=11321188520&campaign_network=g&device=c&utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjwqpSwBhCIARIsADlZ_TnrkXGKpgKyiyfsGLNPkfdpPXlho-LTXgkjc93o_t48_jzFAJRM4ywaAmmEEALw_wcB [accedido 28 marzo 2024].

Bylund Gösta, Dairy Processing Handbook. Tetra pak. Año de publicación: 2015. 486 pp

DIANELA, Poluján, 2015. *Procesamiento del lactosuero: elaboración de lactosa y aprovechamiento de proteínas. Revista: Tecnología Láctea Latinoamericana, n° 87, pp 44-49. Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa Fe, Argentina.*

Gómez-Álvarez Salinas, Fórmulas infantiles. Alimentación adaptada. Revista: Farmacia profesional Vol 16 Núm 8 Septiembre 2002

Kwashiorkor: MedlinePlus enciclopedia médica, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001604.htm> [accedido 7 marzo 2023].

Colaboradores de Wikipedia. *Kwashiorkor* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2023 [fecha de consulta: 30 de septiembre del 2023]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Kwashiorkor&oldid=154201788>.

Ballester Devis, Maria. 2005. La b-Lactoglobulina y su aplicación en transgénesis, editorial Bellaterra, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultat de Veterinaria.

C. Latham, Michael, 2001. La Nutrition dans les Pays en Développement. Université de Cornell, New York, États-Unis. ISBN 92-5-203818-3. https://www.fao.org/4/w0073f/w0073f00.htm.

Análisis de leche Lactoscan. Lactoscan SP y Lactoscan SP. Bulgaria. www.lactoscan.com.

MEJÍA CABEZAS, Nora Tahirí, CAMPOVERDE SANTOS, Diana Katherine y VELASCO MATVEEV, Luis Antonio, 2021. Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de tres tipos de lactosuero (ovino, bovino y caprino) para uso alimentario. *ConcienciaDigital*. Vol. 4, n.º 3.1, pp. 301-313. DOI 10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1831.

PÉREZ, Maria Dolores y CALVO, Miguel, 1995. Interaction of β -Lactoglobulin with Retinol and Fatty Acids and Its Role as a Possible Biological Function for This Protein:

A Review. *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, n.º 5, pp. 978-988.
DOI 10.3168/jds.S0022-0302(95)76713-3.

O. Martínez Augustin y E. Martínez de Victoria Muñoz, 2006. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. Universidad de Granada. Nutrición hospitalaria. pp 1-14.

Docentes del departamento de tecnología de los alimentos, 2020. Tema 2. Composición de la leche y factores que afectan a su composición, de la asignatura de tecnologías lácteas. Escuela técnica superior de ingeniería agronómica, alimentaria y de biosistemas, de la Universidad Politécnica de Madrid.

Anejo N°3

Ingeniería del diseño: Distribución en planta

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	FUNDAMENTOS DE UNA CORRECTA DISTRIBUCIÓN	3
3	PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	4
1.1.	Análisis relacional de las actividades	4
3.1.1.	Identificación y numeración de los procesos.....	4
3.1.2.	Tabla relacional de actividades	5
3.1.3.	Cálculo de las necesidades de espacio	9
3.1.4.	Primer boceto.....	11
3.1.5.	Plano en planta de las distintas zonas de la industria.....	11
4	Bibliografía	15

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anexo es la elaboración de una correcta distribución en planta para la industria que se plantea, ósea, una capaz de convertir 50.000 litros de lactosuero diario en proteína de suero lácteo en polvo. Este se basará en la agrupación de los diferentes procesos productivos en áreas específicas de trabajo. Una vez definidas estas áreas específicas, elaboraremos un estudio de proximidad para distribuir eficientemente las áreas en función de la maquinaria que requiera.

Para el diseño, cálculo y dimensionamiento de las áreas de trabajo utilizaremos el método S.L.P. (Systematic Layout Planning). Esta técnica se basa en analizar la relación entre departamentos basándose en el grado de cercanía entre ellos (Abotaleb, Nassar, Hosny 2016).

2 FUNDAMENTOS DE UNA CORRECTA DISTRIBUCIÓN

Para conseguir una correcta distribución en planta se deben tener en cuenta una serie de factores:

- El espacio debe ser suficiente tanto para los procesos productivos como para las conexiones entre las diferentes fases, intentando que el movimiento de las personas, la materia prima y la maquinaria sea el más eficiente.
- Se debe tener en cuenta una posible ampliación.
- Se tiene que garantizar la seguridad del personal.

En nuestra industria la distribución en planta será por producto, ya que, en nuestro caso, es el lactosuero el que se desplaza a lo largo de las distintas áreas para ser transformado, adaptándose el personal y la maquinaria a este flujo. La distribución en planta por producto es la que los recursos se disponen de tal manera que el producto (en su viaje por los recursos) sigue un camino reconocible y es habitual cuando el volumen de fabricación es elevado y la variedad de productos baja (Suhardini, Septiani, Fauziah 2017)(Marañón-Granados M M, A , Cortez-González, -Juárez).

La distribución en planta por producto nos permitirá obtener unas ventajas como son:

- Minimiza el tiempo en el transporte de los productos entre las diferentes áreas de la fábrica.
- Disminuye los espacios requeridos.
- Aumenta la velocidad de producción.
- Simplifica la supervisión.

3 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

El diseño de distribución en planta, como hemos comentado anteriormente, seguirá el método SLP. Este es un procedimiento sistemático en base a diversos criterios que permite organizar el proceso de planificación.

1.1. Análisis relacional de las actividades

3.1.1. Identificación y numeración de los procesos

A partir del proceso productivo realizado en el Anexo 2, realizaremos a continuación un estudio donde identificaremos las actividades y áreas necesarias para la transformación de suero lácteo en proteína en polvo.

1. Recepción de la materia prima: Esto se realizará en los muelles de carga, donde se recepcionará el suero de leche de oveja y se almacenará en tanques silo.
2. Control de calidad: En el laboratorio se procederá a las distintas pruebas fisicoquímicas y microbiológicas para asegurar la seguridad y calidad de la materia prima.
3. Proceso: Zona donde se llevará a cabo el proceso productivo, aquí se situarán los equipos y la maquinaria necesaria.
4. Almacén: Aquí almacenaremos los insumos y demás elementos imprescindibles para la producción o comercialización de algún producto y el stock del producto terminada hasta su despacho
5. Sala de calderas: Aquí se encontrará la caldera encargada de suministrar el vapor necesarios para las distintas etapas.
6. Sala de limpieza: En esta sala estarán todos los productos y el material de limpieza necesario para mantener la higiene
7. Oficinas: Esta zona se encargará de los trámites administrativos necesario para la gestión de la industria.
8. Aseos
9. Gestión de residuos

A continuación, mostramos una tabla resumen de las salas anteriores:

Tabla 1: Resumen de las distintas zonas de la industria

Actividades
1. Recepción de la materia prima
2. Control de calidad
3. Proceso
4. Almacén
5. Sala de calderas
6. Sala de limpieza
7. Oficinas
8. Aseos
9. Gestión de residuos

3.1.2. Tabla relacional de actividades

Para optimizar la distribución en planta, será necesario determinar una relación entre las distintas actividades según su importancia y su proximidad entre ellas.

Para ello cada actividad la relacionaremos con las otras a través de un código representado en la Tabla 2.

Tabla 2: Código de proximidad

Código	Importancia / Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Poco importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Tabla 3: Tabla relacional

Recepción de la materia prima	E								
Control de calidad		A							
Proceso	E		U						
Almacén		E		U					
Sala de limpieza	U		I		O		O		
Sala de calderas		U		O		X			
Oficinas	X		U		U				
Aseos		O		U					
Gestión de residuos	X		X						

Las relaciones entre cada una de las actividades están basadas en una serie de factores:

- Personal involucrado
- Maquinaria necesaria
- Peligros y salubridad
- Flujo de material

Realizada la Tabla 3, a continuación, realizamos un diagrama esquemático que represente la tabla relacional. Para esto, primero, estableceremos un color y una cantidad de líneas para cada código y posteriormente, asignaremos un símbolo según el tipo de actividad que se realiza y unimos ambos para obtener el diagrama esquemático.

Tabla 4: Código de colores

epciCÓDIGO	COLOR	Nº DE LÍNEAS
A	Rojo	4
E	Amarillo	3
I	Verde	2
O	Azul	1
U	Negro	-
X	Marrón	Discontinua

Tabla 5: Leyenda Ilustración 1







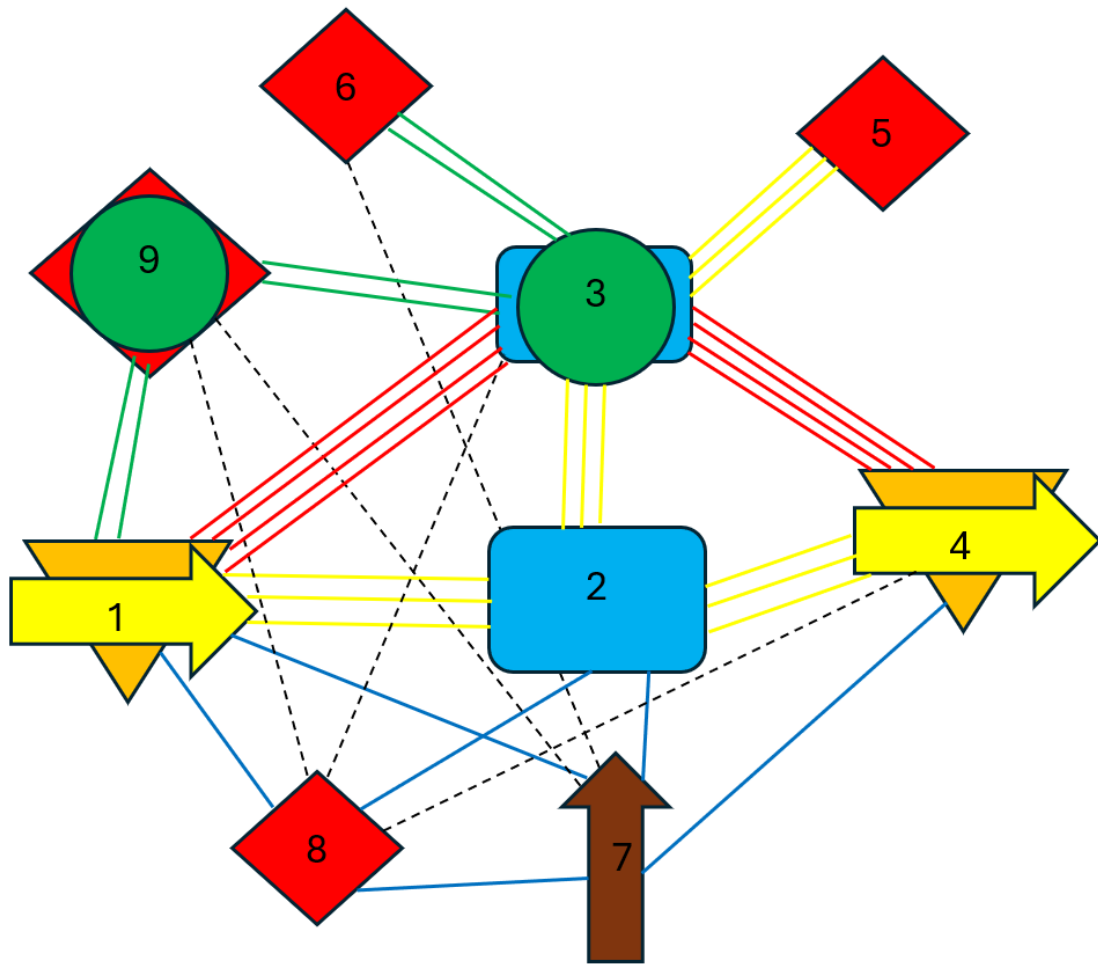
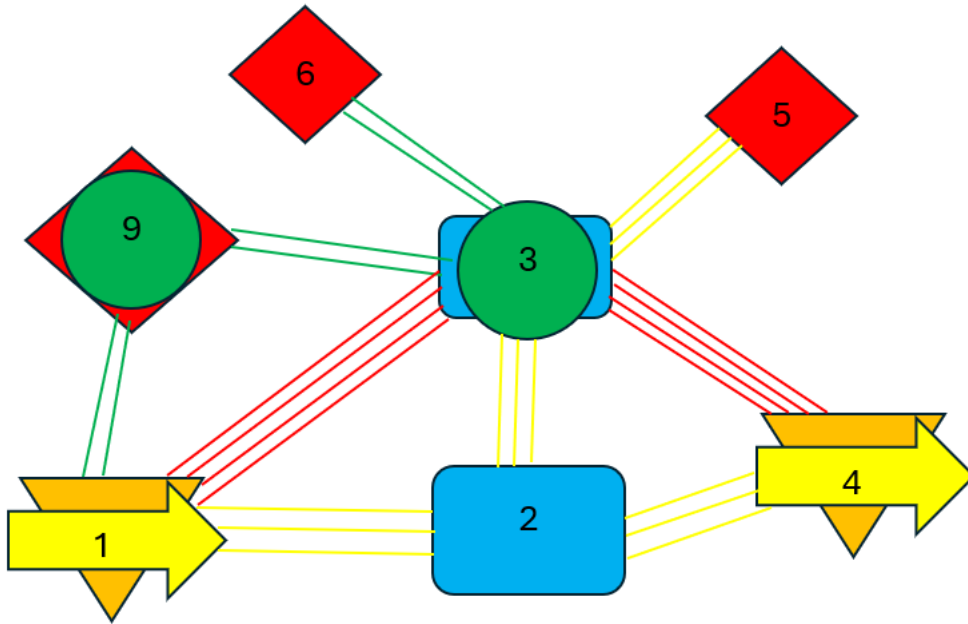
SÍMBOLO	COLOR	TIPO DE ACTIVIDAD
	Verde	Operación
	Amarillo	Transporte
	Naranja	Almacenamiento
	Azul	Inspección
	Rojo	Servicio de mantenimiento
	Marrón	Servicio administrativo

Ilustración 1: Diagrama relacional de actividades



Con objeto de clarificar el diagrama relacional, se realiza otro en el cual únicamente se tengan en cuenta las relaciones propias del proceso productivo, obviando representar las relaciones de proximidad “Poco importante” (O) y “No deseable” (X), ya que contribuye a visualizar más claramente los distintos procesos, objetivo principal de este diagrama.

Ilustración 2: Diagrama relacional simplificado



3.1.3. Cálculo de las necesidades de espacio

Para el dimensionamiento de nuestra industria y sus necesidades espaciales, es necesario conocer el tamaño de la maquinaria y el espacio que estas requieren para los procesos que ejecutan.

Para ello, sumaremos todos los espacios requeridos para las maquinarias aplicándoles un coeficiente de 2, para evitar problemas de espacio y mantener un margen efectivo, además de incluir las cintas transportadoras.

Tabla 6: Superficies mínimas requeridas

MAQUINARIA	DIMENSIONES (MM)	SUPERFICIE NECESARIA (M²) Aplicado coeficiente
Recepción, limpieza y almacenamiento de la materia prima		
Tanques silo recepción lactosuero (2)	(3000x3000x6000) x2	36,00
Decantador centrífugo para limpieza del suero	1500x1830, 1850	5,49
Decantador centrífugo para la separación de la crema	1500x1830, 1940	5,49
Depósito de finos de caseína	1000x1000x1000	2,00
Tanque para crema de suero	1500x1500x2000	4,5
Intercambiador de placas	2100x260, 1214	1,09
Tanques silo almacenamiento de suero limpio (2)	(3000x3000x6000) x2	36,00
TOTAL, RECEPCIÓN Y LIMPIEZA		90,57
Procesado del lactosuero		
Unidad de ultrafiltración	1310x4950, 2550	12,97
Evaporador de múltiple efecto	15000x7000, 5500	210
Secador por aspersion	3000x3000, 6000	18
Envasador	2000x1200, 2300	4,8
TOTAL, PROCESO		245,77
Almacén		
Estanterías industriales (2)	6000x800x2930	19,2
TOTAL, ALMACÉN		19,2
Sala de calderas		
Caldera	4000x5000	20
TOTAL, SALA DE CALDERA		40
Oficinas		
Mobiliario vario	4000x5000	20
TOTAL, OFICINAS		20
Laboratorio		
Mobiliario específico de laboratorio	4000x5000	20
TOTAL, LABORATORIO		20
Sala de limpieza		

Utensilios y maquinaria de limpieza	2500x4000	10
TOTAL, SALA DE LIMPIEZA		10
Aseos		
	2500x4000	10
TOTAL, ASEOS		10
Gestión de residuos		
Maquinaria y productos para la gestión de residuos	4000x5000	20
TOTAL, GESTIÓN DE RESIDUOS		20

Con lo que obtenemos una superficie total de nave de **475,54 m²**.

3.1.4. Primer boceto

Realizaremos un boceto inicial para la comparación por tamaños de las distintas zonas de trabajo

3.1.5. Plano en planta de las distintas zonas de la industria

Una vez tengamos el diagrama relacional de las actividades y los diferentes tamaños de las zonas, se procede a elaborar el diseño final de la planta de las actividades de nuestra industria.

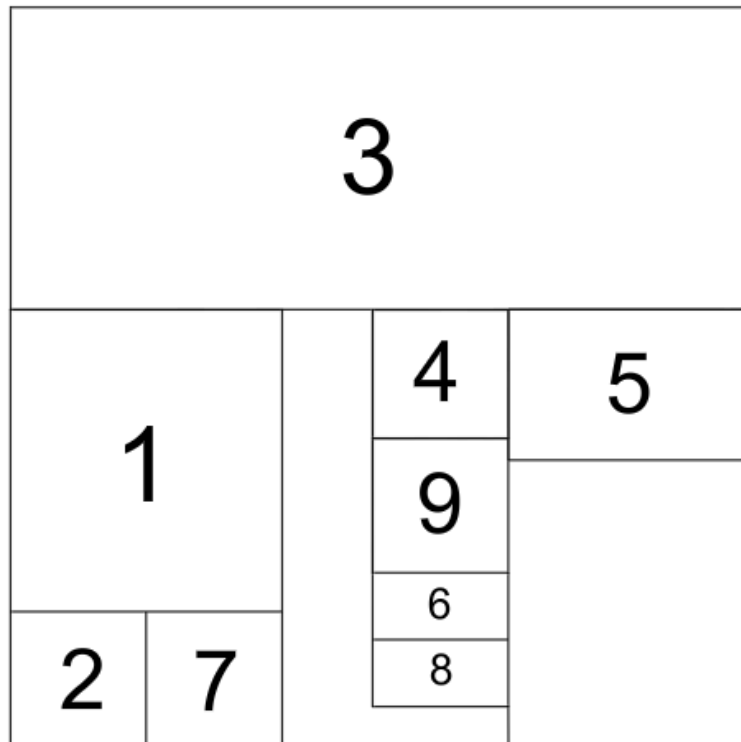
Es importante tener en cuenta una serie de factores a la hora de plantear nuestro diseño:

- La zona de recepción de productos debe estar protegida contra condiciones ambientales adversas. El tamaño de la zona de recepción debe ser adecuado y permitir a su vez la limpieza si se requiere
- En la zona de procesado se evitarán cruces entre las materias primas, productos y/o subproductos
- La zona de expedición del producto tendrá el tamaño suficiente y se adecuará a la capacidad de la empresa. Debe estar cerca del almacén de productos terminados.
- Las zonas de mantenimiento de maquinaria deben estar en zonas anexas y no deben comunicar con la zona de producción.
- La sala de limpieza estará apartada del resto de zonas evitando entrar en contacto con los productos alimentarios.

Con estos condicionantes procedemos a crear varios bocetos que encajen con estas características:

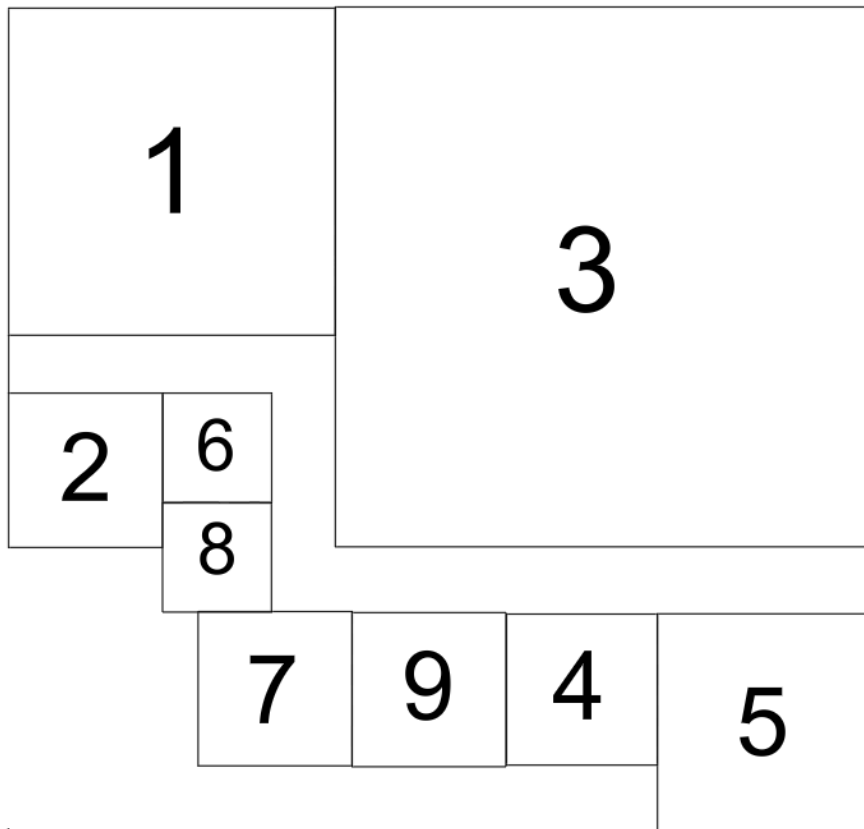
Este primer boceto tiene como características que minimiza los metros de pasillos, tiene el laboratorio adyacente a la zona de recepción de materia prima y sigue un esquema ligeramente en P.

Ilustración 3: Boceto con pasillo central, planta en P



En este segundo modelo todas las áreas tienen una superficie cuadrada, lo que les otorga a todas las salas un diseño simétrico y equilibrado, además maximiza la funcionalidad y la eficiencia del espacio.

Ilustración 4: Modelo 2 de distribución en planta, plantas cuadradas



En el diseño final hemos decidido mezclar formas rectangulares con formas semi-cuadradas para maximizar el espacio, y a su vez tengamos una distribución general de la industria rectangular. La industria tendrá un pasillo central que conectará todas las áreas de la fábrica, además de un pasillo de entrada por el que entrarán los empleados alejado de las áreas productivas, esto a su vez diferenciará la industria en dos zonas, por donde transcurre la materia y por donde solo discurre el personal. Para maximizar la higiene y evitar contaminaciones, la industria se ha organizado de tal manera que nunca se retroceda en el proceso productivo, además de nunca cruzarse los recorridos de entrada de la materia prima y el camino de salida del producto elaborado, estando en paredes contrarias.

Ilustración 5: Diseño final de la planta de la industria



Tabla 7: Leyenda del plano en planta de la industria

Zonas
1. Recepción y almacenamiento de la materia prima
2. Laboratorio
3. Área productiva
4. Almacén
5. Sala de calderas
6. Sala de limpieza
7. Oficinas
8. Aseos
9. Área para la gestión de residuos

4 Bibliografía

ABOTALEB, Ibrahim, NASSAR, Khaled y HOSNY, Ossama, 2016. Layout optimization of construction site facilities with dynamic freeform geometric representations. *Automation in Construction*. Vol. 66, p. 15-28. DOI 10.1016/j.autcon.2016.02.007.

MARAÑÓN-GRANADOS M M, A , CORTEZ-GONZÁLEZ, Murrieta-Dueñas R y - JUÁREZ, Hernández. *Aplicación del Método Systematic Layout Planing (SLP) Para Mejorar La Distribución en Planta del Proceso de Producción de Transformadores, 2016. «CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016» 21 y 22 de abril de 2016, Cortázar, Guanajuato, México. pp 11.*

SUHARDINI, D., SEPTIANI, W. y FAUZIAH, S., 2017. Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 277, n.º 1. DOI 10.1088/1757-899X/277/1/012051.

Anejo N°4

Instalaciones: Instalación de vapor e instalación de evaporación

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	INSTALACIÓN DE VAPOR	3
2.1	Intercambiadores de calor.....	3
2.1.1	Intercambiador encargado de la pasteurización del lactosuero	4
2.1.2	Sección de mantenimiento del intercambiador de calor.....	6
2.1.3	Evaporador de efecto múltiple.....	8
2.2	Instalación de vapor.....	13
2.2.1	Dibujar el esquema de la instalación con los elementos principales y accesorios contemplados en el Reglamento de Equipos a Presión	14
2.2.2	Identificar los tramos en la instalación	14
2.2.3	Fijar datos de cálculo generales.....	15
2.2.4	Cálculo del diámetro de la tubería, longitud equivalente, caudal de condensados y caída de presión en cada tramo	17
2.2.5	Comprobación de los diámetros elegidos.....	28
2.3	Dimensionamiento de los elementos de una instalación de producción y distribución de vapor.....	28
2.3.1	Determinar la potencia térmica del Generador y seleccionarlo.....	29
2.3.2	Determinar la potencia térmica del quemador.....	30
2.3.3	Calcular consumo horario de combustible de la instalación	31
2.3.4	Selección del Quemador.....	32
2.3.5	Dimensionamiento de la instalación de alimentación de combustible	32
2.3.6	Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento	32
3	MAQUINARIA Y EQUIPOS	34
3.1	Caldera de vapor.....	34
3.2	Módulo de recuperación de condensados.....	36
3.3	Distribuidor de vapor.....	37
3.4	Tanque de almacenamiento de combustible	38
4	BIBLIOGRAFÍA.....	40

1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a realizar un estudio de las instalaciones de vapor y las instalaciones de evaporación de nuestra industria. En ambas etapas es fundamental que su funcionamiento sea el más eficiente posible para obtener un producto de máxima calidad con el menor gasto posible.

En nuestra industria se trabajará con vapor de agua como fluido caloportador en todos los procesos que sea necesario elevar la temperatura del lactosuero o permeado del lactosuero. Para la conservación del lactosuero utilizaremos agua fría a 1°C antes de introducirlo en los tanques silo.

Dentro de la instalación de vapor se estudiará el intercambiador de calor encargado de pasteurizar el lactosuero antes de su procesado. También desarrollaremos las necesidades del evaporador implicado en la etapa de concentración de suero lácteo y sus necesidades energéticas. Finalmente calcularemos y diseñaremos la caldera de vapor que suministrará a estos procesos.

En el estudio de la instalación de agua fría, se estudiará el intercambiador de calor encargado de la refrigeración del lactosuero.

2 INSTALACIÓN DE VAPOR

2.1 Intercambiadores de calor

Durante la elaboración de proteína de suero lácteo hay una etapa en la que debemos calentar el lactosuero para eliminar la actividad microbiana y asegurar un producto seguro. Para ello, como hemos mencionado anteriormente, utilizaremos vapor saturado, que se define como: “un vapor cuya temperatura y presión son tales que cualquier compresión de su volumen a temperatura constante hace que se condense a líquido a una velocidad suficiente para mantener una presión constante”, la utilización de vapor saturado es una opción que conlleva una serie de ventajas como (*¿Para qué se utiliza el vapor? - Sincal*):

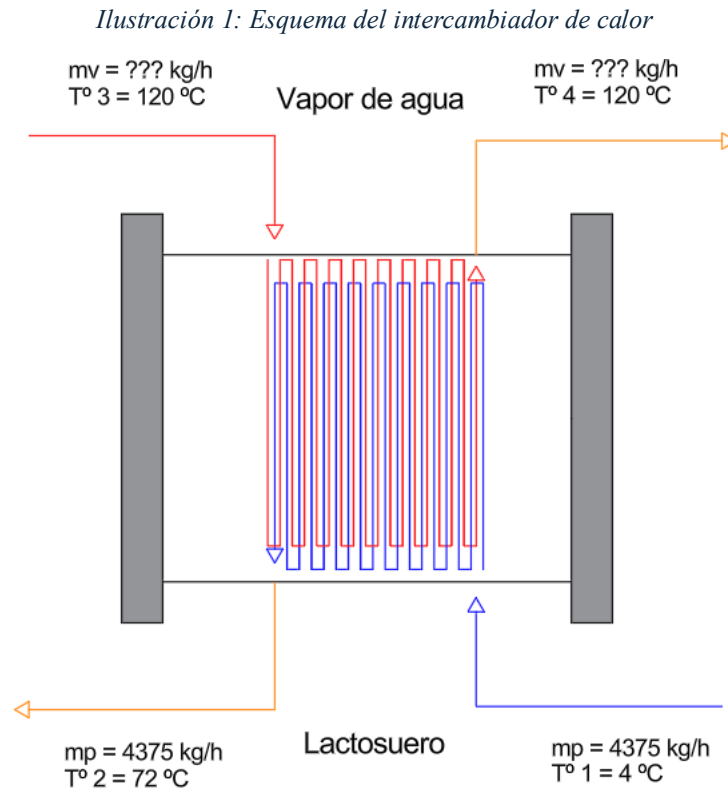
- Calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente.
- Se puede controlar rápida y precisamente la temperatura.
- Elevado coeficiente de transferencia de calor.
- Seguro, limpio y de bajo costo.

Todos los intercambiadores de calor que utilizaremos en la industria serán intercambiadores de calor por placas. A continuación, procederemos a estudiar las características de cada intercambiador, definiendo los flujos y la potencia térmica necesaria en su dimensionamiento, así como las diferentes temperaturas de entrada y

salida, los caudales másicos del vapor y la superficie de transferencia térmica de cada uno.

2.1.1 Intercambiador encargado de la pasteurización del lactosuero

El primero intercambiador que se va a estudiar es el encargado de la pasteurización del lactosuero. Este intercambiador se encuentra a la salida de los tanques silo de almacenamiento y se encargará de calentar el suero de leche de 4°C que es a la temperatura que se encuentra la leche en los tanques, a 72°C que es la temperatura que se necesita para la pasteurización del lactosuero durante 15 segundos. Para ello utilizaremos vapor de agua a 120°C.



Cálculos:

Datos	
mp (kg/h)	4375
mv (kg/h)	???
T° 1 (°C)	4
T° 2 (°C)	72
T° 3 (°C)	120
T° 4 (°C)	120
Cp lactosuero (kJ/kg°C)	4,06
U (W/m²°C)	1500
λv (entalpía de vaporización a 120°C) (kJ/kg)	2202,6

Para el cálculo del intercambiador de placas encargado de la pasteurización del lactosuero utilizaremos la fórmula del cálculo de la potencia en un intercambiador de calor (*Cómo dimensionar un intercambiador de calor - T-Solucionar*):

$$Q = mp \times cp \times \Delta T_p = mv \times \lambda v = U \times A \times (\Delta T) mL$$

Con esta fórmula y los datos que poseemos de ante mano, podemos calcular la potencia (Q) directamente entendiendo que esta se puede calcular con la energía necesaria para que un fluido alcance cierta temperatura, ósea la primera parte de la ecuación. En nuestro caso, lactosuero a 4°C que queremos que alcance 72 °C:

$$Q = mp \times cp \times \Delta T_p = 4375 \text{ (kg/h)} \times 4,06 \text{ (kJ/kg°C)} \times (72 - 4) \text{ (°C)} = \mathbf{1207850,00 \text{ kJ/h}}$$

$$Q = 1207850 \text{ kJ/h} \times 1000 \text{ J/kJ} \times 1\text{h}/3600 \text{ s} = \mathbf{335513,9 \text{ W} = 335,50 \text{ kW}}$$

Despejando la incógnita de la potencia que se requiere, podemos seguir el camino inverso para resolver la cantidad de vapor de agua (mv) que necesitamos que ceda su entalpía de vaporización (λv) para que nuestro lactosuero alcance dicha temperatura, ósea la segunda parte de la ecuación general:

$$Q = 1207850 \text{ kJ/h} = mv \times 2202,6 \text{ kJ/kg} \rightarrow$$

$$mv = \frac{1207850 \text{ kJ/h}}{2202,6 \text{ kJ/kg}} = \mathbf{548,37 \text{ kg/h}}$$

Una vez hemos calculado la cantidad de vapor de agua, vamos a calcular la diferencia de temperatura media logarítmica ((ΔT)_{mL}) con las temperaturas de entrada del lactosuero (T°1) y del vapor de agua (T°3) y de salida del intercambiador del lactosuero (T°2) y del vapor de agua (T°4):

$$(\Delta T)_{mL} = \frac{(T3-T2)-(T4-T1)}{\ln\left(\frac{T3-T2}{T4-T1}\right)} = \frac{(120-72)-(120-4)}{\ln\left(\frac{120-72}{120-4}\right)} = 77,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Teniendo la diferencia de temperatura media logarítmica ya podemos calcular la superficie del intercambiador (A):

$$Q = U \times A \times (\Delta T)_{mL} \rightarrow 335513,9 \text{ W} = 1500 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} \times A \times 77,06 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow$$

$$A = \frac{335513,9 \text{ W}}{1500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}} \times 77,06 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 2,90 \text{ m}^2$$

Con estos cálculos elaboramos una tabla de resultados para exponer los datos de una manera más clara y sencilla:

Tabla de resultados	
Q (kJ/h)	1207850,00
Q (kW)	335,50
mv (kg/h)	548,37
(ΔT) _{mL}	77,06
A (m ²)	2,90

2.1.2 Sección de mantenimiento del intercambiador de calor

En apartados anteriores hemos mencionado que para una correcta pasteurización del lactosuero debe someterse aproximadamente a 72°C durante 15 segundos. A continuación, realizaremos el cálculo y la justificación del tiempo de mantenimiento del intercambiador de calor.

Antes de todo, debemos saber que el lugar donde el lactosuero se pasteuriza, y se encuentra a 72°C durante 15 segundo se le denomina sección de mantenimiento. Esta sección consiste en una tubería en zigzag o en espiral, donde el lactosuero circulará a una temperatura determinada durante un determinado tiempo.

El objetivo de este apartado será calcular la longitud de tubería necesaria y la velocidad de flujo del lactosuero para que cumpla que el tiempo de permanencia sea igual al tiempo

de mantenimiento. Para ello será fundamental medir con exactitud el caudal que circule por la sección de mantenimiento.

Para calcular la longitud necesaria de tubo, primero deberemos calcular el volumen de lactosuero (V) que corresponde al caudal (Q) y al tiempo de mantenimiento (TM) supuesto. A todo esto, deberemos aplicarle el factor de eficiencia (η), que es la relación entre la transferencia real de calor y la transferencia de calor máxima posible, este suele rondar un valor de 0,9. Para el cálculo del volumen utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q \times TM}{3600 \times \eta} (dm^3)$$

Una vez tengamos el volumen de lactosuero, podremos obtener la longitud de mantenimiento con la siguiente ecuación:

$$L = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2} (dm)$$

Cálculo:

Datos	
Q (l/h)	4167
T° (°C)	72
TM (s)	15
Factor de eficiencia η	0,9
Diámetro (dm)	0,485

Con los datos que poseemos podemos calcular el volumen (V):

$$V = \frac{4167 \times 15}{3600 \times 0,9} (dm^3) = 19,29 dm^3$$

Una vez tengamos el volumen podemos introducirlo en la fórmula de la longitud y así obtener la longitud de mantenimiento:

$$L = \frac{19,29 \times 4}{\pi \times 0,485^2} (dm) = 104,41 dm \rightarrow 10,44 m$$

2.1.3 Evaporador de efecto múltiple

La opción que hemos elegido para la concentración del lactosuero es el evaporador de película descendente de Tetra Pak. Nuestro evaporador deberá procesar 199,68 kg/h de retentado con un 25% de extracto seco, para obtener 110,93 kg/h de retentado con un 45% de extracto seco.

El retentado de lactosuero entrará en el evaporador (primer efecto) y tras sucesivas etapas (primer y segundo efecto) obtendremos un retentado con un valor mucho más bajo de humedad preparado para entrar al secador. Estos vapores que se generan de la evaporación del producto son los que utilizaremos en la siguiente etapa, para así aprovechar el calor latente de estos vapores.

En cada etapa el punto de ebullición de nuestro retentado será distinta, siendo la mayor temperatura en la primera etapa con 70°C, que es la temperatura a la salida de la unidad de filtración por membranas. En todo el proceso el fluido calefactor será el vapor de agua a 120°C, que es el fluido caloportador en nuestra industria. Este vapor entrará en el primer efecto cediendo su calor y condensándose y teniéndose que extraer a través de un conducto para condensados. Por otro lado, se generarán vapores, debido a esta cesión de calor, que son los que recircularemos para las sucesivas etapas.

La temperatura de ebullición para el último efecto la hemos establecido en 50°C. Esto implica que habrá un salto térmico entre la primera y la última fase de 70 °C, que tendremos que repartir en los tres efectos de nuestro evaporador.

La evaporación en los evaporadores es una transformación adiabática, que se define como “la transformación en la cual no se produce intercambio de calor del gas con el exterior”(Primer Principio de la Termodinámica. Adiabática). Por tanto, la transferencia de calor será idéntica en cada una de las etapas. Siendo:

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Al igual que la superficie de intercambio de calor será:

$$A_1 = A_2 = A_3$$

Gracias a estas características del evaporador sumado a una recirculación final de los vapores hacia la calefacción del primero, obtendremos un ahorro energético considerable.

Para poder comenzar con los cálculos estableceremos que los sólidos totales aumentaran en el primer efecto hasta el 33%, en el segundo efecto hasta el 40% y en el tercer efecto hasta el 45% final.

Ilustración 2: Esquema del evaporador de efecto múltiple

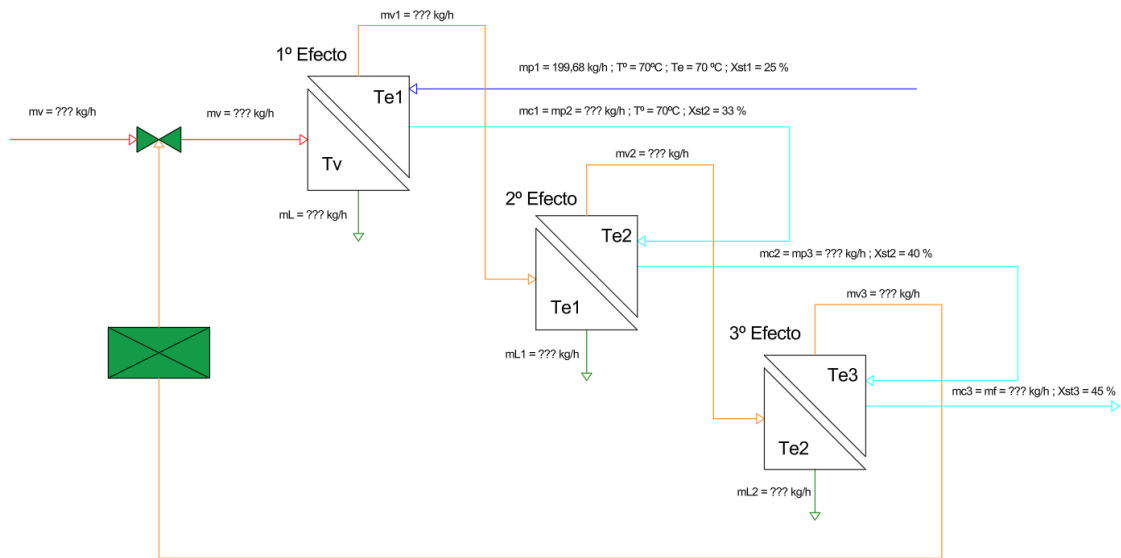


Tabla 1: Leyenda del esquema del evaporador

Leyenda del esquema del evaporador	
	Vapor de agua
	Permeado de lactosuero
	Permeado de lactosuero evaporado
	Vapor recirculado
	Vapores condensados
	Equipo de termocompresión
	Equipo de recompresión mecánica

Cálculo del primer efecto:

Datos para el cálculo del primer efecto	
T° mp1 (°C)	70
T° Ebullición (°C)	70
X st1 (% solidos totales)	25
X st2 (% sólidos totales)	33
T° v (°C)	120
λv (kJ/kg) [120°C]	2202,6
λv1 (kJ/kg) [70°C]	2333,8
mp1 (kg/h)	199,68

Con estos datos podemos comenzar haciendo un balance de materia y así obtener la masa que se dirigirá al segundo efecto, sabiendo que la materia que entra será igual a la materia que sale más el vapor que se genere:

$$mp1 = mv1 + mc1$$

Y sabiendo que el extracto seco se mantiene constante en materia total y que la materia que sale del primer efecto es igual a la que entra en el segundo efecto:

$$m_{p1} \times X_{st1} = m_{p2} \times X_{st2} \rightarrow 199,68 \text{ kg/h} \times \frac{25}{100} = m_{p2} \times \frac{33}{100} \rightarrow m_{p2} = 151,27 \text{ kg/h}$$
$$m_{p2} = m_{c1} = 151,27 \text{ kg/h}$$

Por tanto:

$$199,68 \text{ kg/h} = m_{v1} + 151,27 \text{ kg/h} \rightarrow m_{v1} = 199,68 \text{ kg/h} - 151,27 \text{ kg/h} = 48,41 \text{ kg/h}$$

Con estos datos ya podemos pasar al balance energético, calculándolo a través de la energía necesaria para que dicha cantidad de vapor se evapore:

$$Q = m_v \times \lambda_v = (m_1 \times c_{p1} \times \Delta T) + (m_{v1} \times \lambda_{v1})$$

Puesto que consideramos que no aumenta de temperatura el vapor que extraemos del retentado la ecuación se simplifica:

$$Q = m_v \times \lambda_v = m_{v1} \times \lambda_{v1}$$

Por tanto:

$$Q = m_{v1} \times \lambda_{v1} = 48,41 \text{ kg/h} \times 2333,8 \text{ kJ/kg} = 112979,26 \text{ kJ/h} = 31,38 \text{ kW}$$

Teniendo el calor necesario para dicha cantidad de vapor, podemos calcular la cantidad de vapor a 120°C necesario para aportar ese calor:

$$Q = m_v \times \lambda_v = m_{v1} \times \lambda_{v1} \rightarrow 112979,26 \text{ kJ/h} = m_v \times 2202,6 \text{ kJ/kg} \rightarrow$$

$$m_v = \frac{112979 \text{ kJ/h}}{2202,6 \text{ kJ/kg}} = 51,29 \text{ kg/h}$$

Sabiendo tanto la potencia térmica necesaria como la cantidad de vapor necesaria, podemos comenzar a calcular tanto el área del evaporador como la cantidad de tubos necesarios.

Tomando como ejemplos trabajos similares, vamos a considerar un coeficiente de transferencia de calor (U) para nuestro evaporador de 2000 W/m²°C, una longitud (L) de tubo vertical de 1 metro y un diámetro (D) de tubo de una pulgada ósea de 2,54 cm.

Especificaciones técnicas del evaporador	
U (W/m ² C)	2000
L (m)	1
Diámetro de tubo (cm)	2,54

Teniendo el calor necesario y los datos de la tabla podemos resolver el área de calefacción de nuestro evaporador:

$$Q = U \times A \times \Delta T \rightarrow 31,38 \times 10^3 \text{ W} = 4000 \text{ W/m}^2\text{°C} \times A \times (120-70) \text{ °C} \rightarrow$$

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \frac{31,38 \times 10^3 \text{ W}}{2000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\text{°C} \times (120-70)\text{°C}} = \mathbf{0,314 \text{ m}^2}$$

Con el área de calefacción necesaria podemos despejar el número de tubos necesarios de L(m) 1 metro y de diámetro de 2,54 cm:

$$A = \pi \times D \times L \times n^\circ \text{ de tubos} \rightarrow 0,360 \text{ m}^2 = \pi \times 0,0254 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times n^\circ \text{ de tubos} \rightarrow$$

$$\mathbf{N^\circ \text{ de tubos} = \frac{0,314 \text{ m}^2}{\pi \times 0,0254 \text{ m} \times 1 \text{ m}} = 3,935 \approx \mathbf{4 \text{ tubos}}}$$

Una vez tenemos el área de calefacción y el número de tubos de nuestro evaporador, que se mantendrán constantes a lo largo del proceso, comenzaremos a calcular los otros dos efectos de nuestro evaporador.

Datos para el cálculo del segundo efecto	
mp2 (kg/h)	151,27
X st 2 (% sólidos totales)	33
X st 3 (% sólidos totales)	40
mv1 = mL1 (kg(h))	48,41

Con estos datos podemos comenzar a realizar los cálculos del balance de materia:

$$mp2 = mv2 + mc2 \rightarrow 151,27 \text{ kg/h} = mv2 + mc2$$

$$mp2 \times Xst2 = mp3 \times Xst3 \rightarrow 151,27 \times 0,033 = mp3 \times 0,04 \rightarrow$$

$$mp3 = \frac{151,27 \text{ kg/h} \times 0,033}{0,04} = 124,80 \text{ kg/h}$$

$$mp3 = mc2$$

$$151,27 \text{ kg/h} = mv2 + 124,80 \text{ kg/h} \rightarrow mv2 = 26,47 \text{ kg/h}$$

Datos para el cálculo del tercer efecto	
mp3 (kg/h)	124,80
X st 2 (% sólidos totales)	40
X st 3 (% sólidos totales)	45
mv2 = mL2 (kg(h))	26,47

$$Mp3 = mv3 + mc3 \rightarrow 124,8 \text{ kg/h} = mv3 + mc3$$

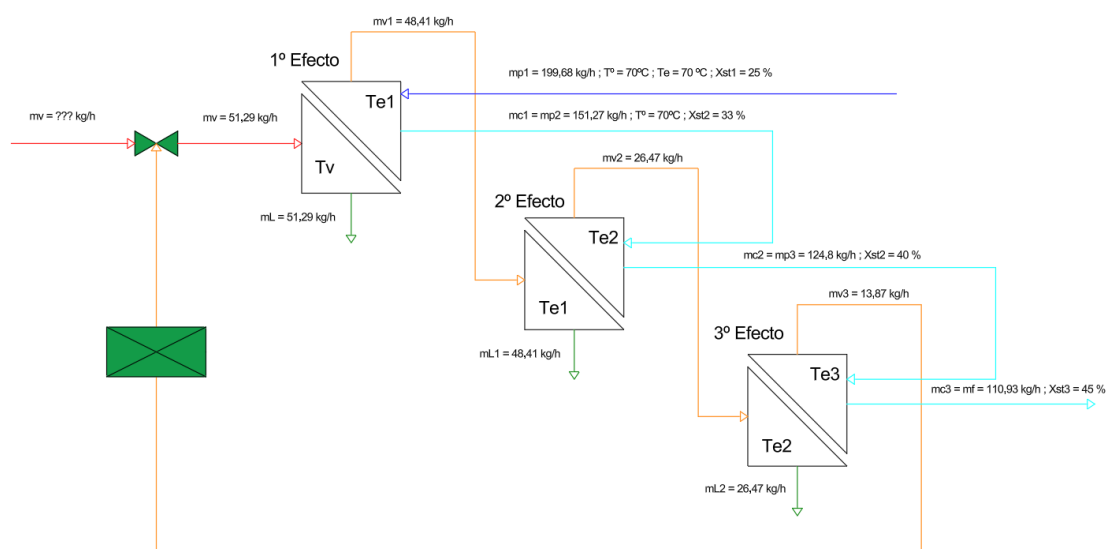
$$Mp3 \times Xst3 = mpf \times Xstf \rightarrow 124,8 \times 0,04 = mpf \times 0,045 \rightarrow$$

$$mpf = \frac{124,8 \text{ kg/h} \times 0,04}{0,045} = 110,93 \text{ kg/h}$$

$$mpf = mp3$$

$$124,8 \text{ kg/h} = mv3 + 110,93 \text{ kg/h} \rightarrow mv3 = 13,87 \text{ kg/h}$$

Ilustración 3: Esquema del evaporador de efecto múltiple resuelto



En el balance de materia del Anejo 2, calculamos que la cantidad de agua que se debía perder en el evaporador era de 88,75 kg/h para obtener un retentado con un 45% de extracto seco. Como comprobación, la suma de $mv1$, $mv2$ y $mv3$ de este apartado debería ser igual a los 88,75 kg/h de aquel apartado:

$$88,75 \text{ kg/h} = mv1 + mv2 + mv3 \rightarrow$$

$$88,75 \text{ kg/h} = 48,41 \text{ kg/h} + 26,47 \text{ kg/h} + 13,87 \text{ kg/h} \rightarrow$$

$$\mathbf{88,75 \text{ kg/h} = 88,75 \text{ kg/h}}$$

Por tanto, podemos considerar que los cálculos en el dimensionamiento han sido correctos.

Tabla resumen de los efectos del evaporador									
Datos comunes		Entrada		Efecto 1		Efecto 2		Efecto 3	
A (m ²)	0,314	mc (kg/h)	199,58	mc1 = mp2 (kg/h)	151,27	mc2 = mp3	124,8	mc3 = mf	110,93
Nº de tubos	4	mv (kg/h)	51,29	mv1 (kg/h)	48,41	mv2 (kg/h)	26,47	mv3 (kg/h)	13,87
Q (kJ/h)	112979,26								
Q (kW)	31,38								

2.2 Instalación de vapor

Una vez calculados los vapores necesarios en el proceso productivo, podemos comenzar el cálculo y dimensionamiento de las instalaciones requeridas.

Tabla 2: Resumen de las necesidades energéticas del proceso productivo

Equipo	Potencia requerida (kW)	Caudal (kg/h)
Intercambiador de calor	335,50	548,37
Evaporador	31,38	51,29

El dimensionamiento de la instalación de distribución seguirá el orden siguiente:

1. Dibujar el esquema de la instalación con los elementos principales y accesorios contemplados en el Reglamento de Equipos a Presión (2021)
2. Identificar los tramos en la instalación
3. Fijar datos de cálculo generales
4. Calcular el diámetro de línea en cada tramo
5. Calcular la longitud equivalente y total de cada tramo
6. Calcular el caudal de condensados producidos en cada tramo
7. Calcular la caída de presión experimentada en cada tramo
8. Comprobación de los diámetros de instalación

Aunque nosotros para una mejor organización y facilidad en el cálculo, calcularemos para cada tramo del paso 3º al 7º seguidos.

2.2.1 Dibujar el esquema de la instalación con los elementos principales y accesorios contemplados en el Reglamento de Equipos a Presión

Ilustración 4: Esquema de la instalación de vapor

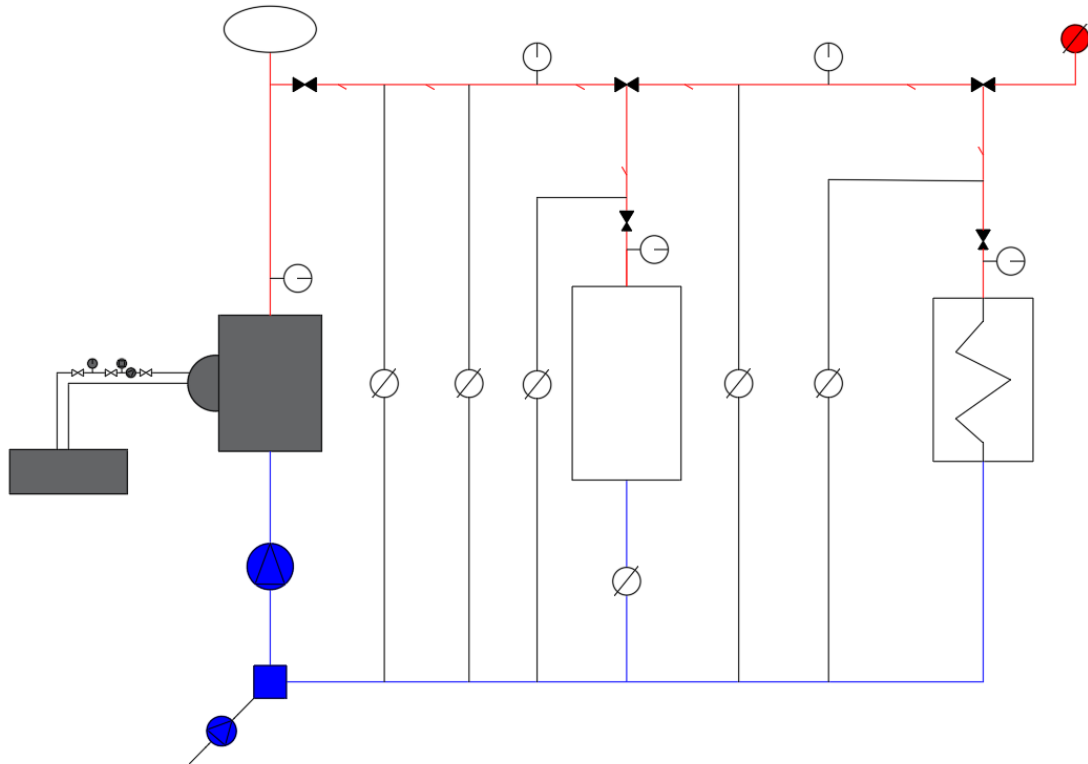
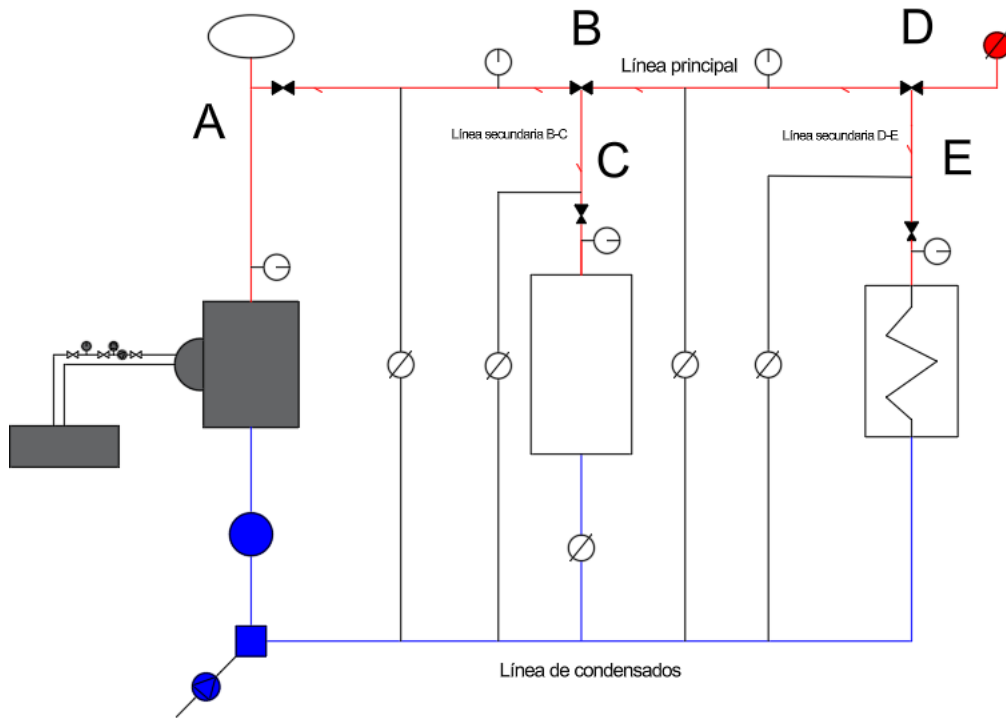


Tabla 3: Leyenda del esquema de la instalación de vapor

Leyenda del esquema de la instalación de vapor							
	Generador		Purgador de equipo		Vaso de expansión		Evaporador
	Alimentador de combustible		Purgador de línea		Bombeo		Intercambiador de calor
	Quemador		Purgador de aire		Filtro		Valvulería
	Depósito		Manómetro		Acumulador		

2.2.2 Identificar los tramos en la instalación

Ilustración 5: Esquema de la instalación de vapor identificados los tramos



2.2.3 Fijar datos de cálculo generales

En este apartado calcularemos:

- Caudal circulante (kg/h)
- Velocidad del vapor (m/s)
- Presión de circulación del vapor (bar)

Caudal circulante

Es la suma de los caudales de vapor necesarios en los intercambiadores de calor más el caudal de condensados producidos más las pérdidas por fugas y purgas:

$$C_{\text{circulante}} = \Sigma C_c + 10\% \text{ pérdidas (REP)} + C_{\text{condensados}} \text{ (kg/h)}$$

Según el Reglamento de Equipos a Presión el mayor porcentaje de pérdidas permitidos por fugas y purgas es del 10%, que es el valor que supondremos nosotros.

Con respecto al caudal de condensados, en una tubería depende del diámetro de la misma, y el diámetro depende del caudal que circula en su interior. Por lo que, realizaremos una

primera aproximación del caudal de condensados sabiendo que para una industria alimentaria tipo los condensados rondan los 60 – 180 kg/h (*Curso: Ingeniería de calor | MOODLE UPM - OFICIALES 24-25*). Por tanto, aplicaremos la fórmula del caudal circulante y la llevaremos a la centena siguiente siempre que ésta suponga una diferencia mayor a 60 kg/h.

$$\text{Caudales de los equipos} = \Sigma C_c = 548,37 \text{ kg/h} + 51,29 \text{ kg/h} = \mathbf{599,66 \text{ kg/h}}$$

$$\mathbf{10\% \text{ pérdidas (REP)} = 0,1 \times 599,66 = 59,96 \text{ kg/h}}$$

$$C_{\text{circulante}} = 599,66 \text{ kg/h} + 59,96 \text{ kg/h} = \mathbf{659,62 \text{ kg/h}}$$

Esta cifra la llevamos a la centena siguiente que será 700, como la diferencia entre el Caudal circulante y la siguiente centena es inferior a 60 kg/h y tiene que estar entre 60 y 180 kg/h, la llevamos a la siguiente centena, ósea **800**, con lo que estaremos suponiendo un caudal de condensados de **140,38 kg/h**. Este valor lo comprobaremos a posteriori si es correcto.

Velocidad de vapor

Para determinar el diámetro de las tuberías tenemos que fijar la velocidad de circulación. Para ello consideraremos las condiciones más desfavorables, ósea la velocidad de circulación máxima contemplada en el Reglamento de Equipos a Presión:

Líneas principales: 50 m/s → AB y BD

Líneas secundarias: 20 m/s → BC y DE

Presión del circuito

Para calcular la presión de circulación es necesario calcular las pérdidas en los conductos, y para ello necesitamos saber su diámetro.

Supondremos la mayor caída de presión permitida por el Reglamento de Equipos a Presión, que establece que no puede haber una pérdida mayor del 20% de la presión inicial en el punto más lejano de la instalación:

$$P_{\text{servicio}} = P_{\text{mayor equipo}} + 20\% \text{ pérdidas (REP) (bar)}$$

Nosotros consideraremos 4 bares de presión inicial, por tanto:

$$P_{\text{servicio}} = P_{\text{mayor equipo}} + 20\% \text{ pérdidas (REP) (bar)} \rightarrow P_{\text{servicio}} = 4 + 4 \times 0,2 = \mathbf{4,8 \text{ bar}}$$

Longitud tramos rectos

La longitud de tramos rectos, derivada de los planos de nuestra industria es la siguiente:

Tabla 4: Longitud de los tramos rectos

Longitud de los tramos (m)	
Línea Principal Tramo AB	12,4
Línea Secundaria Tramo BC	7
Línea Principal Tramo BD	9
Línea Secundaria Tramo DE	1,35

2.2.4 Cálculo del diámetro de la tubería, longitud equivalente, caudal de condensados y caída de presión en cada tramo

Teniendo el caudal circulante por cada tramo y la velocidad de vapor, podemos calcular el diámetro necesario de tubería:

$$D = [(4 \times Q) / (\pi \times v)]^{1/2}$$

Siendo:

D: Diámetro de la tubería (m)

Q: Caudal volumétrico (m³/s). $Q = m \times V_e$

Siendo:

m: Caudal másico (kg/s)

V_e: Volumen específico (m³/kg)

v: velocidad del vapor (m/s)

Tramo principal – AB:

- Diámetro:

Caudal másico **m**: 800 kg/h = **0,22 kg/s**

V_e del vapor de agua saturado a 4,8 bares es **0,39 m³/kg**

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,22 \text{ kg/s} \times 0,39 \text{ m}^3\text{/kg} = \mathbf{0,086 \text{ m}^3\text{/s}}$$

$$D = \left(\frac{4 \times 0,086}{\pi \times 50}\right)^{1/2} = 0,047 \text{ m} = 4,7 \text{ cm} = 1,85'' \approx \mathbf{2''}$$























- Longitud total (LT):

LT = Longitud tramos rectos + Longitud equivalente de accesorios

Ltramos rectos A → B = **12,4 m**

La longitud equivalente de los accesorios dependerá del tipo de accesorio, su número y su diámetro (2"). Las longitudes equivalentes de cada accesorio son las de la siguiente tabla:

Tabla 5: Longitudes equivalentes para los elementos de las conducciones de agua

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (") (mm)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30
	válvula retención paso de escuadra	1,33	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,40	11,1	12,8	15,4
	válvula de compuerta abierta	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0	42,0	51,0
	válvula de paso recto y asiento inclinado	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70
	válvula de globo	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	39,0	47,5
	válvula de asiento de paso recto	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5
	intercambiador	—	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	—	—	—	—	—
	radiador	—	—	—	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	—	—	—
	radiador con valvulería	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	caldera	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	14,00	15,00
	caldera con valvulería	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	contador general individual o divisionario	—	—	—	4,5	10	m.c.d.a.						

Para el tramo principal AB, los accesorios que implementaremos serán los siguientes:

- 3 curvas de 90° → 3 x 1,27 = **3,81 m**
- 1 Te de confluencia → **0,60 m**
- 1 válvula asiento de paso recto → **9,00 m**
- 1 válvula de retención de batiente → **1,90 m**
- 1 válvula de compuerta abierta → **0,55 m**

Por tanto, al suma de las longitudes equivalentes en el tramo AB será:

$$3,81 + 0,60 + 9,00 + 1,90 + 0,55 = \mathbf{15,86 m}$$

Por tanto, la longitud total (LT) será:

$$LT = 12,4 \text{ m} + 15,86 \text{ m} = 28,26 \text{ m}$$

Al ser esta distancia menor a 50 metros será suficiente con la instalación de un purgador de línea en este tramo.

- Caudal de condensados ($C_{\text{condensados}}$):

Para conocer el caudal de condensados de nuestro tramo principal utilizaremos la tabla II de la siguiente imagen:

Tabla 6: Tablas para el cálculo de los condensados para tuberías de vapor

TABLA I *Caudal condensado en el periodo de puesta en marcha*
expresado en kg/100 metros de tubería. Temperatura ambiente 21 °C

Presión del vapor kg/cm ² man.	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	Factor de corrección para -18° C
0,7	11	17	23	33	44	58	86	123	162	183	251	316	373	520	1,41
2	13	21	27	39	53	71	114	147	196	232	303	384	450	630	1,35
4	16	26	34	48	66	85	128	181	241	286	372	470	553	771	1,29
7	19	30	40	56	76	99	148	211	280	330	431	545	641	893	1,26
9	20	32	42	60	81	106	159	226	298	354	461	582	686	955	1,25
12	23	36	47	67	91	118	177	251	333	394	516	650	765	1065	1,23
18	26	41	53	76	102	133	199	284	375	445	580	732	861	1201	1,21
21	37	57	76	111	155	212	323	479	659	790	1015	1271	1555	1759	1,20
28	41	63	85	124	172	236	359	533	734	878	1129	1445	1729	2455	1,18
35	45	69	92	135	187	257	390	579	796	955	1228	1537	1778	2668	1,17
42	49	74	100	146	202	278	423	626	861	1033	1329	1664	2034	2885	1,16

Los caudales dados están basados en tuberías Schedule 40 para presiones hasta 18 kg/cm². Por encima de esta presión, tuberías Schedule 80.
Para temperatura exterior de -18 °C multiplicar el caudal por el factor de corrección indicado.

TABLA II *Caudal condensado en tuberías de vapor en condiciones de régimen*
expresado en kg/100 metros de tubería. Temperatura ambiente 21 °C. Aislamiento del 70 % de eficacia

Presión del vapor kg/cm ² man.	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	Factor de corrección para -18° C
0,7	9	10	13	16	19	24	30	36	43	48	54	58	65	79	1,58
2	12	13	16	21	25	30	39	43	56	62	71	76	85	101	1,50
4	15	18	21	27	36	40	49	61	73	80	92	100	110	132	1,45
7	18	22	27	33	42	49	61	76	91	100	115	126	138	165	1,41
9	19	24	30	36	45	54	67	83	98	109	125	134	150	180	1,39
12	24	28	34	39	49	56	79	98	116	128	146	159	177	211	1,38
18	27	33	40	50	62	74	92	114	137	150	173	187	208	250	1,36
21	30	37	45	55	68	80	101	126	150	165	187	205	229	273	1,35
28	34	42	51	64	79	94	119	147	176	193	220	241	268	321	1,33
35	40	49	58	73	91	109	135	170	201	220	253	275	306	366	1,32
42	45	55	65	82	101	122	153	190	226	248	284	309	345	412	1,31

Las cifras indican condensación debido a radiación y convección con vapor saturado.
Para temperatura ambiente de -18 °C multiplicar los valores de la tabla por el factor de corrección indicado.

Con esta tabla y conociendo el diámetro, la presión de servicio y la longitud total podemos conocer el Caudal de condensados de nuestro tramo.

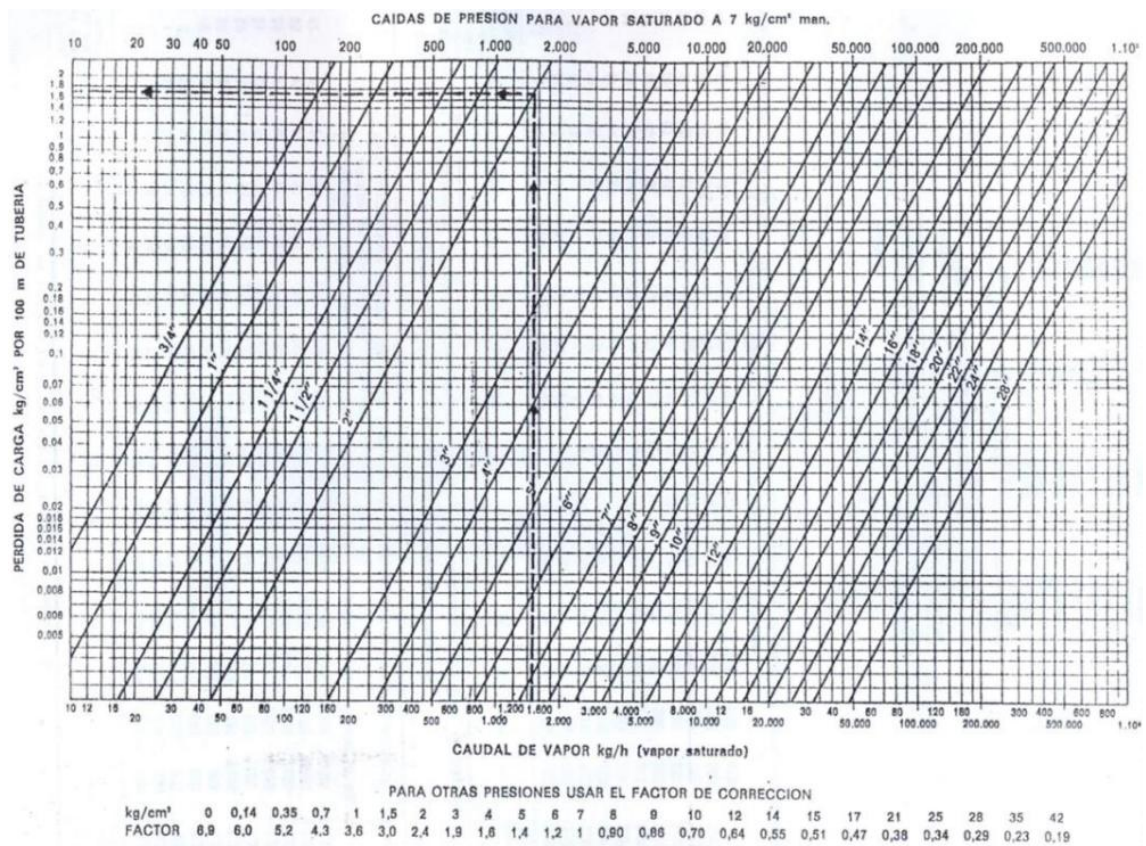
- Diámetro del tramo AB = 2"
- Presión de servicio = 4,8 bar
- Longitud total del tramo AB (LT) = 28,26 m

En nuestra tabla al no encontrarse el valor de 4,8 bar, estableceremos una relación entre el 4 y el 7 para obtener el valor más aproximado posible: **15,8 kg/100m**

$$C_{\text{condensados AB}} = C_{\text{condensados tabla}} \times \frac{LT}{100} \rightarrow C_{\text{condensados AB}} = 15,8 \times \frac{28,26}{100} = 4,47 \text{ kg/h}$$

- Caída de presión (ΔP):

Tabla 7: Caídas de presión para vapor saturado



Con el gráfico de la Tabla 7 y los datos anteriormente calculados podemos conocer la caída de presión en nuestra línea AB.

- Caudal circulante AB = **800 kg/h**
- Diámetro AB = **2"**
- Presión de servicio AB = **4,8 bar**
- Longitud total (LT) = **28,26 m**

El factor de corrección, nuevamente al no ser exacto, tendremos que interpolar entre los datos más cercanos, 4 y 5 bares: **1,44 bar**

La caída de presión se calculará como la presión del gráfico ajustada con el factor de corrección y acorde a nuestra longitud total, ósea:

$$\Delta P_{AB} = \Delta P_{\text{gráfico}} \times f_{\text{corrector}} \times \frac{LT}{100} \rightarrow \Delta P_{AB} = 0,3 \times 1,44 \times \frac{28,26}{100} = \mathbf{0,12 \text{ bar}}$$

Tramo Secundario – BC:

- Diámetro (D):

$$D = [(4 \times Q) / (\pi \times v)]^{1/2}$$

Q: Caudal volumétrico (m³/s). $Q = m \times V_e$

Para el cálculo del caudal volumétrico (Q) necesitamos saber el volumen específico (V_e) de nuestro vapor saturado a cierta presión, pero esta presión no es la misma que en el tramo principal; la presión de servicio de un tramo secundario es la presión de la línea principal anterior menos las caídas de presiones sufridas.

- $P_{\text{servicio}} = 4,8 \text{ bar} - 0,12 = \mathbf{4,68 \text{ bar}}$
- $C_c = 51,29 \text{ kg/h}$
- $V = 20 \text{ m/s}$

Con estos datos podemos empezar a calcular:

Caudal másico **m**: $51,29 \text{ kg/h} = \mathbf{0,014 \text{ kg/s}}$

V_e del vapor de agua saturado a 4,68 bares es **0,4 m³/kg**

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,014 \text{ kg/s} \times 0,4 \text{ m}^3\text{/kg} = \mathbf{0,006 \text{ m}^3\text{/s}}$$

$$D = \left(\frac{4 \times 0,006}{\pi \times 20} \right)^{1/2} = 0,019 \text{ m} = 1,9 \text{ cm} = 0,75'' \approx \mathbf{1''}$$

- Longitud Total (LT):

$$LT = \text{Longitud tramos rectos} + \text{Longitud equivalente de accesorios}$$

Longitud tramos rectos = 7 m

Accesorios:

- 1 válvula de retención de paso de escuadra = **8,5 m**
- 1 válvula de compuerta abierta = **0,26 m**

Longitud equivalente de accesorios = 8,5 + 0,26 = 8,76 m

Longitud total (LT) = 7 + 8,76 = 15,76 m

- Caudal de condensados ($C_{\text{condensados}}$):

- $D = 1''$
- $P_{\text{servicio}} = 4,68 \text{ bar}$
- $LT = 15,76 \text{ m}$

Para tuberías de diámetro menor a 2'' se toman los datos de condensados referidos a 2'', por tratarse de caudales difíciles de cuantificar

Interpolamos entre 4 y 7 en la Tabla 6: $C_{\text{condensados tabla}} = 15,68 \text{ kg/100m}$

$$C_{\text{condensados BC}} = C_{\text{condensados tabla}} \times \frac{LT}{100} \rightarrow C_{\text{condensados BC}} = 15,68 \times \frac{15,76}{100} = 2,47 \text{ kg/h}$$

- Caída de presión (ΔP):

- $D = 1''$
- $P_{\text{servicio}} = 4,68 \text{ bar}$
- $LT = 15,76 \text{ m}$
- $C_c = 51,29 \text{ kg/h}$

Utilizamos la Tabla 7 para calcular la caída de presión, pero antes interpolamos entre 4 y 5 para hallar el factor de corrección:

f corrector = **1,464**

ΔP gráfico = **0,001 bar**

$$\Delta P \text{ BD} = \Delta P \text{ gráfico} \times f \text{ corrector} \times \frac{LT}{100} \rightarrow \Delta P \text{ BD} = 0,001 \times 1,464 \times \frac{15,76}{100} = \mathbf{2 \times 10^{-4} \text{ bar}}$$

Tramo principal – BD:

- Diámetro (D):

$$D = [(4 \times Q) / (\pi \times v)]^{1/2}$$

Q: Caudal volumétrico (m³/s). $Q = m \times V_e$

$C_c = 800 - (mv \text{ BC} + \text{Caudal condensados AB} + \text{Caudal condensados BC}) \rightarrow$

$C_c = 800 - (51,29 + 4,47 + 2,47) = \mathbf{741,77 \text{ kg/h}}$

$P_{\text{servicio}} = \mathbf{4,68 \text{ bar}}$

$V = \mathbf{50 \text{ m/s}}$

Con estos datos podemos calcular el diámetro del tramo BD:

Caudal másico **m**: $741,77 \text{ kg/h} = \mathbf{0,206 \text{ kg/s}}$

V_e del vapor de agua saturado a 4,68 bares es **0,4 m³/kg**

$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,206 \text{ kg/s} \times 0,4 \text{ m}^3\text{/kg} = \mathbf{0,082 \text{ m}^3\text{/s}}$

$$D = \left(\frac{4 \times 0,082}{\pi \times 50} \right)^{1/2} = 0,046 \text{ m} = 4,6 \text{ cm} = 1,81'' \approx \mathbf{2''}$$

- Longitud total (LT):

LT = Longitud tramos rectos + Longitud equivalente de accesorios

Longitud tramos rectos = **9 m**

Accesorios tramo BD:

- 1 curva de 90° → **1,27 m**
- 1 Te de confluencia → **0,60 m**
- 1 válvula de retención de batiente → **1,90 m**
- 1 válvula de compuerta abierta → **0,55 m**

Longitud equivalente de los accesorios = 1,27 + 0,60 + 1,90 + 0,55 = **4,32 m**

Longitud total (LT) = 9 m + 4,32 m = 13,32 m

- Caudal de condensados ($C_{\text{condensados}}$):

D = 2"

Pservicio = 4,68 bar

LT = 13,32 m

Nuevamente al no encontrarse el valor de 4,68 bares interpolamos entre 4 y 7 en la Tabla 6 : $C_{\text{condensados}} \text{ tabla} = \mathbf{15,68 \text{ kg/100m}}$

$$C_{\text{condensados}} \text{ BD} = C_{\text{condensados}} \text{ tabla} \times \frac{LT}{100} \rightarrow C_{\text{condensados}} \text{ BD} = 15,68 \times \frac{13,32}{100} = \mathbf{2,09 \text{ kg/h}}$$

- Caída de presión (ΔP):

- D = 2"
- Pservicio = 4,68 bar
- LT = 13,32 m
- $C_c = 741,77 \text{ kg/h}$

Utilizamos la Tabla 7 para calcular la caída de presión, pero antes interpolamos entre 4 y 5 para hallar el factor de corrección:

f corrector = **1,464**

ΔP gráfico = **0,48 bar**

$$\Delta P \text{ BD} = \Delta P \text{ gráfico} \times f \text{ corrector} \times \frac{LT}{100} \rightarrow \Delta P \text{ BD} = 0,48 \times 1,464 \times \frac{13,32}{100} = \mathbf{0,094 \text{ bar}}$$

Tramo secundario – DE:

- Diámetro (D):

$$D = [(4 \times Q) / (\pi \times v)]^{1/2}$$

Q: Caudal volumétrico (m³/s). $Q = m \times V_e$

Para el cálculo del caudal volumétrico (Q) necesitamos saber el volumen específico (V_e) de nuestro vapor saturado a cierta presión, pero esta presión no es la misma que en el tramo principal; la presión de servicio de un tramo secundario es la presión de la línea principal anterior menos las caídas de presiones sufridas.

- $P_{servicio} = 4,8 \text{ bar} - (0,12 + 0,094) = \mathbf{4,586 \text{ bar}}$
- $C_c = \mathbf{548,37 \text{ kg/h}}$
- $V = \mathbf{20 \text{ m/s}}$

Con estos datos podemos empezar a calcular:

Caudal másico **m**: $548,37 \text{ kg/h} = \mathbf{0,152 \text{ kg/s}}$

V_e del vapor de agua saturado a 4,586 bares es **0,421 m³/kg**

Q (m³/s) = $0,152 \text{ kg/s} \times 0,421 \text{ m}^3/\text{kg} = \mathbf{0,064 \text{ m}^3/\text{s}}$

$$D = \left(\frac{4 \times 0,064}{\pi \times 20} \right)^{1/2} = 0,040 \text{ m} = 4 \text{ cm} = 1,57'' \approx \mathbf{2''}$$

- Longitud Total (LT):

$LT = \text{Longitud tramos rectos} + \text{Longitud equivalente de accesorios}$

Longitud tramos rectos = 1,35 m

Accesorios:

- 1 válvula de retención de paso de escuadra = **16,5 m**

- 1 válvula de compuerta abierta = **0,55 m**

Longitud equivalente de accesorios = 16,5 + 0,55 = 17,05 m

Longitud total (LT) = 1,35 m + 17,05 m = 18,40 m

- Caudal de condensados ($C_{\text{condensados}}$):

- $D = 2''$
- $P_{\text{servicio}} = 4,586 \text{ bar}$
- $LT = 18,40$

Interpolamos entre 4 y 7 en la Tabla 6: $C_{\text{condensados tabla}} = 15,586 \text{ kg/100m}$

$$C_{\text{condensados DE}} = C_{\text{condensados tabla}} \times \frac{LT}{100} \rightarrow C_{\text{condensados DE}} = 15,586 \times \frac{18,40}{100} = \mathbf{2,868 \text{ kg/h}}$$

- Caída de presión (ΔP):

- $D = 2''$
- $P_{\text{servicio}} = 4,586 \text{ bar}$
- $LT = 18,40 \text{ m}$
- $C_c = 548,37 \text{ kg/h}$

Utilizamos la Tabla 7 para calcular la caída de presión, pero antes interpolamos entre 4 y 5 para hallar el factor de corrección:

f corrector = **1,483**

ΔP gráfico = **0,27 bar**

$$\Delta P_{\text{DE}} = \Delta P_{\text{gráfico}} \times f_{\text{corrector}} \times \frac{LT}{100} \rightarrow \Delta P_{\text{DE}} = 0,27 \times 1,483 \times \frac{18,40}{100} = \mathbf{0,074 \text{ bar}}$$

Tabla 8: Resumen de los resultados obtenidos en el dimensionamiento de la instalación de vapor

Tabla resumen de resultados				
Tramo	Principal AB	Secundario BC	Principal BD	Secundario DE
P_{servicio} (bar)	4,8	4,68	4,68	4,586
C_c	800	51,29	741,77	548,37
V (m/s)	50	20	50	20

D (")	2	1	2	2
LT (m)	28,26	15,76	13,32	18,40
C _{Condensados} (kg/h)	4,47	2,47	2,09	2,868
ΔP (bar)	0,12	2 x 10 ⁻⁴	0,094	0,27

2.2.5 Comprobación de los diámetros elegidos

Una vez realizados los cálculos pertinentes debemos comprobar la validez de los supuestos realizados en el caudal de condensados y en la caída de presión:

- Comprobación caudal de condensados:

$$\sum C_{\text{condensados}} < 140,38 \text{ kg/h (Caudal de condensados supuesto)}$$

$$\sum C_{\text{condensados}} = 4,47 + 2,47 + 2,09 + 2,868 = \mathbf{11,898 \text{ kg/h} < 140,38 \text{ kg/h}}$$

Al ser inferior al caudal de condensados supuesto es correcto.

- Comprobación de caída de presión:

$$\sum \Delta P < 0,8 \text{ kg/h } (\Delta P_{\text{total supuesto}} (20\%))$$

$$\sum \Delta P = 0,12 + 2 \times 10^{-4} + 0,094 + 0,27 = \mathbf{0,484 \text{ bar} < 0,8 \text{ bar}}$$

Por tanto, la pérdida de presión total es menor al 20% que permite el Reglamento de Equipos a Presión.

2.3 Dimensionamiento de los elementos de una instalación de producción y distribución de vapor

Una vez calculados y comprobados los diámetros de las líneas de vapor procederemos al cálculos de los elementos de la instalación:

1. Determinar la potencia térmica del Generador
2. Seleccionar Generador
3. Determinar la Potencia térmica de Quemador
4. Calcular consumo horario de combustible de la instalación

5. Seleccionar Quemador
6. Calcular la instalación de alimentación de combustible
7. Determinar la capacidad de los tanques de almacenamiento

2.3.1 Determinar la potencia térmica del Generador y seleccionarlo

Se determinarán dos valores de la Potencia Térmica del Generador (Potencia útil), en función del periodo de funcionamiento, en el periodo de puesta en marcha inicialmente el agua del circuito está a la temperatura de reposo de la instalación, ósea fría; y en el periodo de régimen el agua de retorno se encuentra a una temperatura mezcla de los condensados y el agua de red tratada para compensar pérdidas por fugas y purgas.

$$\text{Potencia útil}_{\text{puesta marcha}} = (h_{\text{g vapor}} - h_{\text{f agua}}) \times C_{\text{circulante}}$$

Siendo:

$h_{\text{g vapor}}$: entalpía de vaporización del vapor producido por el generador (kJ/kg) en nuestro caso a 4,8 bares

$h_{\text{f agua}}$: entalpía sensible del agua fría de alimentación del generador en el periodo de puesta en marcha (kJ/kg), en nuestro caso a 32,88 °C

$C_{\text{circulante}}$: Caudal de vapor producido por el generador (kg/h)

$$h_{\text{g vapor}} = 2746,78 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{\text{f agua}} = 137,82 \text{ kJ/kg}$$

$$C_{\text{circulante}} = 800 \text{ kg/h}$$

$$\text{Potencia útil}_{\text{puesta marcha}} = (h_{\text{g vapor}} - h_{\text{f agua}}) \times C_{\text{circulante}} = (2706,7 \text{ kJ/kg} - 137,82 \text{ kJ/kg}) \times 800 \text{ kg/h} =$$

$$\mathbf{2087168 \text{ kJ/h}}$$

$$\text{Potencia útil}_{\text{régimen}} = (h_{\text{g vapor}} - h_{\text{f condensados}}) \times C_{\text{circulante}}$$

Siendo:

$h_{\text{g vapor}}$: entalpía de vaporización del vapor producido por el generador (kJ/kg) 4,8 bares

$h_{\text{f condensados}}$: entalpía sensible de los condensados que llegan al generador en régimen (kJ/kg) 120°C

$C_{\text{circulante}}$: Caudal de vapor producido por el generador (kg/h)

$$h_{\text{g vapor}} = 2746,78 \text{ kJ/kg}$$

$$h_f \text{ condensados} = 505,6 \text{ kJ/kg}$$

$$C_{\text{circulante}} = 800 \text{ kg/h}$$

$$\text{Potencia útil régimen} = (h_g \text{ vapor} - h_f \text{ condensados}) \times C_{\text{circulante}} = (2706,7 \text{ kJ/kg} - 505,6 \text{ kJ/kg}) \times 800 \text{ kg/h} =$$

$$\mathbf{1792944 \text{ kJ/h}}$$

Una vez tenemos calculada las potencias útiles del generador, a la presión que va a trabajar (4,8 bares) y el caudal circulante (800 kg/h); podemos seleccionar el generador que más nos convenga. En nuestro caso hemos decidido optar por un generador tipo **pirotubular**, debido a que las presiones a las que vamos a trabajar son bajas y las temperaturas de operación no superan los 300 °C, en estos casos dentro de las industrias alimentarias suelen ser las más indicadas.

2.3.2 Determinar la potencia térmica del quemador

Al igual que en el generador, tenemos que calcular dos valores de la potencia térmica del quemador (potencia nominal), en función de si nos encontramos en el periodo de puesta en marcha o en el periodo de régimen. Además, aquí debemos considerar el valor del rendimiento del generador η en nuestro caso **0,9**.

$$\text{Potencia nominal puesta en marcha} = (h_g \text{ vapor} - h_f \text{ agua}) \times C_{\text{circulante}} / \eta = \text{Potencia útil puesta en marcha} / \eta$$

Siendo:

$h_g \text{ vapor}$: entalpia de vaporización del vapor producido por el generador (kJ/kg)

$h_f \text{ agua}$: entalpía sensible del agua fría de alimentación del generador (kJ/kg)

$C_{\text{circulante}}$: Caudal de vapor producido por el generador (kJ(kg)

$$\text{Potencia nominal puesta en marcha} = \text{Potencia útil puesta en marcha} / \eta = 2087168 / 0,9 =$$

$$\mathbf{2319075,56 \text{ kJ/h}}$$

$$\text{Potencia nominal régimen} = (h_g \text{ vapor} - h_f \text{ condensados}) \times C_{\text{circulante}} / \eta = \text{Potencia útil régimen} / \eta$$

Siendo:

$h_{g\text{vapor}}$: entalpía de vaporización del vapor producido por el generador (kJ/kg)

h_f condensados: entalpía sensible de los condensados que entran en el generador (kJ/kg)

$C_{\text{circulante}}$: Caudal de vapor producido por el generador (kJ/kg)

$$\text{Potencia nominal}_{\text{régimen}} = \text{Potencia útil}_{\text{régimen}} / \eta = 1792944 / 0,9 = \\ \mathbf{1992160 \text{ kJ/h}}$$

2.3.3 Calcular consumo horario de combustible de la instalación

Como en los anteriores apartados habrá dos valores de Consumo horario de combustible, en función de los periodos de funcionamiento de puesta en marcha y régimen.

El combustible que utilizaremos será Gasóleo C, con una densidad de 850 kg/m^3 y un poder calorífico inferior (PCI) de 41800 kJ/kg . Esta decisión se basa principalmente en que el polígono industrial donde se ubica la nave no hay conexión a la red de gas natural ni está prevista su instalación. Esto conlleva una serie de desventajas como (*Calefacción Gasoil O Gas Natural*):

- El precio, el gasoil puede llegar a constarnos entre un 20% y un 40% más que el gas natural.
- La contaminación, el gasoil es más contaminante.
- Debes pagar por adelantado por el total del combustible, con el gas natural pagas por lo que consumes.

A cambio nos dará una serie de ventajas (*Ventajas y beneficios del diésel para operación empresarial*):

- Tiene una larga vida útil, no se descompone rápidamente y mantiene su integridad por más tiempo.
- Su principal ventaja es la facilidad de su transporte, pudiendo obtener un suministro de gasóleo prácticamente en cualquier lugar.
- Es un combustible muy seguro de almacenar y manejar, se almacena a presión ambiente y el riesgo de explosión es muy bajo.

$$\text{Consumo horario}_{\text{puesta en marcha}} = \text{Potencia nominal}_{\text{puesta en marcha}} / \text{PCI}$$

$$\text{Consumo horario}_{\text{puesta en marcha}} = \text{Potencia útil}_{\text{puesta en marcha}} / \eta / \text{PCI}$$

Siendo:

η : rendimiento del generador

PCI: Poder calorífico Inferior del combustible (kJ/kg)

$$\text{Consumo horario}_{\text{puesta en marcha}} = \text{Potencia nominal}_{\text{puesta en marcha}} / \text{PCI} = 2319075,56 / 41800 = \mathbf{55,48 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Consumo horario}_{\text{régimen}} = \text{Potencia nominal}_{\text{régimen}} / \text{PCI} = 1992160 / 41800 = \mathbf{47,66 \text{ kg/h}}$$

2.3.4 Selección del Quemador

Para elegir el quemador tendremos en cuenta los siguientes factores:

- Potencia nominal en puesta en marcha: **2319075,56 kJ/h**
- Consumo horario de combustible en puesta en marcha: **55,48 kg/h**
- Presión de trabajo del quemador: **dada por el fabricante**
- El tipo de combustible: **líquido**

Para estas características hemos seleccionado un **quemador de pulverización**, que cumple con las necesidades de nuestra industria y es el más utilizado en las industrias lácteas.

2.3.5 Dimensionamiento de la instalación de alimentación de combustible

En nuestra industria hemos optado por un **sistema de alimentación de combustible con anillo de circulación**, que permite un buen ajuste en el consumo de combustible y se ajusta a las características de nuestra instalación.

2.3.6 Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de combustibles líquidos se define en función del Consumo diario de combustible. Y este se calcula como la suma del consumo horario en puesta en marcha por la duración de este periodo, más el consumo horario en régimen por la duración del periodo de régimen:

$$\text{Consumo diario} = C. \text{ horario }_{p.m.} \times \text{horas }_{p.m.} + C. \text{ horario }_{\text{régimen}} \times \text{horas }_{\text{régimen}}$$

$$\text{Consumo horario }_{p.m.} = \mathbf{55,48 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Horas }_{p.m.} = \mathbf{2 \text{ h}}$$

$$\text{Consumo horario }_{\text{régimen}} = \mathbf{47,66 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Horas }_{\text{régimen}} = \mathbf{8 \text{ h}}$$

$$\text{Consumo diario} = 55,48 \text{ kg/h} \times 2 \text{ h} + 47,66 \text{ kg/h} \times 8 \text{ h} = \mathbf{492,24 \text{ kg/día}}$$

El Reglamento de Equipos a Presión RD 809/2021 establece que los tanques de almacenamiento deben cumplir una serie de características para su capacidad:

- Debe garantizarse la alimentación durante 30 días
- El nivel máximo de llenado será del 85 %
- La capacidad unitaria por depósito es de 50.000 L

Por tanto, la capacidad de almacenamiento la calcularemos como:

$$\text{Capacidad almacenamiento} = \text{Consumo diario} \times 30 \times \% \text{ llenado}$$

$$\text{Capacidad almacenamiento (kg)} = 492,24 \text{ kg/día} \times 30 \text{ días} \times 85/100 = \mathbf{12552,12 \text{ kg}}$$

Densidad Gasóleo C: 0,83 kg/L

$$\text{Capacidad de almacenamiento (L)} = 12552,12 \text{ kg} \times 0,83 \text{ kg/L} = \mathbf{10418,26 \text{ L}}$$

Para esta capacidad dispondremos un **tanque de almacenamiento de 12.000 L**

Tabla 9: Resumen de la instalación de producción y distribución de calor

Resumen de las características de la instalación de producción y distribución de calor		
	Puesta en marcha (p.m.)	Régimen (r)

Potencia útil (kJ/h)	2087168	1792944
Potencia nominal (kJ/h)	2319075,56	1992160
Consumo horario (kg/h)	55,48	47,66
(L/h)	46,05	39,56
Tipo de Generador	Pirotubular	
Tipo de Quemador	Pulverizador	
Tipo de sistema de alimentación	Con anillo de circulación	
Tanque de almacenamiento	1 tanque de almacenamiento líquido de 12.000 L	

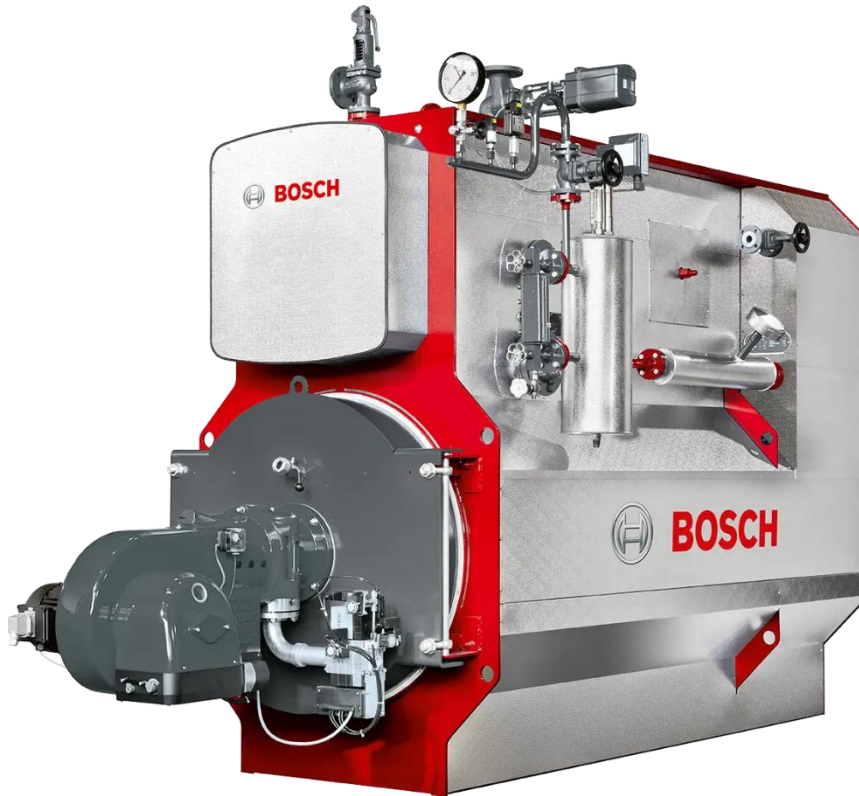
3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

En este epígrafe describiremos brevemente las características de los distintos equipos de la instalación de generación y distribución de calor de nuestra industria.

3.1 Caldera de vapor

Hemos seleccionado al Caldera de vapor Universal U-MB, una caldera de vapor de tres pasos de agua de diseño modular.

Ilustración 6: Caldera de vapor universal U-MB



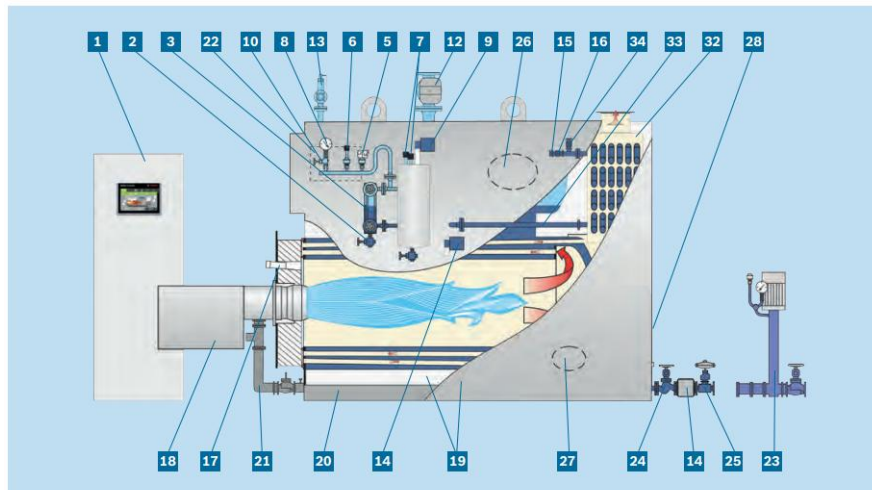
Fuente: Bosch-industrial

Parámetros técnicos de la caldera de vapor UNIVERSAL U-MB (<i>Caldera de vapor Universal U-MB Calderas de vapor Productos Comercial e industrial</i>)	
Medios de transferencia de calor	Vapor saturado a baja presión
Tipo de construcción	3 pasos: hogar + dos pasos de humo en tubos. Diseño pirotubular
Producción kg/h	200 a 2.000
Presión de diseño en bar	16
Temperatura máx. en °C	204
Combustible	Gasoil, gas
Dimensiones	
Longitud	3,516 m

Ancho	1,523 m
Altura	2,450 m

Esta caldera incluye la caldera aislada con el equipamiento correspondiente, el cuadro eléctrico de control de la caldera y un sistema de combustión de bajas emisiones, sensores y actuadores varios.

Ilustración 7: Sección de la caldera universal U-MB



- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Cuadro eléctrico y control de caldera BCO. 2 Grifo de purga, para toma de muestras de agua. 3 Indicador óptico del nivel de agua con cristal protector y reflector. 5 Presostato de seguridad. 6 Transductor de presión (4-20 mA). 7 Electrodo limitadores de nivel bajo de agua. 8 Manómetro. 9 Transmisor de nivel (4-20 mA). 10 Válvula del manómetro. 12 Válvula de salida de vapor. 13 Válvula de seguridad tipo resorte. 14 Medición continua de la conductividad y del contenido en sales. 15 Válvula de retención del agua de alimentación. 16 Válvula de cierre del agua de alimentación, libre de mantenimiento. 17 Mirilla. 18 Quemador. | <ul style="list-style-type: none"> 19 Aislamiento térmico con revestimiento de protección. 20 Bancada. 21 Rampa de gas. 22 Caja de conexiones. 23 Módulo de bomba de alimentación de agua a caldera 24 Válvula de cierre de purga, libre de mantenimiento 25 Válvula de purga automática de lodos. Dispositivo de cierre rápido. 26 Boca de inspección del lado del vapor. 27 Boca de inspección del lado del agua. 28 Registro de inspección del lado de los gases de escape. 32 Intercambiador de calor de gases de escape ECO. 33 Conducto de conexión de tubos ECO / caldera. 34 Válvula de purga de aire. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Bosch-industrial

3.2 Módulo de recuperación de condensados

Para una mayor eficiencia y ahorro de nuestro sistema, introducimos el módulo de recuperación de condensados CSM de Bosch. Que recoge todos los condensados que se generan y los retorna la circuito de vapor (*Módulo de recuperación de condensados CSM | Componentes para calderas de vapor | Componentes | Productos | Comercial e industrial*).

Ilustración 8: Módulo de recuperación de condensados CSM



Fuente: Bosch-industrial

La instalación consta de un depósito de condensado, un módulo de boba de condensados, armario de control, piezas de equipamiento y el aislamiento térmico montado de fábrica.

3.3 Distribuidor de vapor

Para distribuir el vapor hemos seleccionado el Distribuidor de vapor SD de la marca Bosch. Su diseño es el de un tubo de acumulación con un número determinado de salidas de tubo en función del pedido, que se monta en fábrica en una unidad modular con las conexiones, las válvulas y los accesorios necesarios (*Distribuidor de vapor SD | Componentes para calderas de vapor | Componentes | Productos | Comercial e industrial*).

Ilustración 9: Distribuidor de vapor SD



Fuente: Bosch-industrial

3.4 Tanque de almacenamiento de combustible

Utilizaremos un depósito de gasoil de 12000 litros de la marca Gespasa, cilíndrico horizontal de doble pared, fabricado en acero interior y exterior para instalación aérea, cumple con la norma UNE 12285-2 para capacidades superiores de 3000 litros.

Ilustración 10: Depósito de gasoil de 12000 litros



Fuente: GESPASA

Parámetros técnicos del depósito de gasoil de 12000 litros (Depósitos de gasoil 15000 litros - Direct Fluid)

Conjunto de venteo de 400 mm – 2” con seta o cortafuegos con rejilla incorporada

Conjunto de aspiración de 1”

Boca de carga de 3” V_k-80 de latón con cadena en la tapa

Detector de sobrellenado

Sistema de medición mediante reloj indicador con tubo guía o regleta

Alivio de presión

Válvula anti sifónica ajustable de 1”

Separador de hidrocarburos

Arqueta toma de muestras AT-100

Dimensiones

Peso	1940 kg
Longitud	5,500 m
Ancho	2,500 m
Altura	2,150 m

4 BIBLIOGRAFÍA

Caldera de vapor Universal U-MB | Calderas de vapor | Productos | Comercial e industrial, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.bosch-industrial.com/es/es/ocs/comercial-e-industrial/caldera-de-vapor-universal-u-mb-669473-p/> [accedido 20 noviembre 2024].

Calefacción Gasoil O Gas Natural, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://gruposuroeste.es/blog/calefaccion-gasoil-o-gas-natural/> [accedido 1 diciembre 2024].

Cómo dimensionar un intercambiador de calor - T-Solucion, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://t-solucion.com/que-es-y-como-dimensionar-un-intercambiador-de-calor/> [accedido 20 noviembre 2024].

Curso: Ingeniería de calor | MOODLE UPM - OFICIALES 24-25, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=3673> [accedido 20 noviembre 2024].

Depositos de gasoil 15000 litros - Direct Fluid, [en línea]. Recuperado a partir de : https://directfluid.com/depositos-de-gasoil-15000-litros/?srsltid=AfmBOoq8eIPfmcF_XyMPfanCi0tZYkv9qy5rfaZ5tZ2y3LZDQiuctYw6 [accedido 20 noviembre 2024].

Distribuidor de vapor SD | Componentes para calderas de vapor | Componentes | Productos | Comercial e industrial, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.bosch-industrial.com/es/es/ocs/comercial-e-industrial/distribuidor-de-vapor-sd-669558-p/> [accedido 20 noviembre 2024].

Módulo de recuperación de condensados CSM | Componentes para calderas de vapor | Componentes | Productos | Comercial e industrial, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.bosch-industrial.com/es/es/ocs/comercial-e-industrial/modulo-de-recuperacion-de-condensados-csm-669542-p/> [accedido 20 noviembre 2024].

¿Para qué se utiliza el vapor? - Sincal, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://sincal.es/que-son-las-calderas-de-vapor/> [accedido 20 noviembre 2024].

Primer Principio de la Termodinámica. Adiabática, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/primerpadiab.html> [accedido 20 noviembre 2024].

Ventajas y beneficios del diésel para operación empresarial, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://americanpetroleumpr.com/beneficios-del-diesel/> [accedido 1 diciembre 2024].

Anejo N°5

Análisis financiero

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	INVERSIÓN	3
2.1	Vida útil y renovación.....	3
3	PAGOS Y COBROS.....	4
3.1	Pagos ordinarios	4
3.1.1	Personal	5
3.1.2	Materia prima	5
3.1.3	Energía.....	6
3.1.4	Pagos extraordinarios	8
3.1.5	Cobros ordinarios	8
3.1.6	Cobros extraordinarios	9
4	FLUJO DE CAJA.....	9
5	VALORACIÓN DE LA INVERSIÓN	10
5.1	Valor actual neto (VAN)	11
5.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	12
5.3	Plazo de recuperación (Pay-back)	12
6	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	13
7	CONCLUSIÓN	18
8	BIBLIOGRAFÍA.....	19

1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se pretende demostrar a través un análisis financiero de la industria, que el presente proyecto es viable. Para ello, los flujos de caja a lo largo de la vida útil de la industria deben ser superiores al gasto producido.

2 INVERSIÓN

La inversión que se requiere para realizar la fábrica objeto de estudio viene establecido en el Documento N° 3 “Presupuesto”, en el que se calcula el presupuesto de ejecución por administración (PEA). En el presente anexo, sin embargo, estudiaremos la inversión sin IVA, por lo que se tomará como presupuesto el presupuesto de ejecución material (PEM) que son 309237,26 €.

A este presupuesto deberemos añadirle los honorarios del arquitecto. Como referencia general, los arquitectos pueden aplicar un porcentaje que oscila entre el 5% y el 15% del Presupuesto de Ejecución Material (PEM) según la superficie del proyecto o su dificultad técnica.

Nuestro proyecto al tener una superficie de 475,54 m² determinaremos los honorarios del arquitecto como un 9% del PEM sin IVA (*Honorarios de un Arquitecto: Precios detallados para una obra - PS*).

$$\text{Honorarios} = \text{PEM} \times 0,09 \rightarrow$$

$$\rightarrow \text{Honorarios} = 309237,26 \text{ €} \times 0,09 = \mathbf{27831,35 \text{ €}}$$

$$\mathbf{\text{Inversión total}} = \text{PEM} + \text{Honorarios} = 309237,26 \text{ €} + 27831,35 \text{ €} = \mathbf{337068,61 \text{ €}}$$

2.1 Vida útil y renovación

Un equipo alcanza el final de su vida útil cuando se vuelve obsoleto, esto puede darse por varias razones: se encuentra en mal estado (degradación), es inhábil para la función (error de diseño), no es posible obtener repuestos (obsolescencia provocada por el fabricante) o porque han aparecido en el mercado equipos con mejores prestaciones o con mejor rendimiento (obsolescencia tecnológica). El problema consiste en determinar cuándo sucederá esa obsolescencia para reemplazarlo, debido a que ya no es rentable seguir explotándolo (*Estimación de la vida útil de una planta industrial | Manufactura Latam*).

Sabiendo esto, vamos a considerar ciertos factores:

- Vamos a establecer una vida útil de inversión de 30 años, que coincide con la vida útil de nuestras instalaciones.

- Los equipos mecánicos rotativos y los equipos estáticos relacionados con procesos de combustión o de intercambio de calor suelen alcanzar una vida útil de 15 años (*Estimación de la vida útil de una planta industrial | Manufactura Latam*).
- La vida útil del mobiliario será de 10 años (*¿Cómo calcular la depreciación de bienes muebles? - Montiel*)
- Aprovecharemos el valor residual o de chatarra de nuestra maquinaria y mobiliario, siendo para el mobiliario de un 30% y para lo demás un 20%.

Tabla 1: Vida útil de la maquinaria y mobiliario

INMOVILIZADO MATERIAL	IMPORTE (€)	VALOR RESIDUAL	VIDA ÚTIL	Nº DE RENOVACIONES	IMPORTE RESIDUAL (€)
Maquinaria	218.839,76	20 %	15 años	1	43.767,95
Material y mobiliario	29.000	30 %	10 años	2	8.700
Instalación de vapor	54.397,5	20 %	15 años	1	10.879,5
Otras instalaciones	7.000	20 %	30 años	0	1.400

3 PAGOS Y COBROS

Dentro de los pagos y cobros que realice nuestra fábrica podemos encontrar dos tipos de ambos:

- Pagos:
 - o Pagos ordinarios
 - o Pagos extraordinarios
- Cobros:
 - o Cobros ordinarios
 - o Pagos extraordinarios

3.1 Pagos ordinarios

Los pagos ordinarios son aquellos que son periódicos, necesarios y previsibles.

Estos serán principalmente el personal, la materia prima, la energía, y básicamente todos los insumos necesarios para el correcto funcionamiento de nuestra fábrica.

3.1.1 Personal

Dentro de los pagos ordinarios encontramos el personal o la mano de obra, nos podemos encontrar diferentes profesiones dentro de nuestra industria con sueldos completamente distintos

Tabla 2: Salarios anuales del personal de la fábrica

Puesto de trabajo	Nº de trabajadores	Salario base anual (€/año)	Cotización por contingencias comunes a cargo del empleador 23,60 %	Total €/año
Técnico de calidad	1	23.712	5.596	29.308
Jefe de producción	1	30.500	7.198	37.698
Técnico industrial	3	25.470	6.010	31.480
Administrativo	1	18.015	4.251	22.266
PAGO TOTAL	6	97.697	23.055	120.752

3.1.2 Materia prima

En nuestra industria tenemos básicamente dos insumos de materia prima, que son:

- Suero de leche: el precio del suero lácteo al por mayor es de 0,21 €/kg.
- Bolsas para empaquetamiento de proteína: para nuestro producto hemos seleccionado un tipo de bolsa Doy-Pack de 1 kg, que es el formato más habitual para estos productos, el precio rondará según labelexpress (*Envases flexibles - LabelExpress.eu*) los 0,50 €/bolsa.

Según el calendario de días laborable de 2024 (*España | ¿Cuántos días laborables en el año 2024?*), hay un total de 252 días hábiles, en los cuales la maquinaria trabaja durante 12 horas.

Tabla 3: Precio materias primas

Producto	Precio (€/kg)	Cantidad Cada hora	Cantidad Cada año	Total (€/año)
Suero de leche	0,21	4375 kg	13.230.000 kg	2.778.300
Bolsas para empaquetamiento de proteína	0,50	52	157.248	78.624
TOTAL				2.856.924

3.1.3 Energía

En nuestra industria utilizaremos Gasóleo C para la instalación de vapor y electricidad para el resto de las estancias y maquinaria.

- Gasóleo C:

Como calculamos en el Anexo 4 consumiremos un total de 492.24 kg/día, o lo que es lo mismo, 408,56 L/día, con un precio de 1 €/L para la región de Castilla – La Mancha (*Precio Gasoil Calefacción 2024 | Actualizados a diario*).

Tabla 4: Precio Gasóleo tipo C

Producto	Precio (€/L)	Cantidad Cada día en (L)	Cantidad Cada año (L)	Total (€)
Gasóleo C	1	408,56	102.957,12	102.957,12

- Electricidad:

El consumo eléctrico lo obtendremos de la suma de todas las potencias de las maquinarias por su tiempo de uso.

Tabla 5: Consumo eléctrico de la maquinaria

Maquinaria	Potencia (kW)	Tiempo de Uso (h)	Consumo diario (kW)
Analizador de suero lácteo	0,04	1	0,04
Tanques recepción de materia prima (2)	8	12	96
Tanques de almacenamiento (2)	8	12	96
Tanques de almacenamiento de permeado del suero (2)	8	12	96
Tanque para crema de suero	4	12	48
Decantador centrífugo para la limpieza del suero	11	12	132
Decantador centrífugo para la separación de la crema	11	12	132
Unidad de ultrafiltración	2,5 + 1,8 + 0,7	12	60
Evaporador de múltiple efecto	655	12	7.860
Secador por aspersión	540	12	6.480
Envasador	4.33	12	51.96
Total			15052

El precio medio mensual de la luz en España durante 2024 es **122,9 €/MWh**, con lo que el gasto en electricidad será:

Gasto (€) = Consumo eléctrico x precio de la electricidad →

$$\text{Gasto (€)} = 15,052 \text{ MW} \times 122,9 \text{ €} = \mathbf{1849,89 \text{ € de gasto diario}}$$

$$\text{Gasto anual eléctrico (€)} = 1849,89 \times 252 = \mathbf{466172,28 \text{ €}}$$

A continuación, realizaremos una tabla resumen con el conjunto de pagos ordinarios:

Tabla 6: Pagos ordinarios

Concepto	Coste Anual (€)	Coste al final de inversión (30 años) (€)
Personal	120.752	3.622.560
Materia Prima	2.856.924	85.707.720
Energía		
Gasóleo C	102.957,12	3.088.713,6
Consumo eléctrico	466.172,28	13.985.168,4
TOTAL	3.546.805,4	106.404.162

3.1.4 Pagos extraordinarios

Los pagos extraordinarios son aquellos que son puntuales y/o impredecibles. En nuestra industria podemos considerar como tales la renovación de la maquinaria detallada en la Tabla 1.

Como mencionamos en dicha tabla, deberemos renovar:

- 1 vez la maquinaria = 218.839,76 €
- 2 veces el material y mobiliario = 2 x 29.000 = 58.000 €
- 1 vez la instalación de vapor = 54.397,5 €

Lo que nos suma un total al final de la inversión de **331.237,26 €**

3.1.5 Cobros ordinarios

Como vimos en el Anejo 2, nuestra industria fabricará durante las 12 horas de funcionamiento 624 kg de proteína en polvo diarios. El precio de venta al mercado de los principales proveedores europeos está entre 30 – 40 €/kg (*100% Real Whey Protein 1000 g - Desarrollo Muscular | Prozis*; *Impact Whey Protein 1kg / 5kg | PROTEÍNA | MYPROTEINTM*; *↓ Los Mejores Precios...*), nosotros venderemos la bolsa de 1 kg a 25 euros.

Tabla 7: Cobros ordinarios

Producto	Precio (€)	Cantidad	Total (€)
Producción DIARIA de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	25	624	15.600
Producción MENSUAL (22 días) de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	25	13.728	343.200
Producción ANUAL (252 días) de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	25	157.248	3.931.200

3.1.6 Cobros extraordinarios

Los cobros extraordinarios que obtendrá nuestra empresa será la resultante de los valores residuales de nuestro inmovilizado material señalado en la Tabla 1:

- 20% del valor de la maquinaria = 43.767,95 €
- 30% del valor del material y mobiliario dos veces = 8.700 x 2 = 19.400 €
- 20% del valor de la instalación de vapor = 10.879,5 €

Con lo que obtendríamos un total de **74.047,45 €** al final de la vida útil de nuestra inversión.

4 FLUJO DE CAJA

A continuación, realizaremos el flujo de caja, es decir, el conjunto de entradas y salidas de efectivo en un periodo dado, en nuestro caso la vida útil de amortización, 30 años.

Tabla 8: Flujos de caja anuales

AÑO	COBROS ORDINARIOS (€)	COBROS EXTRAORDINARIOS (€)	PAGOS ORDINARIOS (€)	PAGOS EXTRAORDINARIOS (€)	INVERSIÓN (€)	FLUJO DE CAJA (€)	ACUMULADO (€)
0					337068,61	-337068,6	-337068,6
1	3931200		3546805,4			384394,6	47326,0
2	3931200		3546805,4			384394,6	431720,6
3	3931200		3546805,4			384394,6	816115,2
4	3931200		3546805,4			384394,6	1200509,8
5	3931200		3546805,4			384394,6	1584904,4
6	3931200		3546805,4			384394,6	1969299,0
7	3931200		3546805,4			384394,6	2353693,6
8	3931200		3546805,4			384394,6	2738088,2
9	3931200		3546805,4			384394,6	3122482,8
10	3931200	8700	3546805,4	29000		364094,6	3486577,4
11	3931200		3546805,4			384394,6	3870972,0
12	3931200		3546805,4			384394,6	4255366,6
13	3931200		3546805,4			384394,6	4639761,2
14	3931200		3546805,4			384394,6	5024155,8
15	3931200	54647,45	3546805,4	273237,26		165804,8	5189960,6
16	3931200		3546805,4			384394,6	5574355,2
17	3931200		3546805,4			384394,6	5958749,8
18	3931200		3546805,4			384394,6	6343144,4
19	3931200		3546805,4			384394,6	6727539,0
20	3931200	8700	3546805,4	29000		364094,6	7091633,6
21	3931200		3546805,4			384394,6	7476028,2
22	3931200		3546805,4			384394,6	7860422,8
23	3931200		3546805,4			384394,6	8244817,4
24	3931200		3546805,4			384394,6	8629212,0
25	3931200		3546805,4			384394,6	9013606,6
26	3931200		3546805,4			384394,6	9398001,2
27	3931200		3546805,4			384394,6	9782395,8
28	3931200		3546805,4			384394,6	10166790,4
29	3931200		3546805,4			384394,6	10551185,0
30	3931200		3546805,4			384394,6	10935579,6

5 VALORACIÓN DE LA INVERSIÓN

Un método de valoración de inversiones es una herramienta que nos permite analizar si una inversión es rentable o no y en qué medida. Ahora que tenemos los flujos de caja podemos comenzar a calcular los diferentes indicadores.

En nuestro caso utilizaremos métodos dinámicos de valoración de inversiones ya que tendremos en cuenta el momento en que se producen los flujos de caja. Estos métodos son:

- El valor actual neto (VAN)
- La Tasa Interna de Retorno (TIR)
- El plazo de recuperación (Pay-back)

5.1 Valor actual neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) o Valor Presente Neto (VPN), es la diferencia entre el valor presente de los ingresos futuros y la cantidad que invierte para sacar adelante el proyecto. Si el resultado es positivo quiere decir que es rentable y por tanto el negocio es viable (*Métodos de Valoración de Inversiones (II): Valor Actual Neto, VAN - Finacoteca*).

Como hemos mencionado anteriormente que la vida útil del proyecto serán 30 años consideraremos el tipo de actualización para el cálculo del van de $1/30 = 3,33$.

Y se calculará con la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Fórmula cálculo VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:


- I_0 = Valor de la inversión inicial
- F_t = Flujos de caja generados por el proyecto desde el periodo 1 al n
- k = Tasa de descuento o rentabilidad requerida a la inversión
- n = número de periodos temporales
- t = periodo temporal

Gracias al programa de Excel lo calculamos y obtenemos un valor de:

$$VAN = 6.753.676,34 \text{ €}$$

Al darnos un valor positivo, consideramos que la inversión es viable.

5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de unos flujos futuros sean igual a cero. Este valor nos indica cuánto puede rendir el dinero en cualquier inversión futura (*Tasa interna de retorno (TIR)*): *¿Qué es y cómo se calcula?* .

Utilizamos nuevamente el programa Excel para obtener el resultado:

$$\text{TIR} = 114 \%$$

5.3 Plazo de recuperación (Pay-back)

El Pay-back es un método de evaluación de inversiones que representa los años que se tarda en recuperar la inversión y llegar al punto de equilibrio. Este es un método estático en el que consideramos el valor del dinero igual en todos los años, para ello utilizamos el **Pay-back descontado** que sí tiene en cuenta el valor del dinero dependiendo del momento temporal.

Tabla 9: Pay-back descontado

Año	Flujos de caja ajustado (€)	PAY-BACK descontado (€)
0		-337068,6
1	372114,8	45814,1
2	360595,3	404991,2
3	349767,6	742598,0
4	339571,2	1060521,0
5	329952,4	1360433,0
6	320863,6	1643822,2
7	312262,1	1912017,5
8	304109,7	2166209,0
9	296372,1	2407465,5
10	273755,3	2621486,8
11	282021,0	2840038,1
12	275354,3	3048256,9
13	268995,5	3246858,8
14	262923,8	3436495,1
15	110906,2	3471545,5
16	251567,1	3648138,2
17	246248,9	3817264,4
18	241150,9	3979387,9
19	236259,7	4134934,8
20	219334,1	4272068,4
21	227049,4	4415846,5
22	222708,3	4554126,8
23	218530,2	4687218,5
24	214505,9	4815408,5
25	210627,2	4938962,5
26	206886,2	5058127,7
27	203275,8	5173133,7
28	199789,3	5284194,6
29	196420,3	5391510,0
30	193163,1	5495266,1

El año de recuperación sería el **primer año**, esto sucede porque la inversión inicial es proporcionalmente muy pequeña respecto a la producción, debido a que tanto el terreno como la nave son dadas por el promotor.

6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En este epígrafe vamos a calcular los distintos parámetros de rentabilidad del proyecto en el caso de que varíen las condiciones del mercado:

1. El precio de la materia prima aumenta un 10% y se sitúa en 0,23 €/L, repercutiendo en los pagos ordinarios.
2. El precio de venta en el mercado del producto disminuye un 10% y se vende a 23€ la bolsa, disminuyendo los cobros ordinarios.

- **Aumento del precio de la materia prima un 10% hasta alcanzar los 0,23 €/L:**

Tabla 10: Nuevo precio materia prima

Producto	Precio (€/kg)	Cantidad Cada hora	Cantidad Cada año	Total (€/año)
Suero de leche	0,23	4375 kg	13.230.000 kg	3.042.900
Bolsas para empaquetamiento de proteína	0,50	52	157.248	78.624
TOTAL				3.121.524

Al variar el precio de la materia prima los pagos ordinarios aumentan:

Tabla 11: Pagos ordinarios con un aumento del precio de la materia prima

Concepto	Coste Anual (€)	Coste al final de inversión (30 años) (€)
Personal	120.752	3.622.560
Materia Prima	3.121.524	93.645.720
Energía		
Gasóleo C	102.957,12	3.088.713,6
Consumo eléctrico	466.172,28	13.985.168,4
TOTAL	3811405.4	114.342.162

Y con esto procedemos a calcular los flujos de caja y los índices de rentabilidad:

Tabla 12: Flujos de caja materia prima un 10% más cara

AÑO	COBROS ORDINARIOS (€)	COBROS EXTRAORDINARIOS (€)	PAGOS ORDINARIOS (€)	PAGOS EXTRAORDINARIOS (€)	INVERSIÓN (€)	FLUJO DE CAJA (€)	ACUMULADO (€)
0					337068,61	-337068,6	-337068,6
1	3931200		3811405,4			119794,6	-217274,0
2	3931200		3811405,4			119794,6	-97479,4
3	3931200		3811405,4			119794,6	22315,2
4	3931200		3811405,4			119794,6	142109,8
5	3931200		3811405,4			119794,6	261904,4
6	3931200		3811405,4			119794,6	381699,0
7	3931200		3811405,4			119794,6	501493,6
8	3931200		3811405,4			119794,6	621288,2
9	3931200		3811405,4			119794,6	741082,8
10	3931200	8700	3811405,4	29000		99494,6	840577,4
11	3931200		3811405,4			119794,6	960372,0
12	3931200		3811405,4			119794,6	1080166,6
13	3931200		3811405,4			119794,6	1199961,2
14	3931200		3811405,4			119794,6	1319755,8
15	3931200	54647,45	3811405,4	273237,26		-98795,2	1220960,6
16	3931200		3811405,4			119794,6	1340755,2
17	3931200		3811405,4			119794,6	1460549,8
18	3931200		3811405,4			119794,6	1580344,4
19	3931200		3811405,4			119794,6	1700139,0
20	3931200	8700	3811405,4	29000		99494,6	1799633,6
21	3931200		3811405,4			119794,6	1919428,2
22	3931200		3811405,4			119794,6	2039222,8
23	3931200		3811405,4			119794,6	2159017,4
24	3931200		3811405,4			119794,6	2278812,0
25	3931200		3811405,4			119794,6	2398606,6
26	3931200		3811405,4			119794,6	2518401,2
27	3931200		3811405,4			119794,6	2638195,8
28	3931200		3811405,4			119794,6	2757990,4
29	3931200		3811405,4			119794,6	2877785,0
30	3931200		3811405,4			119794,6	2997579,6

Con la ayuda del Excel procedemos a calcular el VAN, el TIR y el Pay-Back descontado:

$$\text{VAN} = 1.762.869,76 \text{ €}$$

$$\text{TIR} = 35 \%$$

Tabla 13: Pay-Back materia prima un 10% más cara

Año	Flujos de caja ajustado (€)	PAY-BACK descontado (€)
0		-337068,6
1	115967,7	-210333,0
2	112377,7	-91444,1
3	109003,3	20305,0
4	105825,6	125538,7
5	102828,0	224810,6
6	99995,5	318613,5
7	97314,9	407387,2
8	94774,2	491525,5
9	92362,8	571382,3
10	74808,0	632013,1
11	87890,4	704601,6
12	85812,8	773758,3
13	83831,1	839720,9
14	81938,9	902705,7
15	-66083,8	816696,0
16	78399,6	877457,6
17	76742,2	935650,1
18	75153,5	991433,1
19	73629,1	1044953,3
20	59936,5	1084116,6
21	70758,8	1133743,8
22	69405,9	1181473,2
23	68103,8	1227411,8
24	66849,7	1271658,5
25	65640,9	1314305,0
26	64475,0	1355436,6
27	63349,9	1395132,6
28	62263,3	1433466,9
29	61213,4	1470508,4
30	60198,3	1506321,4

El año de recuperación en este caso sería el **tercer año**.

- **Disminución del precio de venta de la bolsa de proteína un 10% situándose en 23€:**

Al disminuir el precio de venta de la bolsa de proteína los cobros ordinarios disminuyen:

Tabla 14: Cobros ordinarios disminuyendo el precio de venta un 10%

Producto	Precio (€)	Cantidad	Total (€)
Producción <u>DIARIA</u> de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	23	624	14.352
Producción <u>MENSUAL</u> (22 días) de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	23	13.728	315.744
Producción <u>ANUAL</u> (252 días) de Bolsas de 1 kg de proteína de suero lácteo	23	157.248	3.616.704

Al disminuir los cobros ordinarios el flujo de caja varía:

Tabla 15: Flujo de caja con el producto un 10% más barato

AÑO	COBROS ORDINARIOS (€)	COBROS EXTRAORDINARIOS (€)	PAGOS ORDINARIOS (€)	PAGOS EXTRAORDINARIOS (€)	INVERSIÓN (€)	FLUJO DE CAJA (€)	ACUMULADO (€)
0					337068,61	-337068,6	-337068,6
1	3616704		3546805,4			69898,6	-267170,0
2	3616704		3546805,4			69898,6	-197271,4
3	3616704		3546805,4			69898,6	-127372,8
4	3616704		3546805,4			69898,6	-57474,2
5	3616704		3546805,4			69898,6	12424,4
6	3616704		3546805,4			69898,6	82323,0
7	3616704		3546805,4			69898,6	152221,6
8	3616704		3546805,4			69898,6	222120,2
9	3616704		3546805,4			69898,6	292018,8
10	3616704	8700	3546805,4	29000		49598,6	341617,4
11	3616704		3546805,4			69898,6	411516,0
12	3616704		3546805,4			69898,6	481414,6
13	3616704		3546805,4			69898,6	551313,2
14	3616704		3546805,4			69898,6	621211,8
15	3616704	54647,45	3546805,4	273237,26		-148691,2	472520,6
16	3616704		3546805,4			69898,6	542419,2
17	3616704		3546805,4			69898,6	612317,8
18	3616704		3546805,4			69898,6	682216,4
19	3616704		3546805,4			69898,6	752115,0
20	3616704	8700	3546805,4	29000		49598,6	801713,6
21	3616704		3546805,4			69898,6	871612,2
22	3616704		3546805,4			69898,6	941510,8
23	3616704		3546805,4			69898,6	1011409,4
24	3616704		3546805,4			69898,6	1081308,0
25	3616704		3546805,4			69898,6	1151206,6
26	3616704		3546805,4			69898,6	1221105,2
27	3616704		3546805,4			69898,6	1291003,8
28	3616704		3546805,4			69898,6	1360902,4
29	3616704		3546805,4			69898,6	1430801,0
30	3616704		3546805,4			69898,6	1500699,6

Con la ayuda del Excel calculamos VAR, TIR y Pay-Back descontado:

VAR = 821.746,23

TIR = 19%

Tabla 16: Pay-Back descontado con el producto un 10% más barato

Año	Flujos de caja ajustado (€)	PAY-BACK descontado (€)
0		-337068,6
1	67665,6	-258635,1
2	65570,9	-185057,6
3	63602,0	-115898,8
4	61747,9	-50772,3
5	59998,8	10664,7
6	58346,1	68717,0
7	56782,0	123656,9
8	55299,5	175728,0
9	53892,5	225149,4
10	37292,2	256855,2
11	51282,9	301919,3
12	50070,6	344852,9
13	48914,3	385803,5
14	47810,3	424905,5
15	-99459,0	316067,3
16	45745,2	354986,4
17	44778,1	392259,9
18	43851,1	427990,2
19	42961,6	462271,0
20	29878,7	482960,0
21	41286,8	514832,9
22	40497,5	545487,1
23	39737,7	574991,1
24	39005,9	603408,5
25	38300,6	630798,1
26	37620,3	657214,8
27	36963,8	682709,6
28	36329,8	707329,7
29	35717,2	731119,6
30	35124,9	754120,4

El año de recuperación sería el **quinto año** o, como es lo mismo, el año cinco.

7 CONCLUSIÓN

Una vez analizados los diferentes indicadores de rentabilidad del proyecto y los análisis de sensibilidad podemos concluir que el proyecto es rentable, ya que todos los indicadores resultan positivos incluso en situaciones desfavorables como los expuestos en los análisis de sensibilidad.

Los indicadores los obtenemos con valores muy positivos, esto se debe en gran parte a que con relativamente poca inversión somos capaces de transformar mucha materia prima y por tanto movilizar mucho capital, sin embargo, los márgenes de beneficio no son muy elevados.

Tras los análisis de sensibilidad, podemos comprobar que, aunque mantiene los indicadores positivos, se reducen notablemente. Además, observamos que somos más sensibles a una caída del precio de venta que a un aumento del precio de la materia prima. Esto es normal, ya que, la materia prima es una parte importante (que no toda) de nuestros pagos ordinarios, en cambio, las bolsas de proteína son el total de nuestros cobros ordinarios, por lo que la caída o aumento de su precio influye mucho más en el flujo de caja.

8 BIBLIOGRAFÍA

↓ Los Mejores Precios..., [en línea]. Recuperado a partir de : https://www.hsnstore.com/marcas/sport-series/evowhey-protein-2kg-chocolate?utm_source=hsaffiliate&utm_medium=GoogleAdsES&utm_campaign=HSNS-EW22CH&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAo5u6BhDJARIsAAVoDWsjgg71mtwCC1CTjq2mYsUJ6MDkVab8z5G8oxG5OHTiAbGf2U-fDMgaAljzEALw_wcB [accedido 27 noviembre 2024].

100% Real Whey Protein 1000 g - Desarrollo Muscular | Prozis, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.prozis.com/es/es/prozis/100-real-whey-protein-1000-g> [accedido 27 noviembre 2024].

¿Cómo calcular la depreciación de bienes muebles? - Montiel, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.oficinasmontiel.com/blog/calcular-depreciacion-bienes-muebles/> [accedido 23 noviembre 2024].

Envases flexibles - LabelExpress.eu, [en línea]. Recuperado a partir de : https://labelexpress.eu/es/envases-flexibles.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=%20Label%20Express%20%2F%20ES%20%2F%20TXT%20%2F%20Doypack&utm_id=21473754936&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifiCiVsyNcOGOQ_93Nd4WxcHwr1f_HOIpv0yjyeEif8AaFxn-JfMMRIaAnc6EALw_wcB [accedido 1 diciembre 2024].

España | ¿Cuántos días laborables en el año 2024?, [en línea]. Recuperado a partir de : https://www.dias-laborables.es/cuantos_dias_laborables_en_ano_2024_Andaluc%C3%ADa.htm [accedido 25 noviembre 2024].

Estimación de la vida útil de una planta industrial | Manufactura Latam, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.manufactura-latam.com/es/blog/estimacion-de-la-vida-util-de-una-planta-industrial> [accedido 23 noviembre 2024].

Honorarios de un Arquitecto: Precios detallados para una obra - PS, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://pujado-soler.com/precios/honorarios-arquitectos/> [accedido 23 noviembre 2024].

Impact Whey Protein 1kg / 5kg | PROTEÍNA | MYPROTEIN™, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://www.myprotein.es/nutricion-deportiva/impact-whey-protein/10530943.html> [accedido 27 noviembre 2024].

Métodos de Valoración de Inversiones (II): Valor Actual Neto, VAN - Finacoteca, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://finacoteca.com/valor-actual-neto-van/> [accedido 28 noviembre 2024].

Precio Gasoil Calefacción 2024 | Actualizados a diario, [en línea]. Recuperado a partir de : <https://preciogas.com/instalaciones/calefaccion/gasoleo> [accedido 25 noviembre 2024].

Tasa interna de retorno (TIR): ¿Qué es y cómo se calcula? 🚀 , [en línea]. Recuperado a partir de : <https://factorialhr.es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/#queeslatasainternaderetorno> [accedido 29 noviembre 2024].

DOCUMENTO N° 2
PLANOS



Sistema de Información Geográfica Nacional

SignA



Fecha de impresión: 03/12/2024 17:52
Sistema de Referencia por Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator



Este mapa tiene carácter exclusivamente informativo
Mapa generado desde el visualizador del SignA del IGN

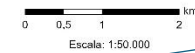


Sistema de Información Geográfica Nacional

SignA



Fecha de impresión: 03/12/2024 18:05
Sistema de Referencia por Coordenadas: ETRS 1989 UTM Zone 30N



Este mapa tiene carácter exclusivamente informativo
Mapa generado desde el visualizador del SignA del IGN



Sistema de Información Geográfica Nacional

SignA



Fecha de impresión: 03/12/2024 17:57
Sistema de Referencia por Coordenadas: WGS 1984 Web Mercator



Este mapa tiene carácter exclusivamente informativo
Mapa generado desde el visualizador del SignA del IGN



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)

PLANO: SITUACIÓN

Nº: 1

ESCALA:

S/N

AUTOR:

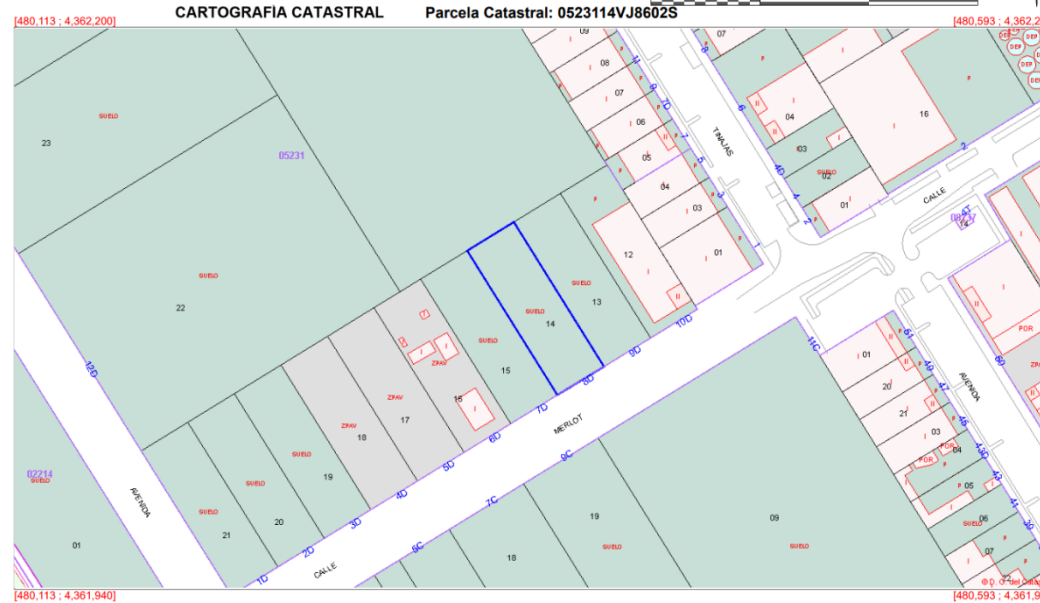
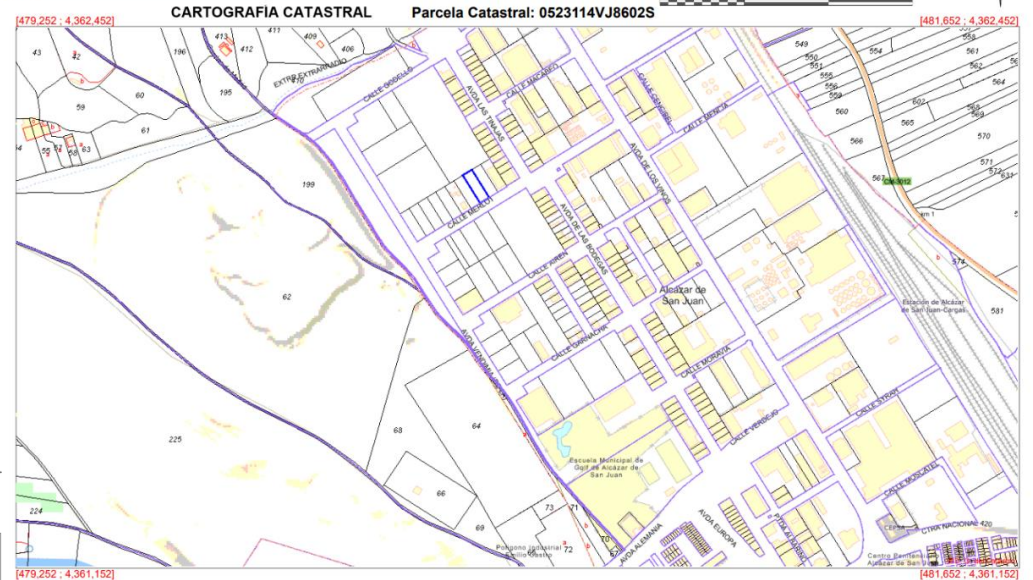
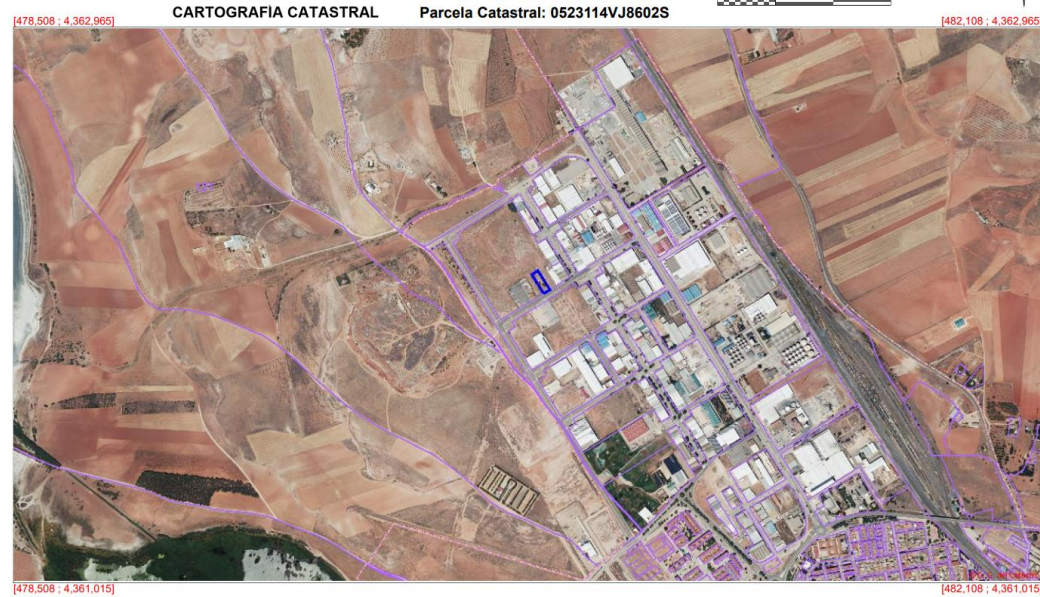
TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS



FIRMADO:

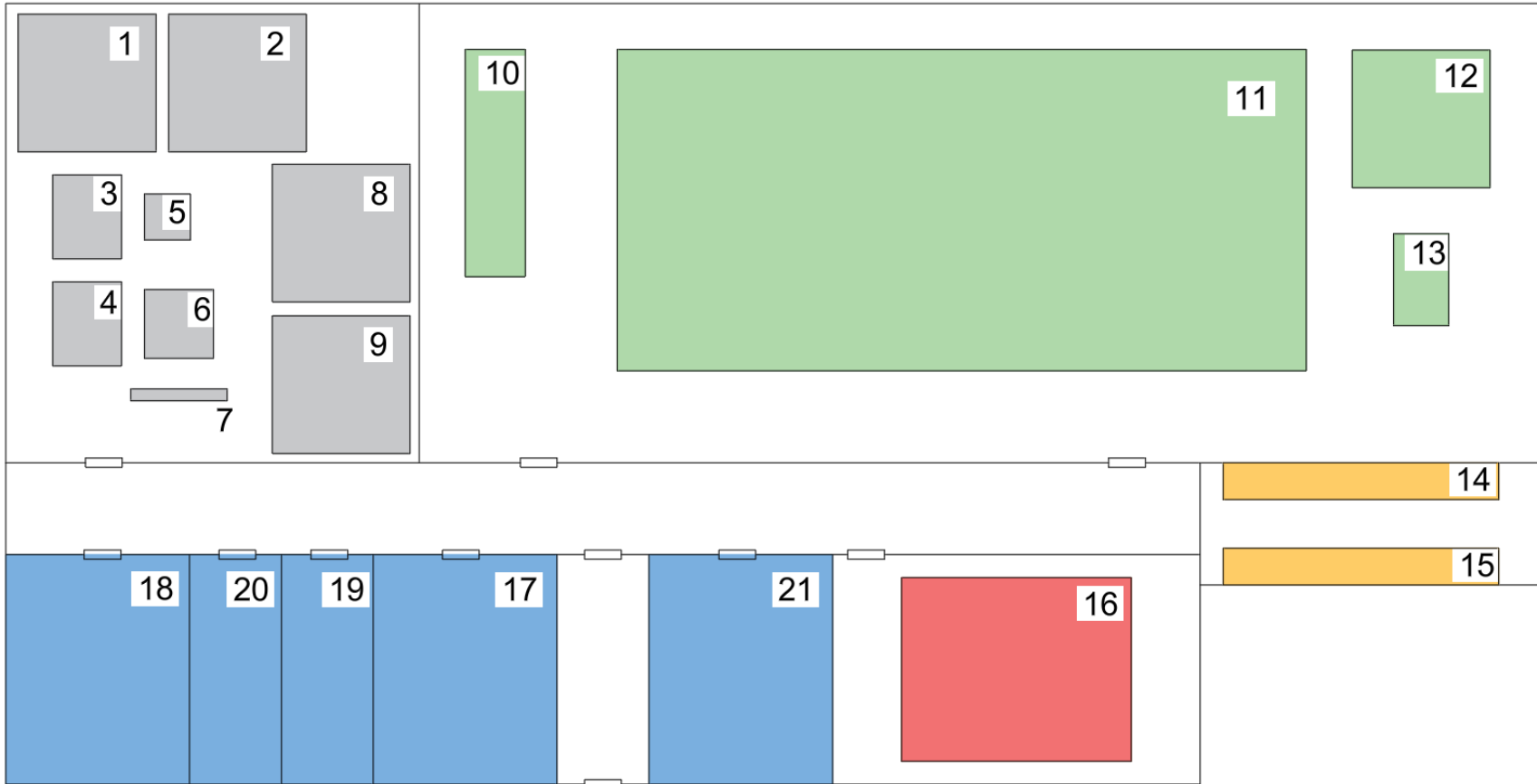
Fecha:

12/2024

TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025



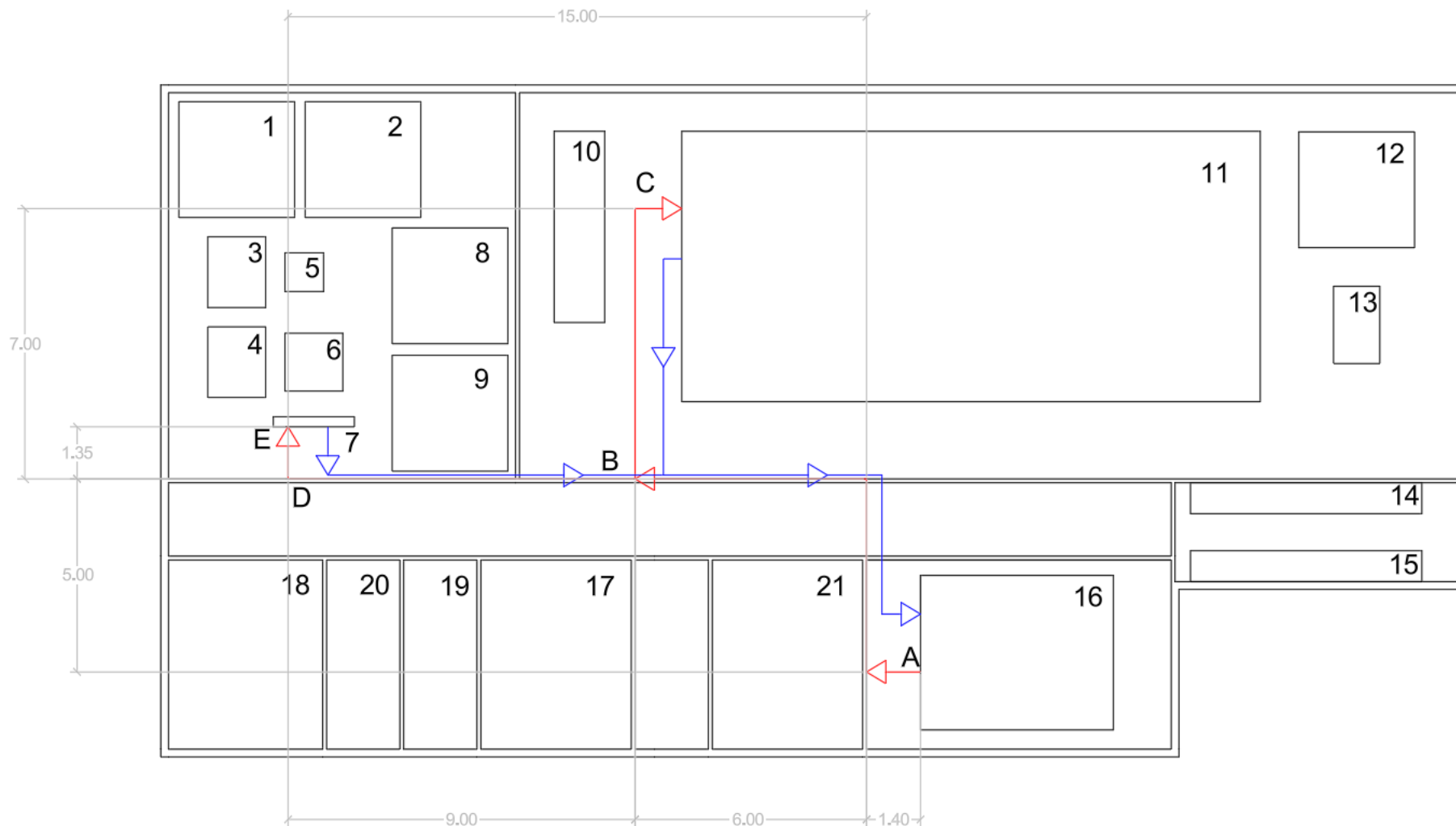
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)	
PLANO: EMPLAZAMIENTO	Nº: 2
ESCALA: S/N	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS FIRMADO: 
Fecha: 12/2024	
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025	



Leyenda del plano organizativo de la maquinaria

1 y 2	Tanques silo recepción lactosuero	Área de recepción y almacenamiento de materia prima
3	Decantador centrífugo para limpieza del suero	
4	Decantador centrífugo para la separación de la crema	
5	Depósito de finos de caseína	
6	Tanque para crema de suero	
7	Intercambiador de calor por placas	
8 y 9	Tanques silo almacenamiento de suero limpio	
10	Unidad de ultrafiltración	Área del proceso productivo
11	Evaporador de múltiple efecto	
12	Secador por aspersion	
13	Envasador	
14 y 15	Estanterías industriales	Almacén
16	Caldera	Caldera
17	Mobiliario de oficina	Varios no relacionados con el proceso productivo
18	Mobiliario específico de laboratorio	
19	Utensilios y maquinaria de limpieza	
20	Aseos	
21	Maquinaria y productos para la gestión de residuos	

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)			
PLANO: ORGANIZATIVO DE LA MAQUINARIA			Nº: 3
ESCALA: 1:2500	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS	FIRMADO: 	Fecha: 12/2024
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025			

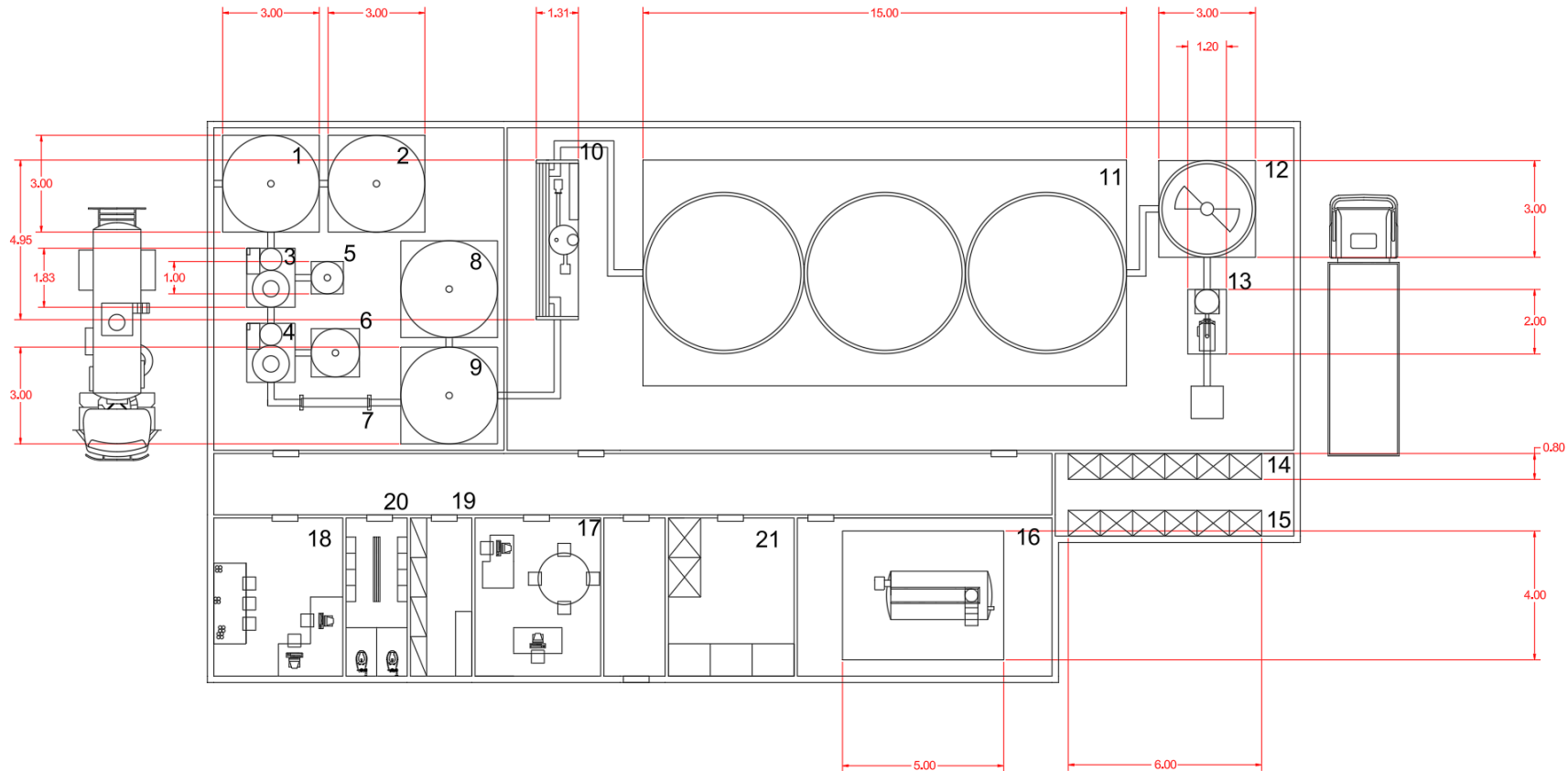


Longitud de los tramos (m)	
Línea Principal Tramo AB	12,4
Línea Secundaria Tramo BC	7
Línea Principal Tramo BD	9
Línea Secundaria Tramo DE	1,35


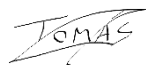
Leyenda de los flujos de vapor

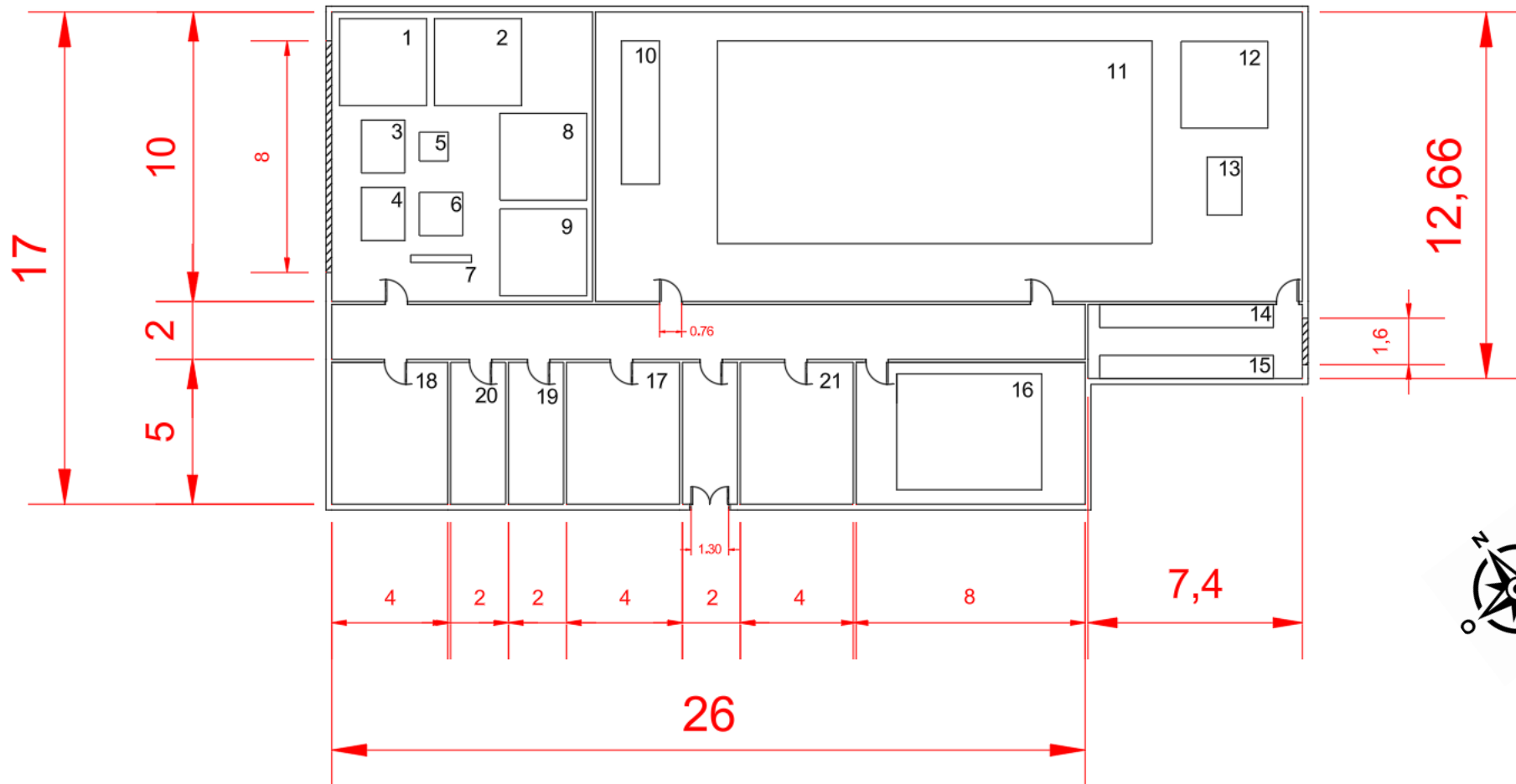
	Flujo de vapor caliente
	Flujo de condensados




		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)			
PLANO: ESQUEMA FLUJOS DE LA INSTALACIÓN DE VAPOR			Nº: 4
ESCALA: 1:25000	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS	FIRMADO: 	Fecha: 12/2024
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025			



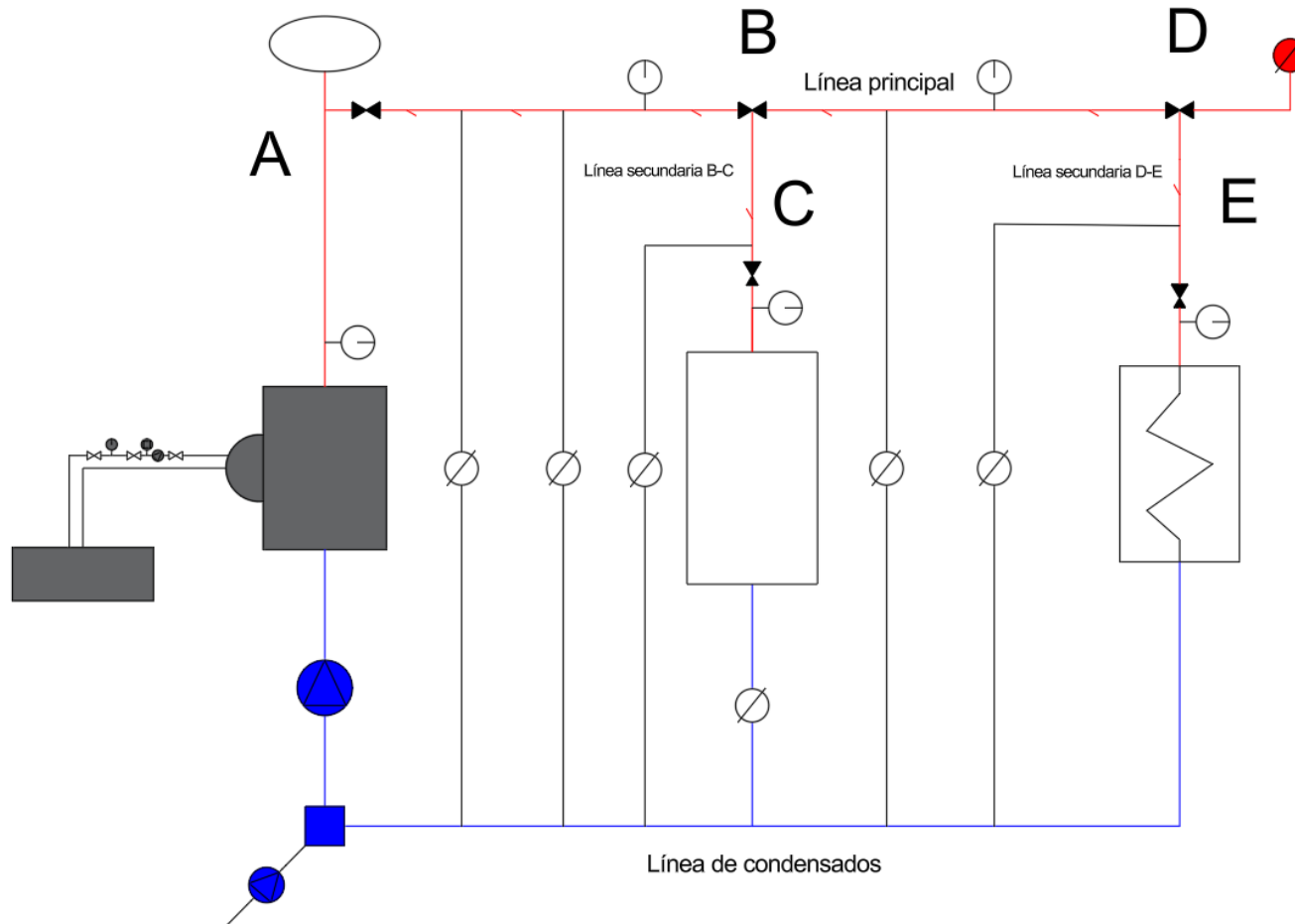
1 y 2	Tanques silo recepción lactosuero	12	Secador por aspersión
3	Decantador centrífugo para limpieza del suero	13	Envasador
4	Decantador centrífugo para la separación de la crema	14 y 15	Esteras industriales
5	Depósito de finos de caseína	16	Caldera
6	Tanque para crema de suero	17	Mobiliario de oficina
7	Intercambiador de calor por placas	18	Mobiliario específico de laboratorio
8 y 9	Tanques silo almacenamiento de suero limpio	19	Utensilios y maquinaria de limpieza
10	Unidad de ultrafiltración	20	Aseos
11	Evaporador de múltiple efecto	21	Maquinaria y productos para la gestión de residuos

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)			
PLANO: DISTRIBUCIÓN			Nº: 5
ESCALA: 1:25000	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS	FIRMADO: 	Fecha: 12/2024
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025			



1 y 2	Tanques silo recepción lactosuero	12	Secador por aspersión
3	Decantador centrífugo para limpieza del suero	13	Envasador
4	Decantador centrífugo para la separación de la crema	14 y 15	Estanterías industriales
5	Depósito de finos de caseína	16	Caldera
6	Tanque para crema de suero	17	Mobiliario de oficina
7	Intercambiador de calor por placas	18	Mobiliario específico de laboratorio
8 y 9	Tanques silo almacenamiento de suero limpio	19	Utensilios y maquinaria de limpieza
10	Unidad de ultrafiltración	20	Aseos
11	Evaporador de múltiple efecto	21	Maquinaria y productos para la gestión de residuos
	Portón metálico		Puerta simple
	Puerta doble		

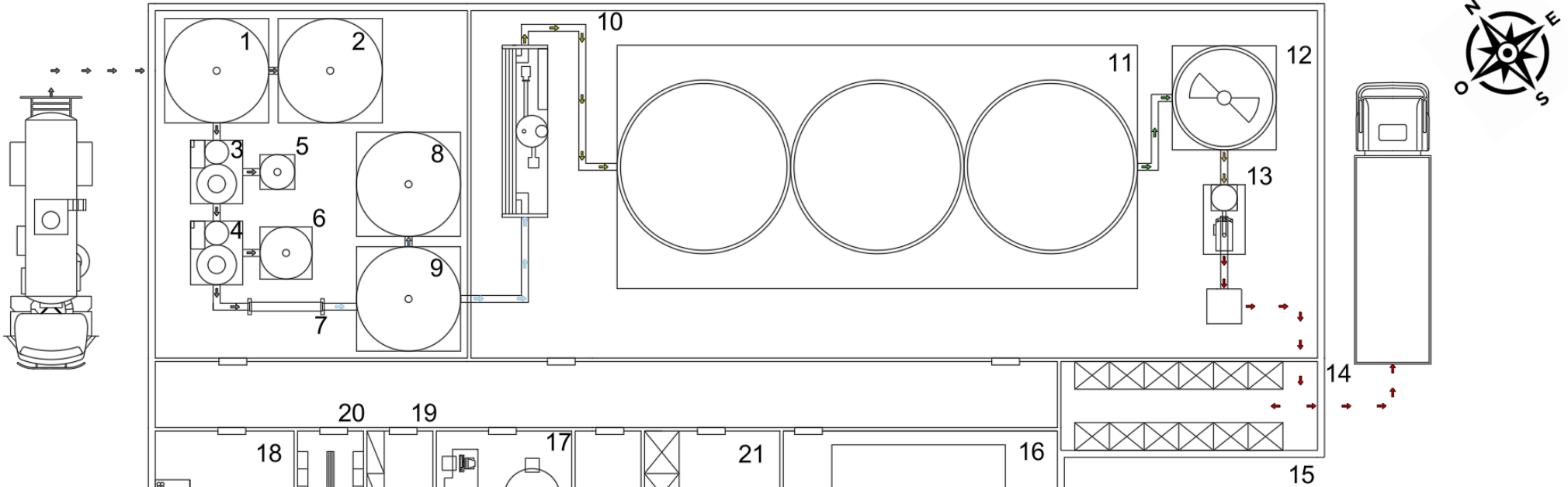
	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	
	E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)			
PLANO: COTAS			Nº: 6
ESCALA: 1:25000	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS	FIRMADO: 	Fecha: 12/2024
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025			



Legenda del esquema de la instalación de vapor

	Generador		Purgador de equipo		Vaso de expansión		Evaporador
	Alimentador de combustible		Purgador de línea		Bombeo		Intercambiador de calor
	Quemador		Purgador de aire		Filtro		Valvulería
	Depósito		Manómetro		Acumulador		

	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)	
PLANO: ESQUEMA DISEÑO INSTALACIÓN DE VAPOR	Nº: 7
ESCALA: S/N	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS FIRMADO:
Fecha: 12/2024	
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025	



1 y 2	Tanques silo recepción lactosuero	12	Secador por aspersión
3	Decantador centrífugo para limpieza del suero	13	Envasador
4	Decantador centrífugo para la separación de la crema	14 y 15	Estanterías industriales
5	Depósito de finos de caseína	16	Caldera
6	Tanque para crema de suero	17	Mobiliario de oficina
7	Intercambiador de calor por placas	18	Mobiliario específico de laboratorio
8 y 9	Tanques silo almacenamiento de suero limpio	19	Utensilios y maquinaria de limpieza
10	Unidad de ultrafiltración	20	Aseos
11	Evaporador de múltiple efecto	21	Maquinaria y productos para la gestión de residuos

		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS	
Diseño de una línea de procesado de 50.000 l/día de lactosuero, para producción de suplementación deportiva en el municipio de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)			
PLANO: FLUJOS DEL PROCESO PRODUCTIVO			Nº: 8
ESCALA: 1:25000	AUTOR: TOMÁS MARTÍN-CARO TOMÁS	FIRMADO: 	Fecha: 12/2024
TRABAJO DE FIN DE GRADO. GRADO EN INGENIERÍA ALIEMNTARIA CURSO 2024/2025			

DOCUMENTO N°3
PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1	CONDICIONES DE ÍNDOLE GENERAL	4
1.1	Objetivo del presente documento	4
1.2	Alcance	4
1.3	Documentación del proyecto	4
1.4	Relación entre documentos.....	4
2	CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	5
2.1	Materia prima	5
2.2	Documentos de soporte	5
2.3	Trabajos generales	6
2.4	Características técnicas de las instalaciones de vapor	6
2.4.1	Descripción general	6
2.4.2	Formación.....	6
2.4.3	Instalación y montaje.....	7
2.4.4	Garantía de los equipos.....	7
2.4.5	Servicio técnico	7
2.4.6	Normativa aplicable.....	7
2.4.7	Válvulas y accesorios	8
2.4.8	Sistema de vigilancia indirecta	8
2.4.9	Almacenamiento de combustible.....	8
2.4.10	Sala de calderas	9
2.5	Características técnicas de las instalaciones de frío	9
2.5.1	Disposición general	9
2.5.2	Formación del personal	9
2.5.3	Instalación y montaje.....	9
2.5.4	Garantía	10
2.5.5	Servicio técnico	10
2.5.6	Normativa	10
3	CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.....	11
3.1	Obligaciones del director técnico de obra	11
3.2	Obligaciones y derechos del contratista	11
3.2.1	Obligaciones principales del contratista	11
3.2.2	Responsabilidad del contratista frente a terceros.....	11

3.2.3	Obligaciones documentales del contratista.....	12
3.2.4	Gestión de personal y subcontratistas.....	12
3.3	Libro de órdenes y medios auxiliares.....	12
3.3.1	Libro de órdenes.....	12
3.3.2	Medios auxiliares.....	12
3.4	Recepción y liquidación.....	13
3.4.1	Recepción con carácter provisional.....	13
3.4.2	Recepción con carácter definitivo.....	13
3.4.3	Liquidación final.....	13
3.5	Facultades de la dirección de obra.....	13
4	CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	13
4.1	Garantía o fianza. Concepto y condiciones de devolución.....	14
4.2	Precios contradictorios.....	14
4.3	Mejoras y modificaciones de obra, instalaciones y maquinaria.....	14
4.4	Revisión de precios.....	14
4.5	Penalizaciones.....	15
4.6	Seguros.....	15
4.7	Condiciones de pago.....	15
4.8	Condiciones generales legales.....	15
4.9	Contratista y/o subcontratista.....	15
4.10	Contrato.....	16
4.11	Arbitraje y jurisdicción competente.....	16
4.12	Responsabilidad del contratista.....	16
4.13	Impuestos.....	17
4.14	Seguridad en el trabajo.....	17
4.15	Causas de rescisión del contrato.....	17

1 CONDICIONES DE ÍNDOLE GENERAL

1.1 Objetivo del presente documento

El objetivo del presente documento será establecer las condiciones tanto económicas, como técnicas, como facultativas requeridas para realizar las obras necesarias en el diseño y dimensionamiento.

1.2 Alcance

El alcance de este documento incluye el suministro y prestación de todos los materiales, equipos, y servicios para el correcto desarrollo de las instalaciones necesarias para el procesamiento de 50.000 l/día de lactosuero.

1.3 Documentación del proyecto

El proyecto consta de:

- Documento nº1: Memoria y Anexos
- Documento nº2: Planos
- Documento nº3: Pliego de condiciones
- Documento nº4: Presupuesto

Los documentos contractuales del presente proyecto serán:

- Anexos
- Planos
- Pliegos de condiciones
- Presupuesto

Los demás documentos que incorporemos complementarán con información y datos dichos documentos.

1.4 Relación entre documentos

Los documentos del proyecto son compatibles entre sí y complementan información unos con otros. Únicamente con una visión general de los cuatro documentos mencionados se puede ejecutar el proyecto.

Si miramos desde un punto técnico o teórico, el documento con mayor importancia sería el Documento nº1: Memoria y Anexos. Sin embargo, desde el punto de vista jurídico o legal sería el Documento nº3: Pliego de condiciones.

2 CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

Para conseguir la máxima calidad posible del proyecto, la empresa dará al contratista, todos los datos, planos e información de la que dispone para realizar los análisis correspondientes.

Todo el material empleado en la obra y en la instalación será nuevo y estará aprobado con los certificados de seguridad pertinentes. Estos materiales serán inspeccionados por la Dirección Técnica y se podrán devolver si no cumplen con los mínimos de calidad.

El contratista únicamente podrá modificar los procedimientos con autorización previa.

El contratista tendrá que proporcionar información actualizada acerca del proyecto, así como un informe final con los pasos realizados.

2.1 Materia prima

La industria producirá proteína de suero de leche. El lactosuero de oveja utilizado como materia prima provendrá de queseras de queso manchego de la zona.

Dicho lactosuero deberá cumplir con los requisitos mínimos de calidad y haber superado los controles físico-químico y biológicos, previo a la recepción en la industria.

2.2 Documentos de soporte

En este apartado se describen los documentos que se deberán entregar y sus características.

- Documento nº1. Memoria y anexos: En el presente documento vendrán principalmente los objetivos, el proceso para la realización del proyecto, los requisitos de funcionamiento y la solución planteada con sus conclusiones.
- Documento nº2. Planos: En este documento vendrán recogidos los distintos planos técnicos de todos los elementos anteriormente diseñados y calculados.

- Documento nº3. Pliego de condiciones: En el presente documento se regulan las líneas y normas de comportamiento para la realización del proyecto desde un punto de vista técnico, económico, legal y facultativo.
- Documento nº4. Presupuesto: Documento de cálculo económico del proyecto. Este documento aporta una idea de los costes y valores del proyecto.

2.3 Trabajos generales

El contratista deberá, para la realización de todos los trabajos, la mejor técnica constructiva que se requiera para su ejecución, además de todas las medidas de seguridad que sean precisas.

Toda maquinaria e instrumentos de trabajo deberán tener una revisión y supervisión continua para mantener un funcionamiento óptimo, mientras estén adscritas al periodo de obra; retirándolas inmediatamente si pueden llegar a suponer un peligro inmediato a los trabajadores.

2.4 Características técnicas de las instalaciones de vapor

2.4.1 Descripción general

Sistema de generación de vapor saturado libre de gases y sedimentos. El equipo estará diseñado para producción de vapor saturado con el propósito de transmitir calor de manera controlada durante el proceso productivo.

La instalación estará formada por los siguientes equipos: Evaporador de múltiple efecto e intercambiadores de calor por placas.

La presión de servicio que se ha estimado la idónea es de 4,8 bares la cual estará sobredimensionada para posibles imprevistos.

La instalación de vapor producirá 659,62 kg/h de vapor saturado, el quemador será de tipo pulverizador, el generador será tipo pirotubular, el combustible será gasóleo tipo C y su instalación será un sistema de anillo de circulación.

2.4.2 Formación

El personal deberá tener la formación adecuada y jornadas de reciclaje sobre el uso y mantenimiento del equipo, para que así se mantenga el máximo grado de seguridad y se aproveche al máximo la utilidad de este.

2.4.3 Instalación y montaje

Tanto el transporte, como el montaje, instalación y puesta en marcha irán a cargo de la empresa, incluido en su precio de venta.

Como documentación de dicho proceso se presentarán memorias descriptivas y planos, además de certificados del buen funcionamiento y del adecuado proceso de instalación.

2.4.4 Garantía de los equipos

La garantía de los diferentes equipos y maquinaria industrial tendrán una garantía mínima de un año a contar desde el primer día de puesta en marcha. Durante este periodo la empresa suministradora deberá cubrir, reparar o cambiar cualquier pieza o conjunto de piezas que falle durante el correcto uso de estas. A su vez, se valorará la ampliación del periodo de garantía y/o mantenimientos.

En caso de fallo en algún equipo que suponga la retirada del mismo durante un periodo prolongado de tiempo, la empresa correspondiente deberá proveer de un equipo de sustitución.

2.4.5 Servicio técnico

La empresa suministradora deberá aportar todos los conocimientos requeridos para el buen funcionamiento y mantenimiento de cada equipo, incluyendo los medios materiales y humanos necesarios.

2.4.6 Normativa aplicable

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) Real Decreto 1027/2007
- Directiva de compatibilidad electromagnética Directiva 2014/30/UE
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre
- Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas Real Decreto 1644/2008
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión

2.4.7 Válvulas y accesorios

En el dimensionamiento y diseño de la instalación de vapor será primordial realizar el cálculo de longitud de las tuberías, para ello necesitaremos conocer los accesorios ubicados ellos para optimizar el dimensionamiento.

Accesorios línea principal:

- Válvulas de retención batiente
- Válvula Te de confluencia
- Válvulas de paso recto
- Válvulas de compuerta

Accesorios línea secundaria:

- Válvula de compuerta abierta
- Válvula de retención de paso de escuadra

Además de estos, se deberá comprobar otros accesorios esenciales como caudalímetros, purgadores de equipo, purgadores de aire, manómetros, bombas, filtros y purgadores de línea.

2.4.8 Sistema de vigilancia indirecta

Las calderas podrán operar con vigilancia indirecta durante 24 horas según TRD 604, para ello se requerirán los siguientes equipos:

- Sistema de purga automática de sales y enfriador de muestras
- Sistema de purga automática de lodos

2.4.9 Almacenamiento de combustible

El almacenamiento de combustible debe tener una serie de requisitos para garantizar la seguridad de los trabajadores y de la industria.

- No debe haber muestras de humedad, tanto suelos, paredes y techos
- Se deberá prestar especial atención al contenido mínimo de combustible
- La sala de calderas y la de almacenamiento de combustibles deben estar provistas de sistemas de autoextinción y el continente de la habitación debe tener una resistencia al fuego acorde a la carga de fuego que se vaya a almacenar

2.4.10 Sala de calderas

La sala de calderas al igual que la sala para almacenamiento de combustibles debe poseer unas características determinadas debido a la especial peligrosidad que puede suponer.

- Tendrá una ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases, tanto calientes, como tóxicos o incompletos de la combustión.
- Esta sala deberá tener espacio suficiente que permita una seguridad en el transporte y movimiento de la maquinaria
- Aperturas al exterior

Aparte de los mencionado anteriormente será de obligado cumplimiento todas las prescripciones generales de seguridad que se establecen en la sección SI-1 Documento básico SI seguridad en caso de incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE)

2.5 Características técnicas de las instalaciones de frío

2.5.1 Disposición general

El equipo nos proporcionará agua fría para la conservación del lactosuero en ciertas etapas de nuestro proceso productivo. Este está diseñado con el objetivo de suministrar agua fría a las camisas de los tanques silos.

2.5.2 Formación del personal

Al igual que en la producción de vapor, para tener el máximo grado de seguridad y aprovechar al máximo las características de los diferentes equipos, se deberá formar regular y adecuadamente a los trabajadores.

2.5.3 Instalación y montaje

Tanto el transporte, como el montaje, instalación y puesta en marcha irán a cargo de la empresa, incluido en su precio de venta.

Como documentación de dicho proceso se presentarán memorias descriptivas y planos, además de certificados del buen funcionamiento y del adecuado proceso de instalación.

2.5.4 Garantía

La garantía de los diferentes equipos y maquinaria industrial tendrán una garantía mínima de un año a contar desde el primer día de puesta en marcha. Durante este periodo la empresa suministradora deberá cubrir, reparar o cambiar cualquier pieza o conjunto de piezas que falle durante el correcto uso de estas. A su vez, se valorará la ampliación del periodo de garantía y/o mantenimientos.

En caso de fallo en algún equipo que suponga la retirada del mismo durante un periodo prolongado de tiempo, la empresa correspondiente deberá proveer de un equipo de sustitución.

2.5.5 Servicio técnico

La empresa suministradora deberá aportar todos los conocimientos requeridos para el buen funcionamiento y mantenimiento de cada equipo, incluyendo los medios materiales y humanos necesarios.

2.5.6 Normativa

El equipo deberá cumplir la siguiente normativa:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan y por el que se establecen los requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades que emitan gases fluorados
- Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas Real Decreto 1644/2008
- Directiva de compatibilidad electromagnética Directiva 2014/30/UE

3 CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

3.1 Obligaciones del director técnico de obra

El director técnico tendrá unas responsabilidades y obligaciones:

- Supervisión y seguimiento de las obras
- Control de costes y calidad
- Realización de informes de obra
- Supervisar la dirección facultativa
- Negociar con contratistas
- Liquidaciones
- Recepciones de obra

3.2 Obligaciones y derechos del contratista

3.2.1 Obligaciones principales del contratista

- **Cumplimiento del plazo de ejecución:** De acuerdo con el Código civil, no cumplir estos plazos puede conllevar sanción o resolución del contrato. Estos deben estar claramente especificados en el contrato incluyendo etapas intermedias.
- **Entrega de la obra en condiciones adecuadas:** La obra debe cumplir con las especificaciones técnicas y de calidad acordadas en el contrato. Esto también incluye cualquier norma de seguridad y técnica establecida en la legislación española
- **Garantía por los defectos:** El contratista deberá proporcionar un seguro o aval que cubra posibles defectos o vicios ocultos en la obra durante un plazo de diez años según el artículo 1591 del Código Civil español.

3.2.2 Responsabilidad del contratista frente a terceros

- **Seguridad y cumplimiento normativo:** El contratista debe asegurar la seguridad en el lugar de trabajo. Esto abarca la implementación de medidas de protección tanto para trabajadores como para terceros
- **Responsabilidad civil:** En caso de producirse daños a terceros el contratista deberá responder ante estas situaciones

3.2.3 Obligaciones documentales del contratista

- **Documentación técnica y permisos:** Esto incluye planos, licencias de construcción, memorias descriptivas o cualquier otro documento exigible por las autoridades.
- **Informes periódicos:** Debe realizar informes periódicos de los avances de la obra. Esto es fundamental para así poder corregir posibles desviaciones.

3.2.4 Gestión de personal y subcontratistas

- **Pagos y contratación**
- **Supervisión y coordinación**

3.3 Libro de órdenes y medios auxiliares

3.3.1 Libro de órdenes

Su uso es obligatorio desde 1971, y en él se deberán las incidencias de obra y reflejar las órdenes y asistencias realizadas por el arquitecto técnico y arquitecto, como director o aparejador de la obra.

3.3.2 Medios auxiliares

Aun no reflejándose explícitamente en el contrato o en los pliegos de condiciones, el contratista deberá ejecutar una buena construcción y aspecto de las obras, siempre que así lo disponga el director técnico y se encuentre entre los límites presupuestarios. Los medios materiales en estas operaciones irán a cuenta del contratista.

3.4 Recepción y liquidación

3.4.1 Recepción con carácter provisional

Documento que da constancia que los bienes, obras o servicios entregados por el contratista cumplen con las especificaciones técnicas y/o términos de referencia. Será obligatorio la asistencia del propietario, del contratista y del director técnico de obra.

Si el trabajo es satisfactorio y las obras se han ejecutado con arreglo a las especificaciones técnicas establecidas, se considerarán recibidas de forma provisional y comenzará el plazo de garantía.

De no ser así, se hará constar en acta y se detallarán los defectos que se han observado por parte del director de obra.

3.4.2 Recepción con carácter definitivo

Una vez terminado el plazo de garantía, se verificará la buena condición y el buen estado de la obra. Si está en buenas condiciones el contratista quedará fuera de responsabilidad económica sobre las mismas. Si no fuera el caso, se deberá retrasar hasta que el director de obra lo establezca como válido de acuerdo con lo establecido en el pliego.

3.4.3 Liquidación final

Es la última fase de la consumación del contrato de obra y determina el precio que debe abonar el dueño de la obra. Una vez que la misma ha sido terminada, entregada y recibida por el promotor. Se pagará el precio acordado, sin que pueda ser superior, a no ser que haya sido aprobado previamente.

3.5 Facultades de la dirección de obra

La dirección de obra desarrollará los aspectos técnicos y urbanísticos, de conformidad con el proyecto, la licencia de edificación y las condiciones del contrato.

4 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

Este apartado contiene las condiciones económicas pactadas entre el contratista y la propiedad, así como las funciones de control económico de la dirección facultativa.

4.1 Garantía o fianza. Concepto y condiciones de devolución

La fianza es una cantidad de dinero, generalmente asociado a la cantidad total, que debe poner el contratista en el momento de la firma del contrato. Esta fianza cubrirá:

- Las penalizaciones por demora o fallo
- Las reparaciones que por motivo de la obra abone la propiedad y sean con cargo a la Contrata
- El abandono de la ejecución por el contratista

El valor será del 4% sobre el total en concepto de fianza, que es un valor estándar, y se establecerá por medio de avales bancarios. La devolución final y completa de todas las retenciones que se hayan incluido y de la fianza se realizará tras la firma del acta de entrega de obra o de la auditoria de finalización de proyecto final.

4.2 Precios contradictorios

Aquí estarán incluidos todos los precios de las partidas no presupuestadas en el proyecto original y que aparezcan durante la ejecución. Deberán ser aprobados por la dirección facultativa para que dichos precios se puedan ejecutar.

4.3 Mejoras y modificados de obra, instalaciones y maquinaria

Se valorarán las mejoras o modificaciones que vayan surgiendo y que se produzcan por deseo de la propiedad, por la dirección o por necesidades constructivas. Las mejoras propuestas por la contrata no generarán un aumento del importe de las obras o instalaciones.

4.4 Revisión de precios

Si la obra se alargase, se revisarán los costes de los materiales y la mano de obra que la contrata vaya aportando. Se realizará en base a las propuestas en la ley de Contratos del Estado. La clausula de revisión se aplicará tomando los índices de costes iniciales en la fecha de licitación y los índices de costes finales de la fecha de certificación.

4.5 Penalizaciones

Habrá dos tipos de penalizaciones:

- Por demora en los tiempos de ejecuci3n. Que se cuantificar  por día de retraso, sin computar los días de fuerza mayor.
- Por incumplimiento del contrato, ya sea por mala ejecuci3n o por incumplimiento de algún requisito legal o laboral.

4.6 Seguros

El contratista estará obligado a suscribirse a todos los seguros necesarios para garantizar todos los posibles daños en la obra. En concreto, se exige a la Contrata la suscripci3n de un Seguro de Responsabilidad Civil.

4.7 Condiciones de pago

El pago se realizará de la siguiente manera:

- Un 10% a la firma del contrato
- Los abonos que se requieran para la entrega de materiales o equipos de obra
- Un 20% a la puesta en marcha
- Un 10% a los 12 meses de la puesta en marcha, 3sea, después del periodo de garantía
- El resto se abonará a la finalizaci3n de la obra

4.8 Condiciones generales legales

En este apartado fijaremos las condiciones legales que tiene que cumplir el contratista y el tipo de adjudicaci3n y de contrato que tienen que regir.

4.9 Contratista y/o subcontratista

Los requisitos exigibles a contratistas y subcontratistas, según la Ley 32/2006 serán los siguientes:

- Ejercer directamente las facultades de organizaci3n y direcci3n del trabajo desarrollado por sus trabajadores
- Poseer una organizaci3n productiva propia, y contar con los medios materiales y personales necesarios para la actividad contratada

- Asumir las obligaciones, riesgos y responsabilidades propias del desarrollo de la actividad empresarial
- Acreditar que se disponen de los recursos humanos con la formación necesaria en prevención de riesgos laborales.
- Estar inscrito en el Registro de Empresas Acreditadas (REA)
- Tener una plantilla con un número de trabajadores contratados con carácter indefinido no inferior al 30% de su plantilla
- Tener una organización preventiva adecuada conforme a la LPRL
- Cada contratista, previa a la subcontratación de un subcontratista o una persona autónoma, deberá obtener un libro de Subcontratación habilitado por la Autoridad Laboral de Castilla-La Mancha

4.10 Contrato

El tipo de contrato que regirá nuestro proyecto será el contrato por unidades, fijando un precio a cada unidad de obra en función del número de metros cuadrados. En este contrato examinaremos el valor unitario de cada partida y se pagará una vez que cada partida avanza o finaliza.

4.11 Arbitraje y jurisdicción competente

Las eventuales controversias derivadas de la interpretación o ejecución del presente acuerdo podrán ser sometidas por las partes a la mediación de la Asociación Europea de Arbitraje, la cual realizará la labor encomendada a través de los mediadores a tal efecto designados, todo ello de conformidad con sus estatutos y Reglamento, a los que las partes se acogen.

En caso de concluir la mediación sin resultado positivo, toda controversia derivada de este contrato o que guarde relación con él, incluida cualquier cuestión relativa a su existencia, validez o terminación, será resuelta definitivamente mediante arbitraje de equidad, administrado por la Asociación Europea de Arbitraje de acuerdo con su Reglamento vigente a la fecha de presentación de la solicitud de arbitraje, que las partes manifiesta conocer.

4.12 Responsabilidad del contratista

Podemos encontrar tres periodos perfectamente diferenciados en la responsabilidad del contratista:

- El primero comenzará con la recepción de la obra y comienza el periodo de garantía, durante el cuál el contratista deberá responder de los vicios y defectos de la construcción y está obligado a la conservación de las obras.

- El segundo comienza cuando se extingue la garantía y hace referencia a los vicios ocultos por incumplimiento del contrato por parte del contratista
- Y el tercero se inicia a partir de los quince años desde la recepción, en el cual el contratista no tiene ya ninguna responsabilidad

El periodo de responsabilidad por vicios ocultos responsabilizará al contratista en el caso de que la obra se arruine por vicios ocultos hasta los quince años siguientes a la recepción

4.13 Impuestos

La contrata deberá abonar el pago de los impuestos correspondientes como son el impuesto de construcciones, instalaciones y obras (ICIO) y la tasa por la tramitación y concesión de la licencia.

4.14 Seguridad en el trabajo

Se exige el cumplimiento de la Ordenación de Higiene y Seguridad en el Trabajo y de todas aquellas órdenes que regulan la ejecución de las obras.

4.15 Causas de rescisión del contrato

Las causas por las que pueden darse la rescisión del presente contrato son las siguiente:

- Un retraso excesivo en la ejecución de las obras
- Por abandono de las obras sin causa justificada
- Por fallecimiento del Contratista
- Por causas administrativas

Madrid, Enero de 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'TOMÁS', written over a diagonal line that extends from the bottom left towards the top right.

Firmado: Tomás Martín-Caro Tomás

DOCUMENTO N°4
PRESUPUESTO

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	3
2.1	Presupuesto de adquisición de maquinaria del proceso productivo	3
2.2	Presupuesto de adquisición para el material y mobiliario	5
2.3	Presupuesto de la instalación de vapor	5
2.4	Presupuesto de otras instalaciones.....	6
3	PRESUPUESTO TOTAL	7

1 INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como objetivo el cálculo del presupuesto de nuestra industria, que se encargará de procesar 50.000 L/día de lactosuero ovino en el municipio de Alcázar de San Juan en Ciudad Real.

Tal como mencionamos en el Anexo I, el promotor adquiere la nave con las instalaciones de agua, electricidad, saneamiento y comunicaciones ya instaladas con lo que no las tendremos en cuenta en nuestro presupuesto.

En este documento se llevará a cabo un Presupuesto de Ejecución Material que corresponderá únicamente a la maquinaria y mobiliario imprescindible de la industria.

2 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

2.1 Presupuesto de adquisición de maquinaria del proceso productivo

Vamos a detallar el importe del coste que conlleva la compra, instalación, montaje y puesta en marcha de la maquinaria necesaria para que nuestra industria sea completamente operativa.

Tabla 1: Presupuesto de adquisición de maquinaria para el proceso productivo

LOCALIZACIÓN DE LA MAQUINARIA EN EL PROCESO PRODUCTIVO	MAQUINARIA	PRECIO / UD (€)	UNIDADES	IMPORTE (€)
Recepción y almacenamiento de la materia prima	Analizador de suero lácteo	1.000	1	1.000
	Caudalímetro electromagnético	1.200	1	1.200
	Tanques recepción de materia prima (30.000 L)	25.000	2	50.000
	Decantador centrífugo para limpieza del suero	20.000	1	20.000
	Depósito finos de caseína (100 l)	200	1	200

	Decantador centrífugo para la separación de la crema	20.000	1	20.000
	Tanque para crema de suero (2000 L)	5.000	1	5.000
	Tanques almacenamiento de suero limpio (30.000 L)	25.000	2	50.000
	Intercambiador de calor por placas	20.000	1	20.000
Procesado y proceso productivo	Unidad de ultrafiltración	8.620	1	8.620
	Evaporador de efecto múltiple	2000	1	2.000
	Secador por aspersion	10.000	1	10.000
	Envasador	25.000	1	25.000
	Tuberías de grado alimentario	7 (por m)	150	1.050
	Bombas de impulsión	1.000	4	4.000
Almacenaje	Estanterías industriales	384,88	2	769,76
TOTAL		218.839,76		

El presupuesto necesario para la adquisición de toda la maquinaria asciende a un total de **218.839,76 €** (sin IVA).

2.2 Presupuesto de adquisición para el material y mobiliario

Para la realización del presupuesto del mobiliario y equipos de las distintas zonas, valoraremos de manera general y en conjunto los distintos espacios.

Tabla 2: Presupuesto de adquisición de material y mobiliario

ZONA	MOBILIARIO / MATERIAL	PRECIO / UD (€)	CANTIDAD	IMPORTE (€)
Oficina	Mobiliario de oficina	2.000	1	2.000
	Material de oficina	8.000	1	8.000
Laboratorio	Mobiliario de laboratorio	2.000	1	2.000
	Material de laboratorio	5.000	1	5.000
Sala de limpieza	Material de limpieza	5.000	1	5.000
Aseos	Material de aseos	4.000	1	4.000
Gestión de residuos	Material para gestión de residuos	3.000	1	3.000
TOTAL	29.000			

Por tanto, el presupuesto de adquisición de material y mobiliario asciende a **29.000 €** (sin IVA).

2.3 Presupuesto de la instalación de vapor

A continuación, detallaremos el presupuesto necesario para la realización de la instalación de vapor relativa a nuestra industria.

Tabla 3: Presupuesto adquisición de la maquinaria de la instalación de vapor

INSTALACIÓN	MAQUINARIA	PRECIO / UD (€)	CANTIDAD	IMPORTE (€)
Instalación de vapor	Caldera de vapor	30.000	1	30.000
	Módulo de recuperación de condensados	15.000	1	15.000
	Distribuidor de vapor	10 (por m)	29,75	297,5
	Tanque de almacenamiento de combustible	14.100	1	14.100
	Accesorios	10.000	1	10.000
TOTAL	54.397,5			

El presupuesto de adquisición de toda la maquinaria relacionada con la instalación de vapor asciende a **54.397,5 €** (sin IVA).

2.4 Presupuesto de otras instalaciones

Como hemos mencionado antes, el promotor obtiene la nave con ciertas instalaciones, pero no con la instalación de gas, ni de instalación de protección contra incendios:

- Instalación de gas: Se estima un coste de instalación según dimensiones de la fábrica de 5.000 € (sin IVA).
- Instalación de protección contra incendios: Según dimensiones de la fábrica y buscando una buena protección frente al fuego y los incendios estimamos un presupuesto de 2.000 € (sin IVA).

Por tanto, el presupuesto destinado a otras instalaciones asciende a **7.000 €** (sin IVA)

3 PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto total del proyecto se calculará como la suma de los presupuesto de ejecución material (PEM) anteriormente calculados más el 21% de IVA correspondiente, obteniendo así el presupuesto de ejecución material (PEA):

$$\text{PEM total} = \text{Presupuesto}_{\text{maquinaria}} + \text{Presupuesto}_{\text{mobiliario}} + \text{Presupuesto}_{\text{instalación de vapor}} + \text{Presupuesto}_{\text{Otras instalaciones}}$$

$$\text{PEM total} = 218.839,76 + 29.000 + 54.397,5 + 7.000 = \mathbf{309.237,26 \text{ €}}$$

$$\text{PEA} = \text{PEM total} + \text{IVA PEM} = \text{PEM total} \times 1,21$$

$$\text{PEA} = 309237,26 \times 1,21 = \mathbf{374177,08 \text{ €}}$$

El presupuesto total de ejecución por administración (PEA) alcanza los TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL CIENTO SETENTA Y SIETE CON OCHO CENTIMOS.

Madrid, Enero de 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tomás', with a long horizontal line extending from the end of the signature across the page.

Firmado: Tomás Martín-Caro Tomás