

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Mención: Industrias Agrarias y Alimentarias

Diseño del proceso productivo de una agroindustria para la elaboración de derivados de la almendra en la localidad de Aniñón (Zaragoza)

Design of the productive process of an agroindustry for the manufacturing of almond based products in the town of Aniñón (Zaragoza)

Autor:

Alicia Arévalo Rodrigo

Director/es:

María Eugenia Venturini Crespo

María Pilar Lobera González

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2025

El Trabajo de Fin de Grado que presento para su exposición y defensa es original y todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

A handwritten signature in blue ink, reading "Mica Arce", enclosed within a large, horizontal oval loop.

AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo de Fin de Grado ha sido posible gracias a mis tutoras M^a Eugenia Venturini Crespo y María Pilar Lovera González. Gracias por vuestro desempeño, asesoramiento y dedicación.

Quiero agradecer también a mi familia por su apoyo y paciencia, animándome y siendo mi soporte para que logre todo lo que me propongo.

RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Grado se describe el diseño del proceso productivo de una industria situada en Aniñón, en el polígono “Los Lindazos”.

La producción en esta industria agroalimentaria se fundamenta en cuatro líneas de productos: almendra laminada, palitos de almendra, cubos de almendra y almendra molida. Se describe en primer lugar el proceso productivo para obtener cada uno de ellos. Una vez descritas las fases para obtener los productos se realizarán los balances de materia y de energía para posteriormente elegir la maquinaria con la capacidad productiva deseada. Con las dimensiones de la maquinaria, se calcularán las dimensiones de la industria agroalimentaria. Por último, se realizará un estudio de viabilidad económica de la industria agroalimentaria, así como los planos de localización, dimensionado, distribución en planta y plano detalle en planta.

Palabras claves: *industria agroalimentaria, derivados de almendra, almendra laminada, palitos de almendra, cubos de almendra y almendra molida.*

ABSTRACT

This Final Degree Project describes the design of the production process of an industry located in Aniñón, in the ‘Los Lindazos’ industrial estate.

The production in this agri-food industry is based on four product lines: sliced almonds, almond sticks, almond cubes and ground almonds. Firstly, the production process to obtain each of them is described. Once the phases to obtain the products have been described, the material and energy balances will be carried out in order to subsequently choose the machinery with the desired production capacity. With the dimensions of the machinery, the dimensions of the agri-food industry will be calculated. Finally, an economic viability study of the agri-food industry will be carried out, as well as the location, dimensioning, plant distribution and detailed plant plan.

Keywords: *agro-food industry, almond derivatives, rolled almonds, almond sticks, almond cubes and ground almonds.*

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	1
1.2.	ORIGEN DEL ALMENDRO	3
1.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y CICLO EVOLUTIVO DEL ALMENDRO	4
1.4.	COMPOSICIÓN DE LAS ALMENDRAS	8
1.5.	VARIEDADES DE ALMENDRAS	8
1.6.	POSTCOSECHA DE LA ALMENDRA	12
1.7.	PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA	15
1.7.1.	PRODUCTOS OBTENIDOS CON MÍNIMO TRATAMIENTO	15
1.7.2.	LECHE DE ALMENDRA	17
1.7.3.	ACEITE DE ALMENDRA	18
1.8.	USO DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA	20
1.8.1.	USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	20
1.8.2.	USO EN LA INDUSTRIA COSMÉTICA Y FARMACOLÓGICA	21
1.9.	APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA ALMENDRA COMO BIOCOMBUSTIBLE	23
2.	SITUACIÓN DEL SECTOR	26
2.1.	SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO	26
2.2.	SITUACIÓN A NIVEL NACIONAL	29
2.3.	SITUACIÓN EN ARAGÓN	34
2.4.	CONSUMO DE ALMENDRA	37
2.5.	PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA – INDUSTRIA PASTELERA	38
3.	JUSTIFICACIÓN DE LA ZONA	42
3.1.	JUSTIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN DEL MUNICIPIO	42
3.1.1.	SITUACIÓN DEL POLÍGONO	42
3.1.2.	INFRAESTRUCTURAS DEL POLÍGONO	43
3.1.3.	COMUNICACIONES	44
3.1.4.	AMPLIACIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA Y SECADERO SITUADO EN ANIÑÓN 45	
3.2.	DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS EN LA ZONA	47
3.3.	JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL	49
3.4.	RIESGOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA	50

3.4.1.	GEOLOGÍA DEL ENTORNO	50
3.4.2.	RIESGOS GEOLÓGICOS	51
4.	<i>PROCESOS PRODUCTIVOS</i>	55
4.1.	NORMATIVA APLICABLE	55
4.2.	ESQUEMAS DE PROCESO	62
4.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES	65
4.3.1.	ETAPAS DE DESCASCARADO	65
4.3.2.	ETAPAS DE PELADO	69
4.3.3.	ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO	73
4.3.3.1.	ETAPAS DE ELABORACIÓN PALITOS	74
4.3.3.2.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS	74
4.3.3.3.	ETAPAS DE FABRICACIÓN DE CUBOS	75
4.3.3.4.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA	75
4.3.4.	ETAPAS DE CONTROL, PESADO, ETIQUETADO Y ENVASADO	76
4.3.5.	RECEPCIÓN DE ENVASES	78
4.3.6.	ETAPAS PARA LA HOMOGENIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA PARA SU USO COMO BIOMASA	78
4.4.	ANÁLISIS DE PELIGRO Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS (APPCC)	80
4.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	81
4.4.2.	ANÁLISIS DE PELIGROS Y DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS (PCC) Y PRERREQUISITOS OPERATIVOS (PPRO)	84
4.4.3.	ESTABLECIMIENTO DE LOS LÍMITES CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DEL SISTEMA DE VIGILANCIA DEL CONTROL DE LOS PCC Y DE MEDIDAS CORRECTORAS	97
4.4.4.	ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN	98
4.4.5.	ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS	100
5.	<i>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</i>	101
5.1.	BALANCE DE MATERIA	101
5.1.1.	ETAPAS DE DESCASCARADO	103
5.1.2.	ETAPAS DE PELADO	112
5.1.3.	ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO	116
5.1.3.1.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE PALITOS, LAMINAS Y CUBOS	116
5.1.3.2.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA	120

5.1.4.	ETAPAS PARA LA HOMOGENIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA PARA SU USO COMO BIOMASA	124
5.2.	BALANCE DE ENERGÍA	129
5.2.1.	BALANCE DE ENERGÍA A LA FASE DE SECADO	129
6.	<i>ELECCIÓN DE LA MAQUINARIA</i>	144
6.1.	SELECCIÓN DE MAQUINARIA	144
6.1.1.	ETAPAS DE DESCASCARADO	144
6.1.2.	ETAPAS DE PELADO	151
6.1.3.	ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO	154
6.1.3.1.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE PALITOS	154
6.1.3.2.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS	156
6.1.3.3.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE CUBOS	157
6.1.3.4.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA	158
6.1.4.	ETAPAS DE CONTROL, PESADO, ENVASADO Y ETIQUETADO	160
6.1.5.	MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES	164
6.2.	SIMULACIÓN DE SISTEMA CON ESPERA	168
6.2.1.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS Y PALITOS	169
6.2.2.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE CUBITOS	171
6.2.3.	ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA	173
6.3.	ESQUEMA DE LA MAQUINARIA REQUERIDA	175
7.	<i>DISTRIBUCIÓN EN PLANTA</i>	177
7.1.	DISTRIBUCIÓN DE TRABAJO	177
7.2.	NECESIDADES DEL PRODUCTO	180
7.2.1.	MATERIAS PRIMAS	180
7.2.2.	PRODUCTOS AUXILIARES	180
7.3.	MANO DE OBRA	184
7.4.	LAYOUT	185
7.4.1.	REQUERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE PROCESADO	186
7.4.2.	DIMENSIONADO DE LA INDUSTRIA	188
7.4.3.	DISTRIBUCIÓN CON MARCO LAYOUT	190
8.	<i>VIABILIDAD ECONÓMICA</i>	197
8.1.	GASTOS DE INVERSIÓN	197
8.2.	COSTES	200
8.2.1.	COSTES ORDINARIOS	200

8.2.2.	COSTES EXTRAORDINARIOS	205
8.3.	INGRESOS	207
8.3.1.	INGRESOS ORDINARIOS	207
8.3.2.	INGRESOS EXTRAORDINARIOS	208
8.4.	ANÁLISIS FINANCIERO	209
8.5.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	220
9.	<i>PLANOS</i>	257
10.	<i>BILBIOGRAFÍA</i>	262

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de producción de almendra declaradas en España con las hectáreas en plantación regular. Fuente: MAPA, 2024	3
Figura 2. Almendros en floración.	4
Figura 3. Flor del almendro.	5
Figura 4. Partes del fruto de la almendra (Fuente: elaboración propia).	5
Figura 5. Almendras de las variedades Marcona, Guara, Langueta y Belona.	10
Figura 6. Apertura del mesocarpio de la almendra como indicativo de estado óptimo de madurez.	12
Figura 7. Recolección de almendras con abanico.	13
Figura 8. A la derecha, cáscara de almendra afectada por <i>Aspergillus flavus</i> , y a la izquierda, almendra con lesiones características de <i>Cladosporium carpophilum</i>	14
Figura 9. Almendra natural y almendra pelada (sin tegumento).	15
Figura 10. Almendra tostada.	15
Figura 11. Almendra en diferentes formatos: laminado, palitos y crocanti (de izquierda a derecha).	16
Figura 12. Almendra molida.	17
Figura 13. Leche de almendra.	18
Figura 14. Aceite de almendras.	18
Figura 15. Turrónes tradicionales: blando (derecha) y duro (izquierda).	21
Figura 16. Mazapán.	21
Figura 17. Zonas con mayor producción de almendra a nivel mundial en toneladas (t). FAOSTAT (FAO, 2024).	26
Figura 18. Distribución de la producción de almendra por continentes. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	26
Figura 19. Distribución de producción mundial de almendra grano de la campaña 2021/22 por países. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	27
Figura 20. Evolución de las áreas cosechadas de almendra (ha) a nivel mundial desde 2010-hasta 2022. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	27
Figura 21. Evolución de la producción de almendra (t) a nivel mundial desde 2010 hasta 2022. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024)	28
Figura 22. Evolución de los rendimientos de producción a nivel mundial, europeo y nacional (kg/ha). Fuente: FAOSTAT (FAO,2024).	31

Figura 23. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Reus. Fuente: MAPA.	32
Figura 24. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Murcia. Fuente: MAPA.	32
Figura 25. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Albacete. Fuente: MAPA.	33
Figura 26. Distribución territorial de la superficie de la almendra en Aragón por municipios. Fuente: SINGEAR.	34
Figura 27. Distintos formatos de venta al consumidor de Frutos secos Alcañiz.	35
Figura 28. Formatos de comercialización de los productos de almendra de Frutos secos Boren – Binefar.	36
Figura 29. Polígono industrial de Los Lindazos. Fuente: SIGPAC.	43
Figura 30. Vías de comunicación y transporte de la Comarca de Calatayud. Fuente: Comarcalización de Aragón.	45
Figura 31. Punto de almacenaje y secado de almendra en la localidad de Aniñón.	46
Figura 32. Representación gráfica por municipios y hectáreas dedicadas a la producción de almendras. Fuente: Datos recopilados de la Política Agraria Común (PAC).	47
Figura 33. Localización óptima de la agroindustria () según el método de centro de gravedad y localización de la agroindustria ()	48
Figura 34. Hoja 409 del mapa geológico de España, de la zona de Calatayud. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.	50
Figura 35. Mapa detalle de la zona ubicada la industria y leyenda detallada sobre la información geológica. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.	51
Figura 36. Identificación de las zonas con probabilidad alta, frecuente o media de inundación. Fuente: SNCZI-IPE. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.	52
Figura 37. Susceptibilidad de riesgo por colapso de la hoja 409 (Zona de Calatayud). Fuente: ICEARAGÓN.	53
Figura 38. Susceptibilidad de riesgo por deslizamiento de la hoja 409 (Zona de Calatayud). Fuente: ICEARAGÓN.	54
Figura 39. Símbolo en el etiquetado de productos destinados a estar en contacto con los alimentos.	61
Figura 40. Esquema de proceso completo diferenciando las diferentes etapas dependiendo del producto final.	62
Figura 41. Diagrama de fases para la obtención de almendra sin cáscara.	63
Figura 42. Diagrama de fases para la obtención de almendra repelada.	63
Figura 43. Diagrama de fases para la obtención de productos derivados de la almendra.	64

Figura 44. Embalaje y etiquetado de la almendra laminada.	77
Figura 45. Factor de correlación del poder calorífico en función de la humedad. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA, 2008).	79
Figura 46. Método semicuantitativo de evaluación de riesgos dependiendo de la severidad y la probabilidad.	85
Figura 47. Árbol de decisiones para establecer si la medida de control es un PPR, PPRO o PCC.	86
Figura 48. Flujos máxicos de la agroindustria propuesta.	102
Figura 49. Balance de materia global a las etapas de descascarado.	103
Figura 50. Balance de materia de la fase 1: recepción, secado y almacenaje.	105
Figura 51. Balance de materia a la fase 2: mojado.	108
Figura 52. Balance de materia a la fase 3: descascarado.	109
Figura 53. Balance de materia a la fase 4: seleccionado y calibrado.	110
Figura 54. Balance de materia a la fase 5: secado.	111
Figura 55. Balance de materia global a las etapas de pelado.	112
Figura 56. Balance de materia a la fase 1: pelado térmico.	113
Figura 57. Balance de materia a la fase 2: seleccionado y calibrado.	115
Figura 58. Balance de materia a la fase 3: enfriado.	115
Figura 59. Balance de materia global para las etapas de elaboración de palitos.	116
Figura 60. Balance de materia global para las etapas de elaboración de láminas.	117
Figura 61. Balance de materia global para las etapas de elaboración de cubos.	117
Figura 62. Balance de materia a la fase 1: cortado, laminado o troceado.	118
Figura 63. Balance de materia a la fase 2: seleccionado y calibrado.	120
Figura 64. Balance de materia global para las etapas de elaboración de almendra molida.	121
Figura 65. Balance de materia a la fase 1: refinado.	122
Figura 66. Balance de materia a la fase 2: tamizado.	123
Figura 67. Balance de materia al secado al sol de la cáscara.	125
Figura 68. Ecuaciones planteadas en el programa EES para calcular el balance de materia.	128
Figura 69. Registro climático de temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento en el término municipal de Aniñón en el año 2023 (Meteoblue, 2024).	131

Figura 70. Diagrama psicométrico para la obtención de la humedad absoluta a la entrada del aire al calentador. (-) temperatura de bulbo seco [°C], (-) humedad relativa [%] y (-) humedad absoluta [kg de agua/kg de aire seco].	132
Figura 71. Esquema de la etapa de secado en el que se enumeran los flujos másicos y los datos necesarios para realizar el balance de energía.	133
Figura 72. Ecuaciones planteadas en el programa EES para el balance de energía sin recirculación.	136
Figura 73. Resultados obtenidos por el programa EES.	137
Figura 74. Esquema de re-circulación de aire al quemador.	138
Figura 75. Resultados obtenidos en EES.	141
Figura 76. Relación del calor (Q) y humedad relativa (RH) dependiendo de la proporción de recirculación (re).	142
Figura 77. Relación de la humedad relativa (RH) y la proporción de recirculación (re).	142
Figura 78. Resultados obtenidos en EES.	143
Figura 79. Cinta transportadora en la agroindustria (CartaTV, 2021).	144
Figura 80. Instalaciones y silos de almacenaje de la agroindustria (CartaTV, 2021).	145
Figura 81. Lavadora de almendras 70/80 LVA Vulcano/Titanium (Asigran, 2024).	146
Figura 82. Información de la máquina 70/80 LVA Vulcano/Titanium de entrada y salida de almendra y de residuos (Asigran, 2024).	147
Figura 83. Esquemas y dimensiones de la rompedora STR2. (Segues, 2024).	148
Figura 84. Esquema y dimensiones de la clasificadora STR50/2 (Segues, 2024).	149
Figura 85. Esquema operativo del secadero 50EN de Zaffrain (Zaffrani, 2024).	150
Figura 86. Esquema de acople a el silo del refrigerador GC 40 Europe (Frigortec, 2024).	151
Figura 87. Escaldador de banda continua de inyección de vapor. MAIXA MX-B1000 (Maixa, 2024).	152
Figura 88. Limpiador rotativo Incus (Incus, 2024).	153
Figura 89. Urshel® Modelo CC (Issuu, 2024).	154
Figura 90. Cabezal de corte Model CC Urschel® (Issuu, 2024).	154
Figura 91. Esquema y dimensiones del modelo CC Urshel® (Urshel, 2024).	155
Figura 92. Tamizadora Zeus FTI-0550 (Filtra Vibración, 2024).	155
Figura 93. Esquema y dimensiones de tamizadora Zeus FTI-0550 (Filtra Vibración, 2024).	156

Figura 94. Trituradora-Clasificadora F-TC (Mejisa, 2024b).	157
Figura 95. Esquema y dimensiones de la Trituradora-Clasificadora F-TC (Mejisa, 2024b).	158
Figura 96. Refinadora TF-R (Mejisa, 2024).	159
Figura 97. Esquema y dimensiones de la refinadora TF-R-400-220 (Mejisa, 2024).	160
Figura 98. Pesaje de alimentos procesado NEWTEC 2009PC (NEWTEC, 2024).	161
Figura 99. Esquema y dimensiones de pesado de alimentos procesados NEWTEC 2009PC (NEWTEC, 2024).	161
Figura 100. Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 marca ULMA Packaging (Ulma, 2024).	162
Figura 101. Detector de metales MFS11 (Prisma, 2024).	163
Figura 102. Esquema y dimensiones del detector de metales MFS11 (Prisma, 2024).	164
Figura 103. Diferentes formas constructivas del elevador de banda L4545-52R (Camprodón, 2024).	165
Figura 104. Transpaleta manual 2t AM 20 (Junfheincrich, 2024).	166
Figura 105. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con una máquina (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).	170
Figura 106. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con dos máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).	171
Figura 107. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).	171
Figura 108. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de cubitos con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).	172
Figura 109. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de almendra molida con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).	174
Figura 110. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de descascarado.	175
Figura 111. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de repelado.	175
Figura 112. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de reducción de tamaño.	176
Figura 113. Diagrama de Gannt de la distribución de trabajo semanal.	178
Figura 114. Información sobre las dimensiones y departamento del Excel Layout.	191
Figura 115. Información sobre los departamentos.	191
Figura 116. Relación de deporte y costes de movimientos.	192
Figura 117. Coordenadas de las distintas zonas.	193

Figura 118. *Distribución en planta de los departamentos obtenidos con el Excel marco Layout.*
194

Figura 119. *Distribución final en planta* 196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de almendra sin cáscara. Fuente: MAPA, 2024.	8
Tabla 2. Variedades más destacadas de almendro en España (Socias, R. et al, 2014).	10
Tabla 2. Variedades más destacadas de almendro en España (Socias, R. et al, 2014) (cont.).	11
Tabla 3. Productos derivados de la almendra y sus diferentes usos en la industria pastelera.	20
Tabla 4. Especificación para la cáscara de almendra utilizada para uso industrial recogida en la UNE 164004:2022.	24
Tabla 5. Factores de emisión por gases del gasóleo, gas natural y biomasa de cáscara de frutos secos. Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (MITECO, 2023).	25
Tabla 6. Países europeos productores de almendra, datos sobre superficie cosechada (ha) y producción (toneladas), porcentaje de representante de Europa en el año 2022. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	29
Tabla 7. Importaciones y exportaciones europeas en los años 2019-2022 de almendra con y sin cascara. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	29
Tabla 8. Producciones españolas de almendras (con cáscara) por comunidades autónomas. Fuente: MAPA.	30
Tabla 9. Importaciones y exportaciones de los años 2019-2022 en España, de la almendra con cascara y almendra sin cascara. FAOSTAT (FAO, 2024).	31
Tabla 10. Consumo de almendra (Mt) en distintos países en los años 2016-2020. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).	37
Tabla 11. Indicaciones geográficas protegidas de distintos dulces navideños españoles.	38
Tabla 11. Indicaciones geográficas protegidas de distintos dulces navideños españoles (cont.)	39
Tabla 12. Rendimiento de producción de la comarca Comunidad de Calatayud en las campañas 2019-2022 (kg/ha).	48
Tabla 13. Rendimiento al descascarado (%) según la variedad de almendra.	67
Tabla 14. Diferenciación de las técnicas de escaldado respecto al consumo de agua y aguas residuales. Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) a aplicar dependiendo de la técnica. FUENTE: Guías de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales.	71
Tabla 15. Límite máximo de contaminantes químicos en almendras recogidos en el Reglamento (UE) nº 2023/915.	82
Tabla 16. Límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) para la almendra que se recogen en el Reglamento (CE) nº 396/2005.	82

Tabla 16. Límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) para la almendra que se recogen en el Reglamento (CE) nº 396/2005 (cont.).	83
Tabla 17. Criterios microbiológicos de seguridad y de higiene del proceso recogidos en el Reglamento (CE) nº 2073/2005.	84
Tabla 18. Análisis de peligros de la etapa de recepción y almacenaje de materias primas.	87
Tabla 19. Árbol de decisiones de los métodos de control de los peligros significativos de la etapa de recepción y almacenaje de materias primas.	88
Tabla 20. Análisis de peligros de la etapa de mojado.	88
Tabla 21. Análisis de peligros de la etapa de descascarado.	89
Tabla 22. Análisis de peligros de la etapa de calibrado.	89
Tabla 23. Análisis de peligros de secado y enfriado.	90
Tabla 24. Análisis de peligros de la etapa de escaldado.	90
Tabla 25. Análisis de peligros de la etapa de selección y calibrado.	91
Tabla 26. Análisis de peligros de la etapa de enfriado.	91
Tabla 26. Análisis de peligros de la etapa de enfriado (cont.).	92
Tabla 27. Análisis de peligros de cortado/laminado/troceado.	92
Tabla 28. Análisis de peligros de la etapa de selección y calibrado.	93
Tabla 29. Análisis de peligros de la etapa de refinado.	93
Tabla 29. Análisis de peligros de la etapa de refinado (cont.).	94
Tabla 30. Análisis de peligros de la etapa de tamizado.	94
Tabla 31. Análisis de peligros de la fase de pesado, envasado y etiquetado.	95
Tabla 32. Análisis de peligros de la etapa del detector de metales.	96
Tabla 33. Árbol de decisiones de los métodos de control de los peligros significativos de la etapa del detector de metales.	96
Tabla 34. Análisis de peligros de la fase de recepción y almacenaje de los envases.	96
Tabla 34. Análisis de peligros de la fase de recepción y almacenaje de los envases (cont.).	97
Tabla 35. Límite crítico de aceptabilidad, sistema de vigilancia y medidas correctoras del punto crítico del detector de metales.	98
Tabla 36. Actividades de verificación.	99
Tabla 37. Sistema de documentación.	100

Tabla 38. Sistema de registro.	100
Tabla 39. Resultados obtenidos en el estudio de humedad de la almendra (cáscara y pita) sin el proceso de mojado y la almendra tras el mojado.	106
Tabla 40. Flujos de entrada al refinado.	121
Tabla 40. Flujos de entrada al refinado (cont.).	122
Tabla 41. Resultados obtenidos en el estudio de humedad de la cáscara tras el proceso de secado al sol.	124
Tabla 42. Resultados obtenidos en el programa EES de los flujos másicos del balance de materia global de la agroindustria.	128
Tabla 43. Fracción másica ajustado para el contenido de agua de cada flujo.	130
Tabla 44. Calores específicos de los distintos componentes que influyen en los balances de energía.	130
Tabla 45. Recopilación de los datos obtenidos de las dos opciones.	143
Tabla 46. Características del silo 50EN y del refrigerador GC 40.	151
Tabla 47. Altura de entrada y salida de cada máquina utilizada en las diferentes fases.	164
Tabla 47. Altura de entrada y salida de cada máquina utilizada en las diferentes fases (cont.)	165
Tabla 48. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de láminas y palitos.	170
Tabla 49. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de cubitos.	172
Tabla 50. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de cubitos.	173
Tabla 51. Coeficiente de evolución en función del tipo de industria (Plua. S, et al., 2023).	187
Tabla 52. Resultados obtenidos para cada zona de la industria siguiendo el método Guerchet.	187
Tabla 52. Resultados obtenidos para cada zona de la industria siguiendo el método Guerchet (cont.).	188
Tabla 53. Dimensiones necesarias para cada zona.	188
Tabla 53. Dimensiones necesarias para cada zona (cont.).	189
Tabla 54. Espacio necesario de la agroindustria.	189
Tabla 54. Espacio necesario de la agroindustria (cont.).	190
Tabla 55. Dimensiones finales de cada zona de la industria.	195

Tabla 56. Precio de la maquinaria.	198
Tabla 57. Gastos de inversión.	199
Tabla 58. Costes de personal.	200
Tabla 59. Coste de los materiales auxiliares.	202
Tabla 60. Conste de consumo de agua.	202
Tabla 61. Consumo eléctrico de los equipos de la línea de procesado.	203
Tabla 62. Consumo eléctrico anual de los equipos.	204
Tabla 63. Costes anuales de la industria.	206
Tabla 64. Ingresos de los productos acabados.	207
Tabla 65. Ingresos anuales de la industria.	208
Tabla 66. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.	211
Tabla 66. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).	212
Tabla 67. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.	213
Tabla 67. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).	214
Tabla 68. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.	215
Tabla 68. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).	216
Tabla 69. Cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).	217
Tabla 69. Cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).	218
Tabla 70. Resultados obtenidos en el análisis financiero.	219
Tabla 71. Precio y nº de productos del supuesto 2.	221
Tabla 72. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%. 222	
Tabla 72. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).	223
Tabla 73. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%. 224	
Tabla 73. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).	225
Tabla 74. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%. 226	

Tabla 74. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).	227
Tabla 75. Supuesto 1: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).	228
Tabla 75. Supuesto 1: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).	229
Tabla 76. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%. 230	
Tabla 76. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).	231
Tabla 77. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%. 232	
Tabla 77. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).	233
Tabla 78. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%. 234	
Tabla 78. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).	235
Tabla 79. Supuesto 2: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).	236
Tabla 79. Supuesto 2: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).	237
Tabla 80. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%. 238	
Tabla 80. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).	239
Tabla 81. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%. 240	
Tabla 81. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).	241
Tabla 82. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%. 242	
Tabla 82. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).	243
Tabla 83. Supuesto 3: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).	244
Tabla 83. Supuesto 3: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).	245
Tabla 84. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%. 246	
Tabla 84. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).	247

Tabla 85. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% 248	
Tabla 85. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).	249
Tabla 86. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% 250	
Tabla 86. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).	251
Tabla 87. Supuesto 4: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).	252
Tabla 87. Supuesto 4: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).	253
Tabla 88. Comparación de los resultados del análisis de sensibilidad.	255

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El objetivo de este proyecto es el diseño de una industria agroalimentaria aprovechando uno de los cultivos mayoritarios de la zona de Calatayud, la almendra. Para ello se ha elegido el diseño productivo de una industria para la elaboración de productos derivados de almendra. La agroindustria elaborará diferentes formatos de comercialización, como son la almendra con piel, almendra repelada y almendra a la que se realiza una reducción de tamaño para su uso en las industrias y pequeños comercios de repostería (almendra laminada, palitos/bastones, cubos y almendra molida).

Se elige realizar este proyecto debido al aumento de la producción de almendra en esta zona ocasionado por la producción intensiva donde se ha implementado el regadío produciendo un crecimiento de los rendimientos. El proyecto plantea la **ampliación de las instalaciones del punto de descarga de almendra**, en funcionamiento en los últimos años en la localidad de **Aniñón**.

Para la consecución de estos objetivos, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a) Realizar un estudio previo del sector de la almendra y de productos derivados de ella.
- b) Estudio de la producción de almendra en la zona donde se va a desarrollar la actividad.
- c) Describir el proceso productivo de los diferentes formatos de almendra propuesto.
- d) Establecer los balances de materia y energía.
- e) Seleccionar y describir la maquinaria requerida.
- f) Dimensionar la industria agroalimentaria y su distribución en planta.
- g) Evaluación del aprovechamiento energético de residuos.
- h) Llevar a cabo un estudio de la viabilidad económica de la industria.
- i) Realizar los planos de localización, emplazamiento y distribución en planta.

Por otro lado, el diseño del proceso productivo tiene como objetivo la contribución a la promoción del desarrollo sostenible en el marco de la Agenda 2030 de la ONU en los siguientes objetivos:

- a) Utilizar la cáscara de almendra como sustitutivo de los combustibles fósiles para su secado reduciendo con ello las emisiones de carbono, contribuyendo así a los objetivos:

- **Objetivo 7:** Energía asequible y no contaminante

- **Objetivo 13:** Acción por el clima

- b) Crear nuevos puestos de trabajo, en el marco de la aplicación de agroindustria propuesta, contribuyendo a promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible en las zonas rurales, el empleo productivo y el trabajo decente para todos, tanto en lo referente a la seguridad en el puesto de trabajo como a la retribución económica ayudando a lograr el objetivo:

- **Objetivo 8:** Trabajo decente y crecimiento económico

- c) Incorporar productos, instalaciones, servicios y procesos productivos con criterios de sostenibilidad, así como fomentar el uso de combustibles derivados de la biomasa proveniente de subproductos del proceso productivo como alternativa a los de origen fósil, permitirá adaptar la empresa a la economía circular, colaborando en alcanzar el objetivo:

- **Objetivo 9:** Industria, innovación e infraestructura

- d) Diseñar la agroindustria teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles, permitirá seleccionar un tratamiento a la almendra y la producción de sus derivados con el objetivo de que no se deterioren a causa de deficientes prácticas de fabricación y transporte. Este concepto favorece el cumplimiento del objetivo de garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles contribuyendo al objetivo:

- **Objetivo 12:** Producción y consumo responsable.

1.2. ORIGEN DEL ALMENDRO

El almendro, cuyo nombre significa “el despertar”, es el árbol que primero florece en la primavera de ambientes templados. Se cultiva desde épocas remotas en las regiones montañosas de Asia Central, desde el mar Egeo hasta la meseta de Pamir en China. De la zona del actual Cercano Oriente, en la que se inició su cultivo, llegó a Grecia y a Roma, en la época de la civilización romana (MAPA, 2024).

El almendro se cultiva en España desde hace más de 2.000 años, introducido por los fenicios y posteriormente propagado por los romanos. Su cultivo se estableció al principio en las zonas costeras, donde sigue predominando, pero también se ha introducido hacia el interior e incluso en las zonas del norte, donde el clima no le es muy favorable (InfoAgro, 2024) (**figura 1**).

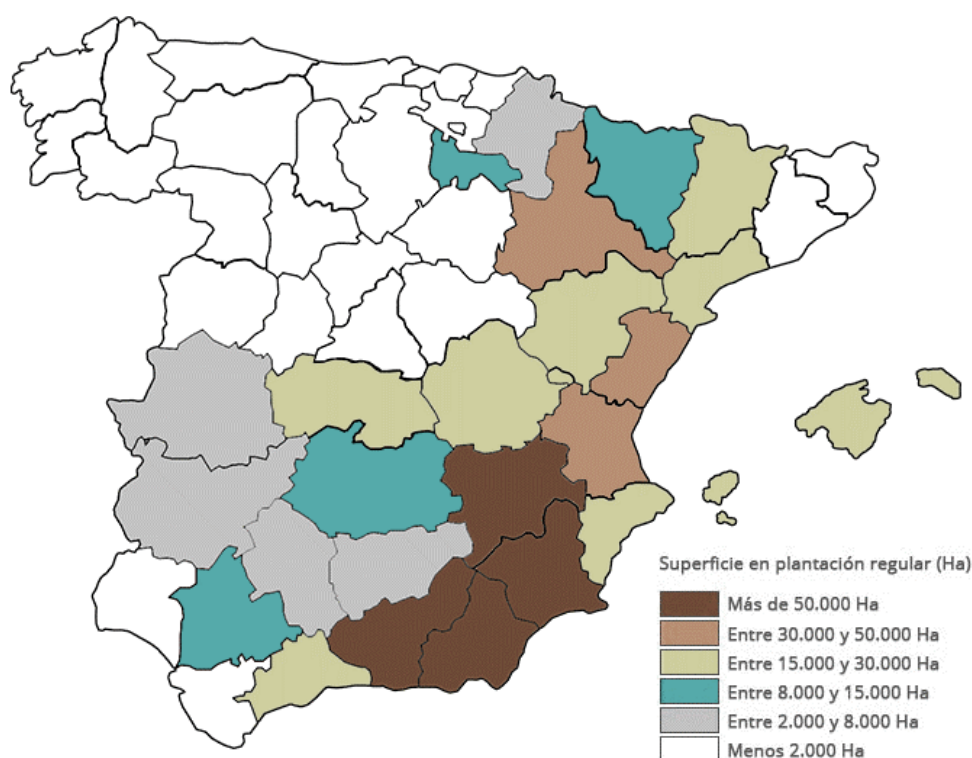


Figura 1. Zonas de producción de almendra declaradas en España con las hectáreas en plantación regular. Fuente: MAPA, 2024.

1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y CICLO EVOLUTIVO DEL ALMENDRO

El almendro pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Amygdaloideae y al género *Prunus*. Los *Prunus* son árboles o arbustos, caducifolios o perennifolios, inermes o más raramente espinosos. Concretamente el almendro es un *Prunus dulcis*. Se diferencian dentro de la especie dos tipos: *Prunus dulcis* var. *dulcis*, de cual se aprovecha su semilla, y son conocidos como almendra; y *Prunus dulcis* var. *amara* o almendro amargo, no apto para su consumo por su contenido en amigdalina, un glucósido cianogénico.

El almendro es un árbol caducifolio que puede llegar a una vida entre 60-80 años. Puede alcanzar hasta 10 m de altura, pero normalmente su elevación no supera los 8 m. Tiene crecimiento secundario (leñoso) y en la clasificación de Raunkiaer estaría en la categoría de los fanerófitos (**figura 2**).



Figura 2. Almendros en floración.

Las **hojas** tienen forma lanceolada, largas, estrechas, con borde aserrado, nervadura pinnada y su disposición es esparcidas, con un color verde intenso en la cara siendo más claro por el envés, aunque se pueden observar diferencias entre las variedades.

La **inflorescencia** es simple, es decir, una sola flor que consta de 5 pétalos y 5 sépalos con simetría actinomorfa. Se trata de una flor hermafrodita, con alrededor de 15-40 estambres y un solo ovario (**figura 3**). La floración se produce normalmente a finales de marzo, aunque debido a las temperaturas altas durante el invierno, este año 2024 se ha podido observar que en varias zonas de Aragón se ha adelantado la floración del almendro a principios de febrero.



Figura 3. Flor del almendro.

El **fruto** es una drupa con exocarpo y mesocarpo correoso y endocarpo duro. La semilla es el producto de consumo, con dos partes diferenciadas, la semilla y la cubierta seminal o tegumento que es la parte que recubre la almendra y va oscureciéndose dando una señal de que se está produciendo una correcta madurez de la semilla (**figura 4**).

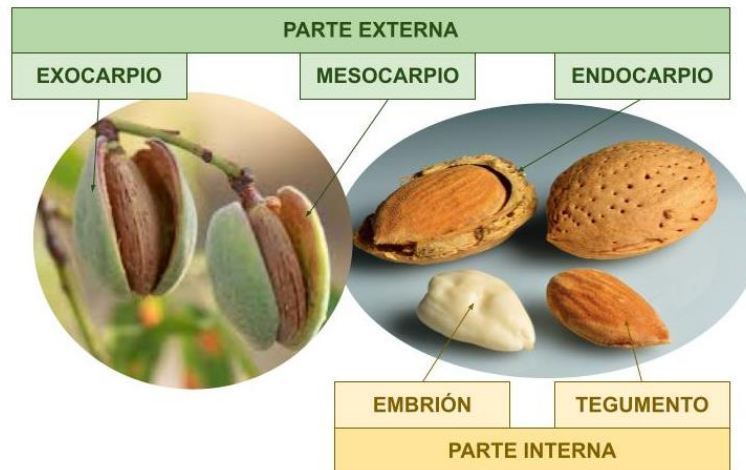


Figura 4. Partes del fruto de la almendra (Fuente: elaboración propia).

El **ciclo evolutivo** del almendro se puede diferenciar, desde el punto de vista de la producción, en:

- Juventud: la diferencia entre un árbol joven y uno adulto es que el primero no se puede reproducir. En esta etapa se intenta conseguir un máximo desarrollo

vegetativo y generación de un buen sistema radicular. El periodo juvenil del almendro es de los más cortos, dando su primera floración a partir del quinto año.

- Entrada en producción y producción creciente: periodo de transición desde la primera floración hasta que se alcanza la plena producción del almendro. Se observan variaciones entre los cultivos que se cultivan en secano o regadío, siendo esta etapa de transición menor en los cultivos en regadío.
- Plena producción del almendro: periodo en el que se alcanza, como su nombre indica, el máximo desarrollo y por ende su máxima producción. Se considera la edad adulta del árbol.
- Producción decreciente: fase en que el crecimiento vegetal se reduce y aunque la floración es abundante, la fructificación cada vez es menor en cantidad y en calidad.
- Vejez: últimos años en la vida de un cultivo. Debido a que el crecimiento vegetativo se ve disminuido, y por tanto la renovación de sus órganos, se produce una debilitación del esqueleto del árbol.

En el **ciclo anual del almendro** se pueden diferenciar las siguientes etapas:

- Reposo invernal: período de latencia en el que pierden las hojas y bajan su actividad. Periodo clave para el éxito de próxima cosecha. Los árboles necesitan la acumulación de horas de frío por debajo de 7 °C, para tener una buena floración y producción (Muncharaz Pou, M., 2017). Dicha fase acaba en el desborre, que se da a finales del invierno o inicio de la primavera, donde las yemas se encuentran a punto de abrirse y darse la floración.
- Floración: comienzo de la primavera en donde se ven los primeros almendros florecer, dependiendo de la variedad de almendra. Las variedades tempranas tienen el riesgo de sufrir heladas que pueden afectar el fruto.
- Fecundación: depende de la variedad de almendra, ya que algunas son autofértiles (Guara, Belona o Lauranne) y otras necesitan otras variedades para su fecundación (Marcona y Largueta).
- Maduración: de marzo a junio, una vez concluida la floración y fecundación, se produce el cuajado y desarrollo del fruto.

- Cosecha: a finales de verano (agosto-septiembre) se produce la recogida de la almendra. Una señal de que el fruto está óptimo para su recolección es la apertura de su corteza exterior que le ha protegido durante los meses de maduración.

1.4. COMPOSICIÓN DE LAS ALMENDRAS

La almendra dulce presenta un elevado contenido en grasa, sobre todo insaturadas, gran cantidad de proteínas vegetales, y en menor medida, hidratos de carbono (**tabla 1**). Debido a su alto contenido en grasa y bajo en agua, su valor calórico es bastante elevado.

Respecto a los minerales destacan el fósforo y magnesio. Así, una ración de 20 g de almendras sin cáscara aporta el 15% de la ingesta diaria recomendada para estos minerales, y alrededor del 6% para el hierro, potasio y calcio (MAPA, 2024).

En cuanto a las vitaminas, las almendras tienen un contenido moderado de vitaminas del grupo B y son buena fuente de vitamina E, de acción antioxidante.

Tabla 1. Composición de almendra sin cáscara. Fuente: MAPA, 2024.

Componente	/100 g	Componente	/100 g
Energía (kcal)	604	Sodio (mg)	6
Proteínas (g)	20	Potasio (mg)	860
Lípidos totales (g), de los cuales:	53,5	Fosforo (mg)	510
AG saturados (g)	4,2	Selenio (µg)	4
AG monosaturados (g)	36,7	Tiamina (mg)	0,24
AG poliinsaturados (g)	10,0	Riboflavina (mg)	0,67
Hidratos de carbono (g)	3,5	Equivalentes niacina (mg)	5,3
Fibra (g)	14,3	Vitamina B6 (mg)	0,1
Agua (g)	8,7	Folatos (µg)	96
Calcio (mg)	254	Vitamina B12 (µg)	0
Hierro (mg)	4,2	Vitamina C (mg)	Tr*
Yodo (µg)	2	Vitamina A: Retinol (µg)	0
Magnesio (mg)	258	Vitamina D (µg)	0
Zinc (mg)	1,7	Vitamina E (mg)	20

*Tr: trazas

1.5. VARIEDADES DE ALMENDRAS

En España se producen distintas variedades de almendra, dependiendo principalmente de la zona y clima, y del uso al que se van a destinar posteriormente. Debido a que las

heladas tardías en los últimos años suelen ser más recurrentes se tiende a plantar variedades que sean tardías en las zonas donde son cada vez más frecuentes estos sucesos meteorológicos.

Las variedades más importantes son Marcona, Guara, Largueta y Berona y sus características se recogen a continuación:

- Marcona

Reconocida como una variedad de gran calidad, la Marcona es una de las almendras más apreciadas gracias a sus cualidades organolépticas. Tiene forma redondeada, así como un agradable sabor dulce. Se utiliza principalmente en la industria repostería y turroneira para la elaboración de turrones, mazapanes y otras elaboraciones dulces. También se emplea para la producción de almendras fritas. Junto a la ecológica es una de las variedades de almendra con mayor precio. El precio medio establecido en las lonjas en la campaña 2023 fue de 5 €/kg (Synergy Nuts, 2024).

La Marcona posee una época de floración media, por lo que en zonas de heladas tardías no es recomendable su implantación. Además, no es auto-fértil por lo que necesita otras variedades de almendro para su polinización. Aun así, su cultivo está muy extendido en España debido a su demanda por las industrias reposteras y turroneiras.

- Guara

Es una de las más cultivadas en España tanto por su alta producción como por su gran capacidad para soportar sequías, es decir están adaptadas al seco, originando que más del 50% de la superficie de almendro en seco en España sea de esta variedad (González, M. y Palacios, M., 2023). Tiene forma redonda y un agradable sabor dulce, por lo que se utiliza mucho para la preparación de dulces y postres como turrones y helados.

Además, es de floración tardía por lo que la superficie destinada para la producción es mayor como alternativa a otras variedades que son más susceptibles a las heladas tardías (Vargas, F., et al., 2009). El precio medio es de 3 €/kg (Synergy Nuts, 2024).

- Largueta

Es una variedad de almendra perteneciente al cultivo tradicional y ocupa el 12% de los almendros plantados en nuestro país. Cada vez se ve más reducido dicho porcentaje debido a que es la variedad donde la floración se produce más pronto. Además, no es

auto-fértil por lo que, como hemos indicado en el caso de la Marcona, necesita de otras variedades de almendro para su polinización.

Es una almendra plana y más alargada que la Marcona. Muy usada para fabricar aperitivos, especialmente, garrapiñadas, chocolates pralinés y recubiertas de chocolate. El precio medio a principios de 2024 es de alrededor de 4 €/kg (Synergy Nuts, 2024).

- Belona

Es una variedad obtenida de un cruzamiento de dos variedades por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) de Aragón. Su floración se considera semi-tardía y es auto-fértil, por lo que no necesita otra variedad para su producción. Da una semilla redondeada y la consistencia de la cáscara es dura. El precio medio a principios de 2024 en la lonja de Córdoba es de 3,12 €/kg (Synergy Nuts, 2024).



Figura 5. Almendras de las variedades Marcona, Guara, Langueta y Belona.

En la **tabla 2** se describen las características más destacadas de las variedades de almendro más importantes en España.

Tabla 2. Variedades más destacadas de almendro en España (Socias, R. et al, 2014).

Variedad	Fecha de floración	Fecha de maduración	Productividad	Precocidad	Necesidad de polinización	Tipo de fruto
Marcona	Temprana	Media	Alta	Media	Sí	Redondo
Langueta	Muy temprana	Tardía	Media	Baja	Sí	Alargado
Ferragnès	Media-tardía	Media	Alta	Media	Sí	Elíptico
Ferraduel	Media-tardía	Temprana-media	Alta	Media	Sí	Elíptico
Guara	Media-tardía	Temprana	Muy alta	Alta	No	Acorazonado

Tabla 2. Variedades más destacadas de almendro en España (Socias, R. et al, 2014) (cont.).

<i>Variedad</i>	<i>Fecha de floración</i>	<i>Fecha de maduración</i>	<i>Productividad</i>	<i>Precocidad</i>	<i>Necesidad de polinización</i>	<i>Tipo de fruto</i>
<i>Felisía</i>	Tardía	Temprana-media	Alta	Media	No	Acorazonado
<i>Belona</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	No	Redondo
<i>Soleta</i>	Media-tardía	Media-tardía	Muy alta	Alta	No	Alargado
<i>Mardía</i>	Muy tardía	Media	Media alta	Baja-media	No	Amigdaloides
<i>Masbovera</i>	Media-tardía	Media-tardía	Alta	Alta	Sí	Alargado
<i>Glorieta</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	Sí	Amigdaloides
<i>Francolí</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	No	Amigdaloides
<i>Tarraco</i>	Tardía	Temprana	Alta	Alta	Sí	Elíptico
<i>Marinada</i>	Tardía	Media	Muy alta	Alta	No	Alargado
<i>Constantí</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	No	Amigdaloides
<i>Vayro</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	No	Acorazonado
<i>Antoñeta</i>	Media-tardía	Media	Alta	Alta	No	Elíptico
<i>Penta</i>	Muy tardía	Temprana-media	Media	Baja	No	Alargado

Las variedades que se producen en la comarca Comunidad de Calatayud son principalmente la Guara, Marcona, Belona y Langueta.

1.6. POSTCOSECHA DE LA ALMENDRA

Una vez que el fruto este en su punto óptimo se procede a su recolección. La recolección depende de diferentes factores:

- Clima: en áreas más calidas, la recolección puede comenzar antes, mientras en climas fríos, es probable que se extienda hasta principios de otoño.
- Variedad de almendra: cada una tiene sus propias características y tiempos de maduración.
- Estado de maduración: el estado de madurez es esencial para obtener un fruto de calidad y realizar el pelado de la misma en las mejores condiciones. Algunos parámetros que indican que la almendra ha llegado a su punto óptimo es tener un porcentaje de apertura del mesocarpio cercano al 80-90%.



Figura 6. Apertura del mesocarpio de la almendra como indicativo de estado óptimo de madurez.

Antes, la recogida se realizaba principalmente de forma manual, pero con los avances de las últimas décadas la mayoría se cosechan de forma mecánica. Los sistemas más utilizados son los vibradores. A través de unas pinzas mecánicas que van acopladas al tractor, se agarra al tronco del árbol y se trasmite un movimiento vibratorio produciendo la caída de la almendra, que es recogida por un paraguas invertido. Además de la caída de la almendra, se produce la caída de hojas que han de ser eliminadas. Es por ello, que mucho de los abanicos limpian la almendra de la hoja, si no, se debe hacer una separación *a posteriori* (**figura 7**).



Figura 7. Recolección de almendras con abanico.

El periodo de conservación postcosecha de la almendra es muy amplio, llegando a los dos años, siempre que se almacenen en unas condiciones óptimas. La temperatura de conservación de la almendra está ente 0–10 °C con una humedad relativa menor al 65%. La almendra se suele almacenar en silos lo que permite una fácil ventilación y un control de temperatura, importante para reducir la proliferación del hongo *Aspergillus flavus*.

Como se refleja en la **tabla 1**, la almendra tiene un alto contenido en grasas. Es por ello, que las pérdidas debidas a la oxidación lipídica son elevadas. Las reacciones de oxidación conllevan una pérdida de la calidad, desarrollando un gusto y un olor “rancio”. Es por ello que se suelen almacenar en atmósfera controlada con concentraciones de oxígeno por debajo del 0,5% vol., equilibrado con nitrógeno, y/o niveles de dióxido de carbono superior al 80% vol. Estas condiciones son efectivas para controlar los insectos, siendo una alternativa a la fumigación química (Interempresas, 2024). Las altas temperaturas de almacenamiento, el aumento de la humedad, la exposición a la luz y la presencia de algunos metales (restos de maquinaria) pueden promover la oxidación lipídica y reducir su vida útil (California almonds, 2024).

Es decir, su forma de conservación influye en su calidad posterior. Por ejemplo, si la almendra es conservada con la cáscara es más resistente que si se guarda tras la extracción de la cáscara. Por tanto, si se prevé que la conservación va a ser prolongada se recomienda el almacenamiento con cáscara. En caso contrario se podría producir ennegrecimiento de los tejidos externos lo que no es atractivo para el consumidor.

Además, también son susceptibles a insectos, por lo que a veces se recurre a la fumigación, pero, esta práctica cada vez está menos extendida debido a los residuos que deja en el producto y se opta por otros tratamientos como pueden ser la irradiación

(radiación ionizante que no afecta al alimento, pero si a las plagas invasoras (IAEA, 2022)), tratamientos de calor o empleando atmósferas controladas con bajo contenido de oxígeno y elevado de dióxido de carbono.

Otro agente de alteración que afecta a la conservación y calidad de las almendras es el crecimiento fúngico. Las podredumbres más frecuentes en la almendra post-recolección son:

- *Aspergillus flavus*

La infección de los frutos puede comenzar antes de la cosecha y su desarrollo se ve favorecido por un tiempo lluvioso y húmedo, y cuando la almendra está dañada por insectos (**figura 8**). La mejor forma de controlarlo es implementando un control postcosecha de temperatura y humedad.

- *Cladosporium carpophilum*

Se suele presentar en plantaciones donde la humedad es elevada, si el ataque es temprano produce la caída de los frutos y manchas oscuras que pueden originar grietas y deformaciones. Si la infección se presenta durante el almacenamiento, se pueden visualizar manchas puntuales con apariencia negro-aterciopelada (**figura 8**).



Figura 8. A la derecha, cáscara de almendra afectada por *Aspergillus flavus*, y a la izquierda, almendra con lesiones características de *Cladosporium carpophilum*

1.7. PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA

Debido a la alta producción y a su consumo cada vez más extendido, en los últimos años se ha incrementado la producción de derivados de la almendra. Algunos ejemplos son los que se comentan a continuación.

1.7.1. PRODUCTOS OBTENIDOS CON MÍNIMO TRATAMIENTO

La parte comestible de la almendra es la que se obtiene tras la extracción de la cascara. Se puede encontrar en el mercado el grano sin retirar el tegumento o tras el repelado, que se realiza tras un escaldado que facilita la eliminación de la cubierta seminal (**figura 9**).



Figura 9. Almendra natural y almendra pelada (sin tegumento).

Otro formato son las almendras tostadas (**figura 10**), en las que se aplica un horneado normalmente a unos 160 ± 20 °C durante 45 ± 10 min. Tras el tostado, en algunas ocasiones se realiza un salado del producto, siendo uno de los aperitivos más vendidos.



Figura 10. Almendra tostada.

Dependiendo de sus usos, sobre todo para repostería se comercializan productos derivados de la almendra en el que se modifica su tamaño (**figura 11**), éstos son:

- Láminas

La almendra se presenta en forma de rodaja fina tras someterse a un proceso de división mecánica. Se utiliza principalmente como aderezo de ensaladas, ingredientes en productos con cereales o como elemento decorativo en platos salados, helados y productos de repostería.

- Palitos

Obtenido tras el corte de la almendra longitudinalmente en forma de bastón. Se usa como ingrediente para aperitivos, tostados, confitería y panadería. También es utilizado como aderezo para ensaladas y pasteles.

- Granillo/Crocanti

Se obtiene del corte de la almendra en forma de dados. Esta presentación es ideal para rellenos y recubrimientos, aderezo para productos lácteos y de panadería, cobertura para barras de helado y dar un toque crujiente a platos de carne, pescado y marisco.



Figura 11. Almendra en diferentes formatos: laminado, palitos y crocanti (de izquierda a derecha).

- Almendra molina

Actualmente la búsqueda de harinas alternativas a la de trigo, hace que el consumo de la almendra molida haya aumentado, siendo una alternativa para personas celiacas o que han querido reducir el consumo de trigo.

Para obtenerla se realiza una molienda tras el repelado de la almendra para conseguir un tamaño de polvo lo más fino posible para la elaboración de postres o como espesante en recetas saladas (**figura 12**).



Figura 12. Almendra molida.

1.7.2. LECHE DE ALMENDRA

En el Reglamento (CE) nº 1234/2007, el término <<leche>> se reserva exclusivamente para el producto de la secreción mamaria normal, obtenido mediante uno o varios ordeños, sin ninguna adición ni sustracción. Pero en el anexo XII, punto III, apartado 1 indica que: *“no obstante esta disposición no se aplicará a la denominación de los productos cuya naturaleza exacta se conozca claramente por ser de utilización tradicional, o cuando la denominación se utilice claramente para describir una cualidad característica del producto”*. Es por ello, que en España es legal que en el etiquetado se encuentre como leche de almendra, y no como bebida vegetal (**figura 13**).

El consumo de leche de almendra también ha sufrido un incremento, como alternativa a la leche de procedencia animal para personas intolerantes a la lactosa y para nuevos hábitos de consumo de determinados sectores, que apuntan a una alimentación sin productos de origen animal. Además, debido a su contenido en calcio es un buen sustitutivo de la leche.

La leche de almendra se elabora a partir de la molienda de almendra o de una pasta de almendra, que se elabora tras el prensado y mezclado con agua. Se hace un filtrado para eliminar la separación de sólidos y finalmente se aplica un tratamiento térmico para que sea apta para el consumo.



Figura 13. Leche de almendra.

1.7.3. ACEITE DE ALMENDRA

Como se puede observar en la **tabla 1**, la almendra se caracteriza por su elevado contenido en grasas, por lo que la extracción del aceite de almendra (**figura 14**) se plantea como una alternativa como sustitución a otras grasas vegetales. Aunque su uso gastronómico es poco frecuente, su comercialización se da principalmente al sector de cuidados del cabello y cosméticos gracias a sus propiedades. Ya en el siglo XV se utilizaban en forma externa para enfermedades de la piel y reuma (Hernández, S. y Zacconi, F., 2009).



Figura 14. Aceite de almendras.

El aceite de almendra se emplea debido a su alto contenido en vitaminas y ácidos grasos, que tienen un efector regenerador e hidratante. Debido a la riqueza de proteínas de origen vegetal, cumple con la acción nutritiva, motivo por el cual se utiliza en lociones y cremas para ayudar a mantener la flexibilidad de la piel, humectándola y nutriéndola (Hernández, S. y Zacconi, F., 2009).

Su extracción se puede realizar mediante disolventes lo que proporcionará un mayor rendimiento industrial (Guerra, E. y Zúñiga, M., 2003). En los últimos años, la extracción con fluidos supercríticos (CO₂), ha experimentado un importante auge como alternativa a los métodos de extracción con disolventes convencionales (Mendiola, E., et al., 2007). Otra alternativa al empleo de disolventes es el uso del prensado, tanto mediante prensas hidráulicas como prensas de tornillo. Por regla general, la extracción con prensas hidráulicas ofrece una menor rentabilidad por la elevada mano de obra que requiere, sin embargo, los aceites así obtenidos encontrarían, posiblemente, una mayor aceptación, pues mantiene mejor sus propiedades físicos-químicas y sensoriales (Da, C., et al., 2014; Sena-Moreno et al., 2015)

1.8. USO DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA

El uso de las almendras está muy extendido en distintos sectores, pero los más remarcados son la industria pastelera y la industria de cosméticos.

1.8.1. USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Las almendras se utilizan de numerosas formas en la repostería profesional, para la preparación o para la decoración de dulces y postres. Los distintos formatos de la almendra procesada han sido utilizados como base de muchos postres tradicionales, como una alternativa para personas celiacas o que han decidido reducir el consumo de trigo en sus dietas. En la **tabla 3** se recogen los distintos productos derivados de la almendra y sus usos en la industria pastelera.

Tabla 3. Productos derivados de la almendra y sus diferentes usos en la industria pastelera.

Derivados de la almendra	Elaboraciones
Almendra molida	Mazapanes Alta confitería: <i>Macarons</i> Tarta de Santiago Turrón de Jijona Bizcochos Pan de almendra
Almendra en cubitos	<i>Topping</i> de helados Recubrimientos crujientes en confitería Decoración tarta de Santiago
Almendra en palitos	Textura y decoración
Almendra en láminas	Textura y decoración en bizcochos Decoración para helados
Pastas de almendras	Bebidas vegetales Helados veganos/vegetarianos Rellenos de bizcochos

Los dulces navideños son una tradición que sobrevive al paso de los siglos y la mayoría de sus productos están basados en la utilización de la almendra, siendo un mercado atractivo para su venta. La variedad de turrones cada vez es más amplia, innovando en sabores más novedosos y creativos. Pero, aun así, tienen gran importancia los turrones

tradicionales, en los que el ingrediente principal es la almendra. Los más conocidos son los denominados turrón duro o turrón blando (**figura 15**).



Figura 15. Turrónes tradicionales: blando (derecha) y duro (izquierda).

Otro dulce consumido en épocas navideñas es el mazapán. Su origen se disputa entre los musulmanes, cristianos y griegos. Es una mezcla a partes iguales de almendra molida y azúcar pero la receta se ha ido modificando introduciendo otros ingredientes como miel o clara de huevo, dando una textura más fina y blanda. Finalmente, se tuestan con un grill o un quemador, por la parte superior donde se pinta yema, dando un toque tostado.



Figura 16. Mazapán.

1.8.2. USO EN LA INDUSTRIA COSMÉTICA Y FARMACOLÓGICA

Uno de los sectores que demanda gran cantidad de almendra es el sector cosmético y farmacológico. Principalmente se utiliza en cosmética el aceite vegetal extraído de ella que, como hemos nombrado anteriormente, se obtiene mediante refinamiento o presión.

La civilización egipcia fue pionera en conceptos del cuidado y la belleza. La base de los productos que usaban para sus cuidados utilizaban aceites de origen vegetal, siendo

uno de los más utilizados el aceite de almendras dulce. Durante el Imperio Romano, Galeno inventó la crema fría para proteger la piel, compuesta de agua de rosa, aceite de almendras y cera de abeja (Marmol, X., 2024). El uso de la almendra en la cosmética se remonta a tiempos lejanos.

El sector farmacológico también encuentra beneficios en los aceites de almendra por su capacidad de hidratación. Los ácidos grasos que contiene la almendra son principios activos que repercuten en el cuidado de la piel y el cabello ante la falta de nutrientes. Es por ello, que se puede encontrar en las líneas de los comercios de productos de cosméticos que la base de sus productos es la almendra.

1.9. APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA ALMENDRA COMO BIOCOMBUSTIBLE

La parte comestible de la almendra es la semilla por lo que la cáscara que la protege hay que extraerla. La cáscara es un residuo con un gran interés debido a que es un material de carácter biomásico ya que se acoge a la definición propuesta por el Parlamento Europeo y del Consejo de la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. En dicho Reglamento se considera biomasa a *“la fracción biodegradable de los productos, residuos y desechos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos, incluidos los residuos industriales y municipales de origen biológico”*.

La cascara de almendra es una de las más utilizadas para obtener energía y se encuentra definida en la UNE 164004:2022 “Biocombustibles sólidos: especificaciones y clases de biocombustibles (cáscaras de frutos)”, donde se determinan las clases de calidad y las especificaciones para la cáscara de almendra. La cáscara de almendra puede suponer entre el 62 y el 78% del peso del fruto entero de la almendra, dependiendo de la variedad.

Una vez cosechada la almendra se producen grandes volúmenes de este subproducto en poco tiempo por lo que se requieren grandes áreas de almacenamiento. Además, las cáscaras obtenidas están formadas por fragmentos cuyo tamaño no es homogéneo. Para mejorar la alimentación y la combustión en las calderas o estufas es necesario convertir estas cáscaras en biocombustibles sólidos estandarizados. Para ello se recomiendan algunas valorizaciones, como la trituración en fragmentos más pequeños y el cribado para eliminar los finos (< 2 mm) obtenido así una granulometría del sólido con un rango más estrecho y homogéneo lo que permite un manejo automático del biocombustible. Otro parámetro importante en los residuos de biomasa es la humedad, se recomienda disponer de un residuo con una humedad menor de 16% en base húmeda para su uso industrial. En el caso de la cascara de almendra la humedad es baja, y es por ello que hay que conservarla en buenas condiciones para evitar que ese parámetro aumente fundamentalmente debido a las lluvias si se almacena en el exterior.

En la **tabla 4**, extraída de la UNE 164004:, se recogen las propiedades de la cáscara de almendra dependiendo del lugar para su utilización, así como las características a cumplir por la cáscara para su uso como biocombustible para uso industrial.

Tabla 4. Especificación para la cáscara de almendra utilizada para uso industrial recogida en la UNE 164004:2022.

Clase de propiedad <i>Método de análisis</i>	Unidades	Especificaciones para uso industrial
Fuente y origen; UNE-EN ISO 17225-1		Vaina/cáscara
Tamaño de partícula ^a UNE-EN ISO 17827	% en masa	< 4,0
Aceite; UNE-EN ISO 659	% en masa	≤ 1,5
Humedad, M; UNE-EN ISO 18134-1	% en masa base húmeda	≤ 16
Ceniza, A; UNE-EN ISO 18122	% en masa base seca	≤ 2,5
Poder calorífico, Q; UNE-EN ISO 18125	MJ/kg	≥ 14,0
Densidad, BD; UNE-EN ISO 17828	kg/m ³	≥ 270
Nitrógeno, N; UNE-EN ISO 16948	% en masa base seca	≤ 0,8
Azufre, S; UNE-EN ISO 16994	% en masa base seca	≤ 0,05
Cloro, Cl; UNE-EN ISO 16994	% en masa base seca	≤ 0,04
Arsénico, As; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 1
Cadmio, Cd; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 1
Cromo, Cr; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 15
Cobre, Cu; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 20
Plomo, Pb; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 15
Mercurio, Hg; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 0,1
Níquel, Ni; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 15
Zinc, Zn; UNE-EN ISO 16968	% en masa base seca	≤ 100

^a El 100% en masa debe pasar a través de un tamiz con una apertura de malla de 31,5 mm.

La principal característica de la cáscara de almendra es su poder calorífico, alcanzando un nivel superior de 4.750 kcal/kg y un nivel inferior de 4.420 kcal/kg. El poder calorífico varía con la humedad, consiguiéndose un poder calorífico mayor cuando disminuye la humedad. Aunque sea bastante inferior a los combustibles fósiles (por ejemplo, el gasoil presenta un poder calorífico de 10.200 kcal/kg) el beneficio de su utilización es que el coste suele ser un 80% menor. Otras ventajas que presenta son:

- Contenido de ceniza muy bajo (1,15 % en masa en base seca)
- Contenido en azufre bajo (0,02 % en masa en base seca)
- Reducción de emisiones: minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero

La utilización de la biomasa como combustible se considera neutra en emisiones de CO₂ al ser de origen biogénico, pero si produciría emisiones de CH₄ y N₂O. Los factores de emisiones de CO₂ de la biomasa con independencia de su origen biogénico en el caso de los frutos secos es de 2,022 kg CO₂/kg. Se puede observar la diferencia de emisiones con otros combustibles usados actualmente en la **tabla 5**.

Tabla 5. Factores de emisión por gases del gasóleo, gas natural y biomasa de cáscara de frutos secos. Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (MITECO, 2023).

Combustible	CO ₂	CH ₄ g/ud	N ₂ O g/ud
Gasóleo (l)	2,705	0,365	0,022
Gas natural (kWh _{PCS})*	0,182	0,016	0,000
Biomasa cáscara frutos secos (kg)	0,000	4,665	0,062

* Factor de emisión del gas natural expresado en kgCO₂/kWh_{PCS} (Poder Calorífico Superior). Para el paso de PCS a PCI se utiliza el factor de conversión de 0,901

- Mejora la sostenibilidad: economía circular, favoreciendo la reducción de los residuos en la industria alimentaria.

Un ejemplo de utilización de la cáscara de almendra lo podemos observar en la Cooperativa Francisco Palao donde la utilizan para el secado de pimientos, llegando a 90 °C. El pimiento llegará con una humedad de alrededor del 80% y, tras unas cinco horas de permanencia en el interior del secadero, sale con un 9-10% de humedad. El consumo anual del secadero es de unas 1.500 toneladas de cáscara de almendra. Debido a las cenizas que deja, los quemadores y la cámara de combustión deben limpiarse una vez a la semana (AgroBioHeat, 2022).

La utilización de este tipo de biocombustible apoya la transición energética y ayuda a la Unión Europea a alcanzar los objetivos de descarbonización para 2030 y 2050 de forma rentable.

2. SITUACIÓN DEL SECTOR

2.1. SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO

El cultivo de almendra experimenta una recuperación desde hace más de una década, tanto en términos de producción, como de consumo. El almendro es una especie frutal de zonas con clima mediterráneo. Sin embargo, su cultivo está distribuido por la mayor parte de las regiones (**figura 17**). El continente donde se producen más de la mitad de las almendras es América, seguida de Asia y Europa (**figura 18**). El 80% de la producción mundial se concentra en Estados Unidos, seguida de Australia, con un 7%, y España con un 4% (**figura 19**).

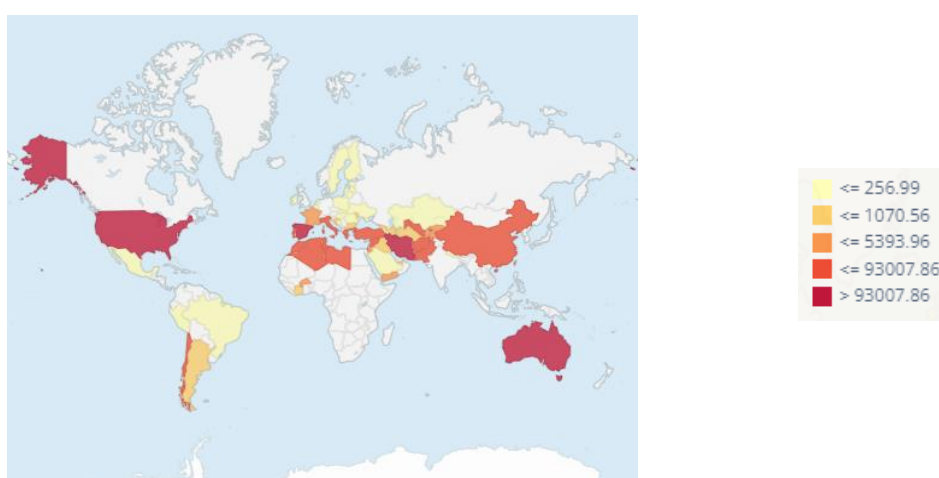


Figura 17. Zonas con mayor producción de almendra a nivel mundial en toneladas (t). FAOSTAT (FAO, 2024).

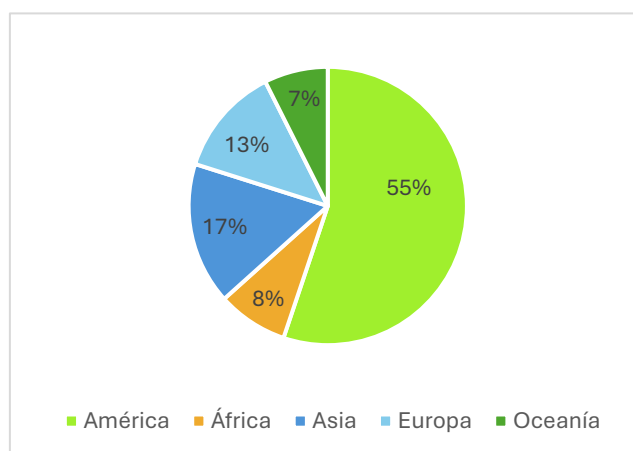


Figura 18. Distribución de la producción de almendra por continentes. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

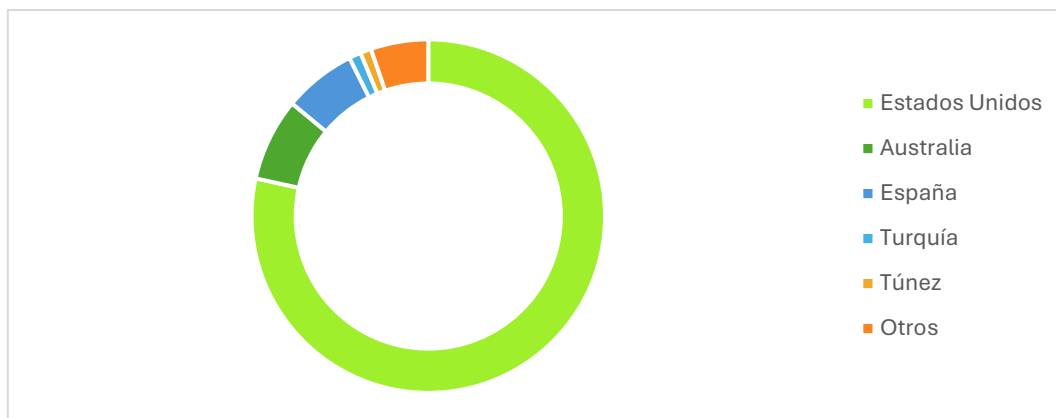


Figura 19. Distribución de producción mundial de almendra grano de la campaña 2021/22 por países. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

Las áreas cosechadas de almendra han sufrido un importante incremento de las hectáreas a nivel mundial, que también se ve reflejado a nivel europeo, con un aumento del 40% de la superficie destinada a este cultivo. Dicho incremento se ve reflejado en la producción de almendra que ha aumentado de manera progresiva durante los últimos años hasta alcanzar su valor máximo en la temporada 2021/22, con más de 4,1 millones de toneladas, como se puede observar en la **figura 20**.

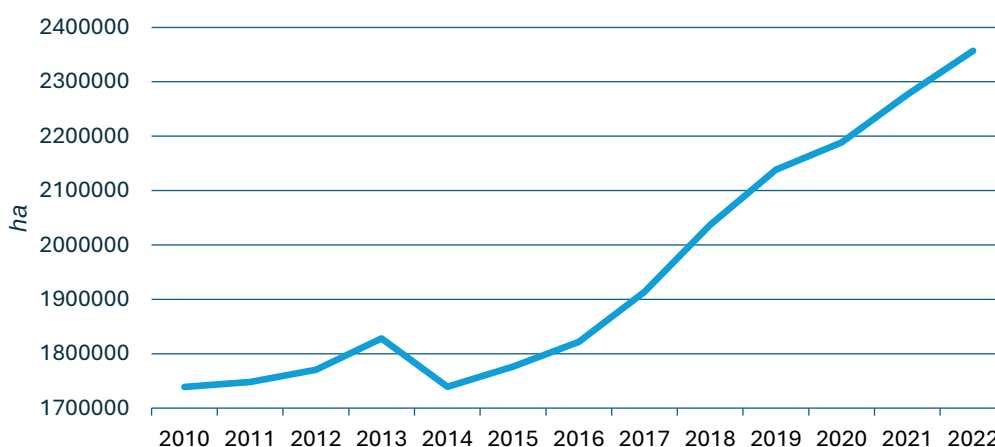


Figura 20. Evolución de las áreas cosechadas de almendra (ha) a nivel mundial desde 2010-hasta 2022. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

Como se observa en la **figura 21** se ha producido un descenso en la producción desde la campaña 2020. El USDA, Departamento de Agricultura de Estados Unidos, cifra en un 11% menos la cosecha del 2020 respecto al 2021 (2.600 millones de libras frente a los 2.920 millones de 2021). Una disminución provocada por la sequía en California, así

como por la falta de disponibilidad de agua de riego. Esta situación se puede extrapolar al resto de países que en los últimos años han visto reducida la producción debido a las sequías y a las heladas tempranas acaecidas en algunas zonas.

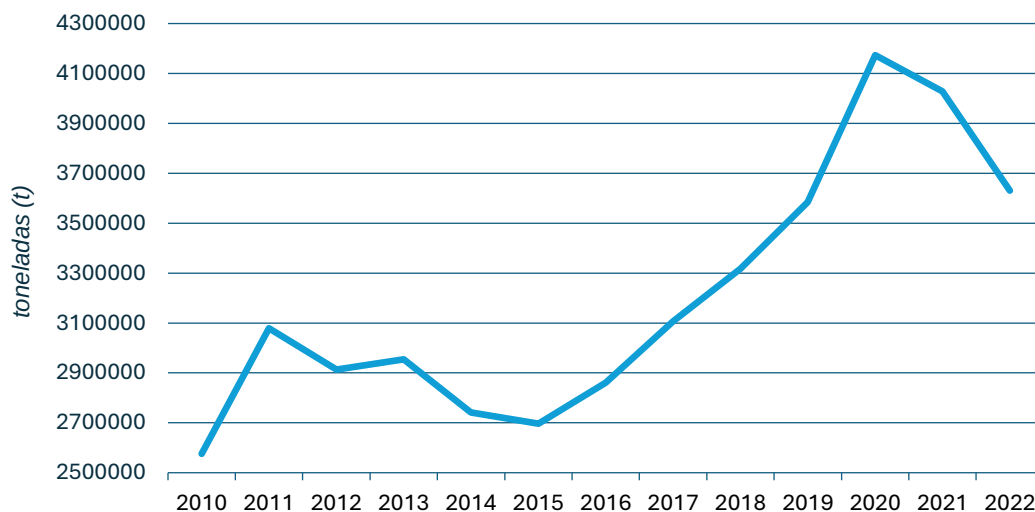


Figura 21. Evolución de la producción de almendra (t) a nivel mundial desde 2010 hasta 2022.
Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024)

A nivel mundial, Estados Unidos continúa liderando la exportación de almendras, exportando principalmente almendra en grano, la mayoría hacia la Unión Europea, concretamente a Alemania y España, Reino Unido, Asia y Oriente Medio.

A nivel europeo, los mayores productores de almendra son los que están en el mediterráneo, siendo el mayor España (50% de la producción europea en la cosecha 2022), seguido de Portugal e Italia. El 80% de las áreas cosechadas de almendra en 2022 se encuentran en España. La ratio de producción/superficie varía significativamente dependiendo del país, como se puede observar en la **tabla 6**, siendo en el 2022 Grecia el país con mayor rendimiento (2150,54 kg/ha) y España el que menos (322,97 kg/ha). Los datos de producción varían dependiendo de la campaña por diferentes factores, pero el que deja mayores pérdidas en los últimos años han sido las incidencias climáticas.

Tabla 6. Países europeos productores de almendra, datos sobre superficie cosechada (ha) y producción (toneladas), porcentaje de representante de Europa en el año 2022. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

País	Superficie cosechada (ha)	%	Producción (toneladas)	%	Producción/superficie (kg/ha)
Bosnia y Herzegovina	9	0,001	18	0,004	2.000,00
Bulgaria	1.510	0,17	960	0,23	635,76
Croacia	1.040	0,12	130	0,03	125,00
Eslovenia	20	0,002	10	0,002	500,00
España	761.660	84,26	245.990	59,72	322,97
Francia	2210	0,24	2.520	0,61	1.140,27
Grecia	18.400	2,04	39.570	9,61	2.150,54
Hungría	420	0,05	410	0,10	976,19
Italia	53.890	5,96	74.590	18,11	1.384,09
Macedonia del Norte	515	0,06	801	0,19	1.555,33
Portugal	63.880	7,07	46.220	11,22	723,54
República de Moldova	358	0,04	667,56	0,16	1.864,69

Respecto a las exportaciones e importaciones a Europa, se puede observar en la **tabla 7** que se ha producido un aumento progresivo, tanto de las importaciones como de las exportaciones de la almendra con y sin cáscara.

Tabla 7. Importaciones y exportaciones europeas en los años 2019-2022 de almendra con y sin cascara. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

		Cantidad (t)			
		2019	2020	2021	2022
Almendra con cascara	Importación	11.932,80	26.378,48	22.782,76	42.399,44
	Exportación	11.080,53	21.632,47	25.223,44	41.740,64
Almendra sin cascara	Importación	431.985,49	460.428,77	474.446,20	505.540,04
	Exportación	159.872,56	189.096,58	176.052,33	194.748,11

2.2. SITUACIÓN A NIVEL NACIONAL

En España, la producción media de frutos secos alcanza las 421.000 toneladas, de las que un 73% son de almendra. Casi un 90% de la superficie del total de las hectáreas

dedicadas a frutos secos están destinadas a almendros, siguiendo en continua expansión (incremento medio interanual del 5%) (MAPA, 2024). La producción de almendra en 2022 se situó alrededor de 370.727 toneladas siendo las comunidades autónomas con más producción Andalucía, Aragón y Murcia.

Tabla 8. Producciones españolas de almendras (con cáscara) por comunidades autónomas.
Fuente: MAPA.

	Cantidad (miles de toneladas (t))		
	2019	2020	2021
Andalucía	112,5	161,5	182,8
Aragón	60,7	74,7	71,5
Baleares	4,6	3,9	2,6
Castilla – La Mancha	53,5	74,5	47
Cataluña	22,3	25,8	23,2
Comunidad Valenciana	35,9	29,6	32,3
La Rioja	4,1	4,9	5,5
Murcia	24,9	29,2	35,5
Navarra	2,5	3,7	3,4
Otras CCAA	10,9	13,8	22,3

Como se puede observar en la **figura 22**, el rendimiento de la producción en España comparado con el rendimiento medio mundial es bastante inferior, incluso también a la media europea. La explicación para estos datos es que, en los últimos años, España ha sufrido periodos de sequía y heladas tardías, ocasionando que en muchas zonas la producción se viese disminuida y en otras incluso haya sido nula. A esto hay que sumar que muchas de las plantaciones en España son en secano y antiguas, y aunque la superficie de nuevas plantaciones con regadío ha aumentado, el porcentaje de las primeras es predominante (82% en 2021), siendo estos factores justificativos de la diferencia de rendimientos comparando con la media mundial.

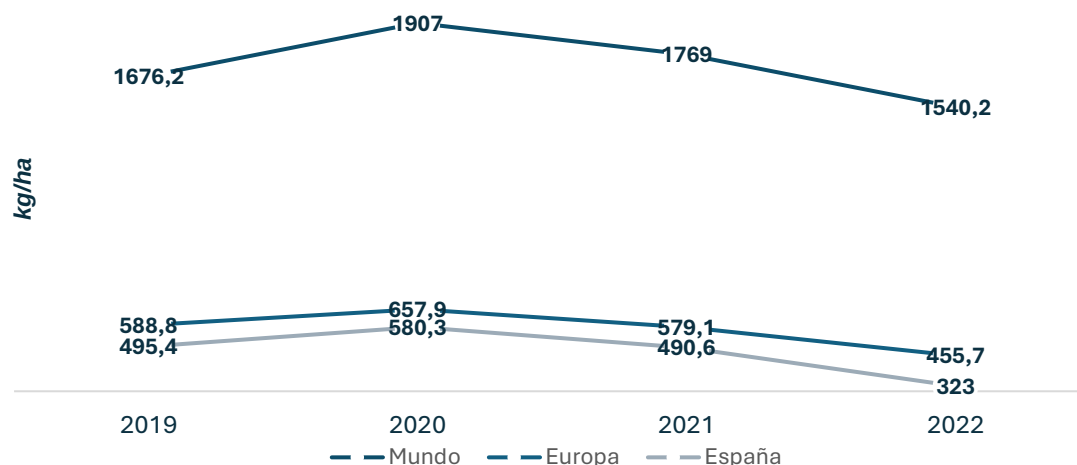


Figura 22. Evolución de los rendimientos de producción a nivel mundial, europeo y nacional (kg/ha). Fuente: FAOSTAT (FAO,2024).

España se posiciona como el segundo exportador de almendra del mundo, con el 10%, seguido de países como Australia o China. Aunque España es el tercer productor de almendra, las importaciones son elevadas. España es el primer procesador de la Unión Europea, de ahí las elevadas importaciones de almendra, principalmente de origen California, que procesa y posteriormente exporta.

Tabla 9. Importaciones y exportaciones de los años 2019-2022 en España, de la almendra con cascara y almendra sin cascara. FAOSTAT (FAO, 2024).

		Cantidad (t)			
		2019	2020	2021	2022
Almendra con cascara	Importación	2.348,59	17.485,27	12.585,58	31.055,83
	Exportación	4.868,58	5.497,64	6.771,36	11.366,46
Almendra sin cascara	Importación	100.673,73	93.647,77	99.488,08	106.930,25
	Exportación	93.012,29	107.340,39	94.951,53	110.539,99

El crecimiento de esta industria va en aumento y los pronósticos siguen en la misma línea, ya que la demanda de almendra se espera que siga aumentando a un ritmo considerable debido por un lado al conocimiento, cada vez es mayor, por parte del consumidor de los beneficios del producto y por otro al crecimiento de su consumo en mercados emergentes como China, India y Corea del Sur.

El precio de la almendra de las últimas 2 campañas en las distintas lonjas se recoge en las **figuras 23, 24 y 25**. El precio viene marcado por la variedad, siendo la ecológica la que obtiene el precio más alto, en torno a 7,5 €/kg, seguida por la variedad Marcona (1,5-2 €/kg menos).

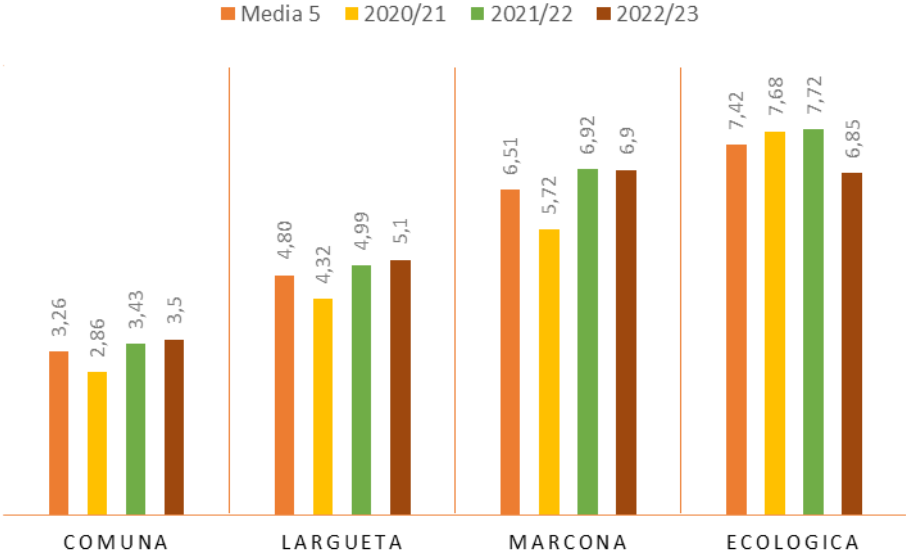


Figura 23. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Reus. Fuente: MAPA.

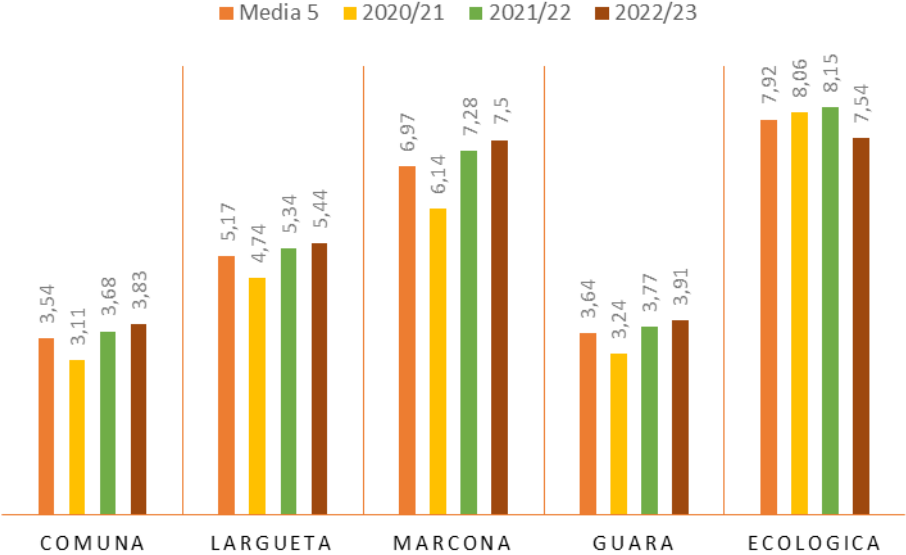


Figura 24. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Murcia. Fuente: MAPA.

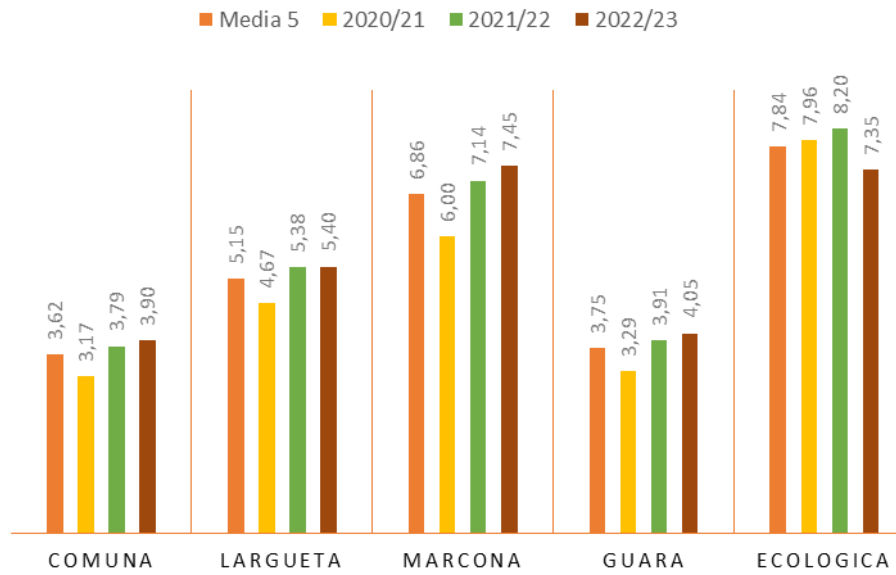


Figura 25. Precio de la almendra (€/kg) en las campañas 2020/21, 2021/22 y 2022/23 en la lonja de Albacete. Fuente: MAPA.

2.3. SITUACIÓN EN ARAGÓN

En Aragón, la superficie dedicada al almendro ha aumentado un 11,52% en el periodo de 2019 a 2023, alcanzando en 2023, 81.563 hectáreas (**figura 26**). Aunque las nuevas plantaciones son de regadío, la mayoría son plantaciones viejas y de secano, donde los rendimientos obtenidos son bajos. En los últimos años, las heladas tardías, las altas temperaturas producidas en abril y las bajas precipitaciones registradas en algunas zonas han ocasionado que la producción se haya visto reducida en más del 30%, y en algunas zonas la pérdida de la cosecha ha sido total.

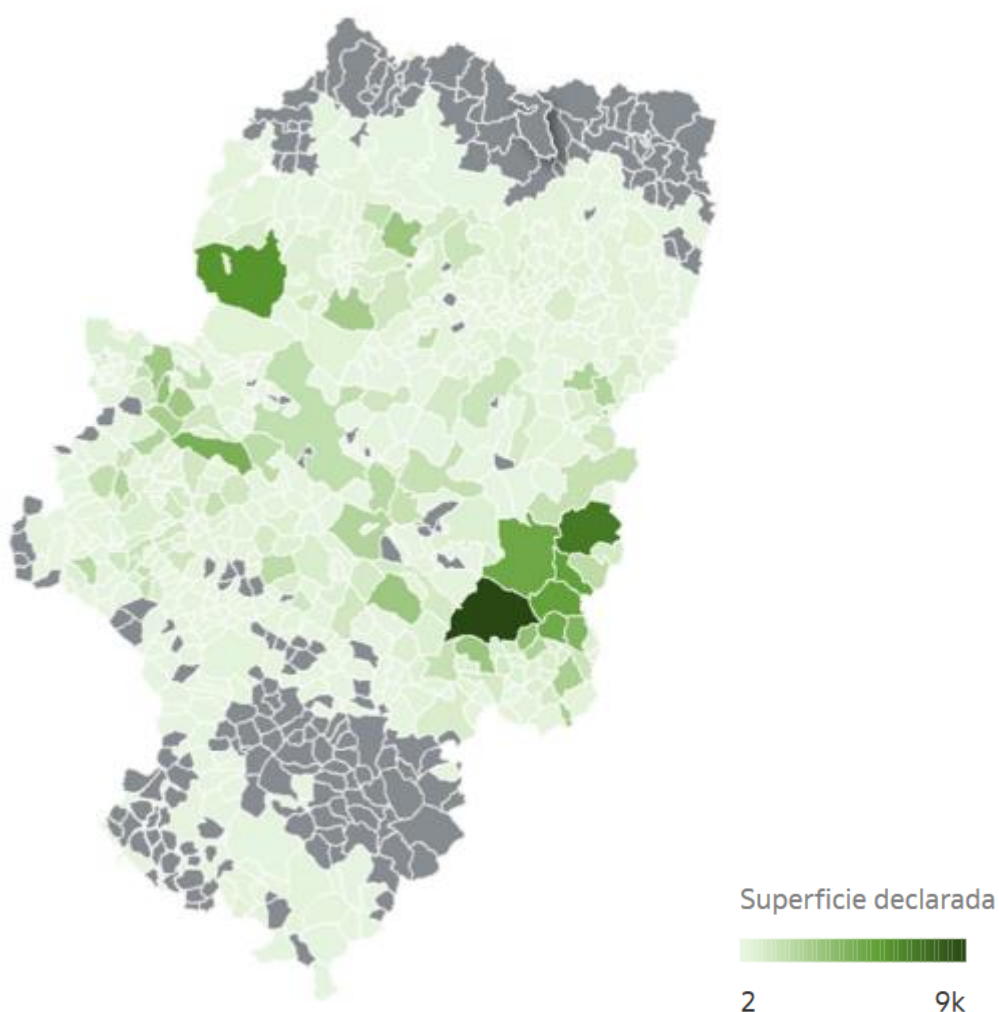


Figura 26. Distribución territorial de la superficie de la almendra en Aragón por municipios.
Fuente: SINGEAR.

Las comarcas que tienen mayor superficie declarada en almendro son la comarca Comunidad de Calatayud (2023: 8.688 ha; 8.231 ha secano – 457 ha regadío), seguida de la comarca del Bajo Aragón (2023: 8.270 ha; 6.741 ha secano – 1.529 ha regadío). Los rendimientos por hectárea son mayores en el Bajo Aragón, porque, aunque prioritariamente el cultivo se da en secano en las dos comarcas, en el Bajo Aragón el porcentaje es menor (81%) que en Comunidad de Calatayud (94%).

La variedad que más se produce en los viveros de Aragón es la Guara (41,83%), una variedad que lleva más de 30 años dominando las plantaciones de almendro, aunque su presencia va disminuyendo en las nuevas plantaciones. La siguiente variedad es la Soleta que lidera en las plantaciones nuevas, especialmente en las de altas densidad, alcanzando en 2018 el 26,56% (Socias, R. et al., 2019).

En Aragón, hay varias empresas y sociedades que se dedican a la recogida y comercialización de la almendra. Otras empresas se dedican a la industrialización de la almendra, produciendo su descascarado y preparándola para la venta final al consumidor o a otras empresas. Las empresas que se encuentran en Aragón son:

- **Frutos secos de Alcañiz:** transforma la almendra entregada por sus socios tanto en almendra en piel, almendra repelada, almendra industrialización en forma de láminas, bastones, granillos y almendra molida, como almendra fina. Además, la línea para almendra convencional está calificada por el Comité Aragonés de Agricultura Ecológica para la transformación y comercialización de almendra Ecológica.



Figura 27. Distintos formatos de venta al consumidor de Frutos secos Alcañiz.

- **Tostados de Calidad:** en la que comercializan distintas variedades de almendra tras el descascarado o tras el proceso de repelado. Elaboran almendra en granillo,

en láminas o almendra molida. Además de productos tras un tratamiento térmico, como fritas, garrapiñadas o tostadas.

- **Frutos secos Boren – Binéfar:** elaboran diferentes formatos de almendra como tostadas, garrapiñadas, saladas y además de una gama gourmet de surtidos y con cubierta de chocolate. Se comercializan en diferentes formatos de botes de cristal (**figura 28**).



Figura 28. Formatos de comercialización de los productos de almendra de Frutos secos Boren – Binéfar.

- **Producción Brunet – Fabara:** se dedican a la producción ecológica y dentro de su gama de productos fabrican derivados de la almendra como la almendra molida, almendra natural y almendra natural repelada.
- **Tostadero la Baturrica:** sus ventas principales están destinadas para consumo como snacks en diferentes formatos: tostadas, repeladas, fritas y garrapiñadas.
- **Exporvia:** tiene su sede en Zaragoza. Comercializa la almendra a nivel mundial tanto la almendra entera como almendra molida con piel, sin piel o desgrasada, en tiras, láminas, mitades y en trozos. Comercializan al por mayor, en bolsas o cajas de 10-25 kg, y al por menor, en bolsas de 500 g.

2.4. CONSUMO DE ALMENDRA

El aumento de consumo de almendra a nivel mundial se puede observar en la **tabla 10**, siendo los países donde más se consume Estados Unidos, India y España. En el 2020, el consumo de almendra a nivel mundial fue de 1.651.450 millones de toneladas (Mt) siendo el consumo per cápita de 0,22 kg/año.

Tabla 10. Consumo de almendra (Mt) en distintos países en los años 2016-2020. Fuente: FAOSTAT (FAO, 2024).

País	Consumo (Mt)				
	2016	2017	2018	2019	2020
USA	302.849	340.441	349.993	355.390	370.723
India	87.039	115.724	99.360	115.050	167.659
España	73.003	82.004	80.890	96.302	114.164
China	21.995	40.713	50.897	71.058	86.372
Alemania	73.240	78.834	69.049	75.738	83.938
Italia	41.434	42.879	47.286	62.149	61.670
Francia	35.933	39.401	41.274	43.063	39.938
Turquía	36.016	27.848	29.653	36.528	38.474
Japón	28.059	33.573	37.185	40.322	37.579
Noruega	15.055	21.828	26.320	30.221	35.969
Australia	25.192	26.680	29.230	29.289	31.603
Canadá	29.742	29.680	30.479	30.052	30.052
Marruecos	10.021	10.775	15.637	18.288	29.973
Corea	23.824	25.573	22.859	25.411	29.446
Reino Unido	23.244	29.471	24.355	28.452	25.865
Vietnam	70.159	46.409	59.721	15.574	18.479
Irán	28.371	24.760	30.850	33.420	16.648

Este aumento se ha visto favorecido debido a la comercialización de las almendras como aperitivo, este enfoque ha provocado un aumento en el consumo entre 18% y un 22%. Además, el consumidor percibe la almendra como un snack saludable debido a los cambios en los hábitos alimenticios. El consumidor concienciado por una dieta saludable y sostenible encuentra en los frutos secos los aportes necesarios para una alimentación sana y saludable (contenido elevado de proteínas, antioxidantes, fibra, minerales y vitaminas B y E principalmente) (Maluenda, M^aJ., 2020).

2.5. PRODUCTOS DERIVADOS DE LA ALMENDRA – INDUSTRIA PASTELERA

Los frutos secos se suelen consumir directamente, una vez extraída la cáscara. Una buena parte de la producción de frutos secos se destina a la fabricación de “snacks”. Sin embargo, el principal destino de los frutos secos es el industrial. La industria turroneira, las de mazapanes, la pastelera y la de bollería absorben cada año cerca de 40.000 t, de las cuales el 70% son de importación, aunque las mejores calidades de turrones y mazapán siguen utilizando almendras nacionales, básicamente de la variedad Marcona (Mercasa, 2022).

Una de las industrias a las que se destina gran parte de la almendra producida es la industria turrones y de mazapanes, como hemos nombrado anteriormente. Actualmente, el mercado se encuentra dominado por unos pocos y grandes grupos, que basan sus estrategias en la desestacionalización del consumo y en el comercio exterior. El turrón y el mazapán es un producto tradicional, pero el sector lleva años impulsando la innovación en su oferta y ha conseguido ampliar el periodo de consumo de estos productos, dando nuevos sabores y nuevas presentaciones (snacks, barritas, etc.). Muchos fabricantes de turrones y dulces navideños se concentran en algunos municipios que destacan por sus producciones, como es el caso de Estepa (Sevilla), Jijona (Alicante), Toledo o Agramunt (Lérida) (Mercasa, 2022). Además, algunos de estos productos tienen indicaciones geográficas protegidas, siendo la almendra un ingrediente obligatorio en su fabricación, como se recoge en la **tabla 11**.

Tabla 11. Indicaciones geográficas protegidas de distintos dulces navideños españoles.

Jijona Turrón de Alicante Indicación geográfica protegida 	Mazapán de Toledo Indicación geográfica protegida 
Zona geográfica: producción de turrones en el término municipal de Jijona (Alicante), la materia prima puede proceder de toda la Comunidad Valenciana. Características: elaboración mezclando almendras de las variedades Valenciana, Mallorca, Marcona, Mollar y Planeta, miel pura de abejas y azúcar. Suprema: 64% de almendra. Extra: 60% de almendra.	Zona geográfica: producción se extiende a la totalidad de la provincia de Toledo, en la Comunidad de Castilla – La Mancha. Características: masa fina y compacta resultante de almendras crudas, peladas y moldas, con azúcar de distintas clases, que se emplea como base de una variedad de dulces típicos toledanos.

Tabla 11. Indicaciones geográficas protegidas de distintos dulces navideños españoles (cont.)

Panellets Indicación geográfica protegida 	Torró d'Agramunt Indicación geográfica protegida 
Zona geográfica: típica de Cataluña, aunque también se elaboran en otras partes de España. Características: se elabora a partir de una base de mazapán, de tal forma que, por cada kilo de almendras peladas, granuladas muy finamente, se añade un kilo de azúcar y huevo. Se puede comercializar pallets decorados con almendra.	Zona geográfica: término municipal de Agramunt, al oeste de la provincia de Lleida. Características: categoría suprema contiene un 60% de almendras, un 10% de miel, un 1% de clara de huevo y el resto de azúcar. La categoría extra contiene un 46% de almendras.

Otra forma de utilización de la almendra es en las tabletas de chocolate, siendo el consumo en los hogares en el año 2021 de 9,3 millones de kilos, conllevando un gasto de 88,5 millones de euros en los hogares. El consumo per cápita es de 0,2 kg/año.

En Aragón, se recogen bajo la marca de garantía del Gobierno de Aragón, C'alial, que garantiza la calidad de los alimentos que cumplen los requisitos establecidos por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Algunos productos que se recogen en la sección de repostería y que contienen almendra, son los siguientes (Gobierno de Aragón, 2024):

- **Coc de Fraga:** masa que se cubre de almendras o nueces y se somete a cocción. Por lo que la almendra se usa como decoración, normalmente laminadas y enteras repeladas - Reglamento de Utilización de la Marca Aragón Calidad Alimentaria para el Coc de Fraga.
- **Florentina:** bizcocho constituido por azúcar, almendra (variedad Marcona), huevos, mantequilla, harina, agua y una cubierta de almendras laminadas - Reglamento Técnico para la utilización de la marca C'alial en la Florentina.
- **Carquiñol:** pequeña torta ovalada, constituida por una masa elaborada con harina de trigo, huevos, almendras y azúcar - Reglamento de utilización de la marca Aragón Calidad Alimentaria para determinados productos de pastelería y repostería.

- **Almendrado:** forma de magdalena con bandas o grietas manifiestas en su aspecto exterior, de color blanco o ligeramente tostado, elaborado a partir de la mezcla de clara de huevo montado, azúcar y almendras (ligeramente tostadas) - Reglamento de utilización de la marca Aragón Calidad Alimentaria para determinados productos de pastelería y repostería.
- **Piedrecicas del Calvario:** producto de confitería obtenido al bañar con cubierta de chocolate con leche un núcleo de almendra (enteras de la variedad Marcona, de calibre 14-16 mm) recubierta con miel y azúcar caramelizada. Presenta un contenido mínimo de almendra del 55% en peso - Reglamento técnico para la utilización de la marca C'Alial en las Piedrecicas del Calvario.
- **Trenza de Almudévar:** para su decoración se utilizan almendras laminadas - Reglamento de utilización de la marca Aragón Calidad Alimentaria para la Trenza de Almudévar.
- **Turrón negro y Guirlache:** para la elaboración de turrón negro se utiliza almendra entera de la variedad Langueta Desmayo, Marcona, Belona o Soleta, ligeramente tostada, calibre mínimo 12 mm, con una permisividad de menor calibre del 5% en peso. Mientras que para la elaboración del Guirlache se utiliza almendra entera variedad Langueta Desmayo, Marcona, Belona o Soleta, calibre superior a 12 mm, repelada y ligeramente tostada - Reglamento técnico para la utilización de la marca C'Alial en el Turrón Negro y en el Guirlache.
- **Torta de Balsa:** se cubre con almendra molida - Reglamento Técnico para la utilización de la marca C'Alial en la Torta de Balsa.
- **Castañas de mazapán:** producto de repostería resultante del amasado de una mezcla de almendras crudas, peladas y molidas con azúcar o azúcares en sus distintas clases o derivados - Reglamento técnico para la utilización de la marca C'Alial en las Castañas de mazapán.

Otro factor que hace que el sector de pastelería y repostería utilice la almendra como base de algunos de sus productos, es dar una alternativa a las personas celiacas o que han decidido reducir la ingesta de harina de trigo en sus dietas. Esto provoca una salida interesante de la almendra en otros formatos como es la harina de almendra, como alternativa a algunos productos en los que la base sea la harina de trigo y también para venta en formatos para el uso doméstico. El precio medio de la harina de almendra está

entorno de los 6-7 €/kg, bastante superior a la harina de trigo que está alrededor de 0,45 €/kg.

Concluyendo que el mercado de la venta de la almendra como snack saludable y como alternativa para la elaboración de otros productos está en aumento, siendo una oportunidad de mercado interesante y en pleno crecimiento.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA ZONA

En este apartado se tratarán los distintos aspectos justificativos para la decisión urbanística de la localización de la industria.

Tras el estudio de ubicación óptima por el método de centro de gravedad teniendo en cuenta la disponibilidad de materias primas, las coordenadas UTM seleccionadas coinciden con el municipio de Terrer.

Sin embargo, el presente proyecto plantea la ampliación de las instalaciones de un centro de recogida y almacenamiento de almendra, ya localizado en la parcela 10 del polígono industrial de “Los Lindazos” (Aniñón), con una agroindustria destinada a la elaboración de derivados de almendra. Así, la localidad seleccionada es Aniñón situada a 26 km de Terrer.

3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN DEL MUNICIPIO

La industria se ubicará en el término municipal de Aniñón, que pertenece a la comarca de Calatayud, provincia de Zaragoza (Aragón). El municipio está situado a una altitud de 729 m en el piedemonte de la Sierra de la Virgen en el Sistema Ibérico. Esta comarca limita al norte con Aranda y Valdejalón, al este con el Campo de Cariñena y el campo Daroca, al sur con la comarca del Señorío de Molina-Alto Tajo (provincia de Guadalajara) y al oeste con la comarca de Tierra de Medinaceli (provincia de Soria).

3.1.1. SITUACIÓN DEL POLÍGONO

La industria se localizará en el polígono industrial de Los Lindazos (Aniñón) que cuenta con 28.000 metros cuadrados distribuidos en 14 parcelas de hasta 1.500 metros cuadrados (**figura 29**).



Figura 29. *Polígono industrial de Los Lindazos. Fuente: SIGPAC.*

3.1.2. INFRAESTRUCTURAS DEL POLÍGONO

Cómo se ha comentado, se propone ampliar las instalaciones de un centro de recogida y almacenamiento localizado en la parcela 10 del polígono industrial de “Los Lindazos” (Aniñón) con una agroindustria destinada a la elaboración de derivados de almendra. Por tanto, en este proyecto se realizará el dimensionado de la nave que se situará en las parcelas colindantes a esta. En este apartado se van a indicar las infraestructuras con las que cuenta el polígono “Los Lindazos” y por lo tanto a las que tendrá acceso la industria objeto de este proyecto.

Pavimento. El polígono “Los Lindazos” consta con una sola calle, por la que se puede tener acceso y salida del polígono. El pavimento que forma la calle del polígono es de asfalto-hormigón. Respecto a la iluminación, este polígono consta con alumbrado público. Además, de constar de red de alcantarillado necesario para evacuación del agua de lluvia y de red de incendios.

Suministro de energía. El polígono consta de suministro eléctrico de tipo alta/baja y un centro de transformación, por lo que la empresa no tiene que instalar uno para poder usar baja tensión. La red eléctrica de alta tensión se distribuye por debajo de las aceras y calzada del polígono teniendo derivaciones individuales en todas las parcelas para que las diferentes empresas puedan hacer uso del servicio. Cuenta con una red trifásica que tiene un voltaje de líneas de 15000/380 V.

Suministro de agua potable. El polígono cuenta con un suministro de agua potable, a través de un pozo que abastece también a los habitantes del municipio.

Saneamiento de aguas residuales. Las aguas residuales se recogerán en las arquetas del polígono, que forman parte de la red de saneamiento que va por debajo de la calzada del polígono. Esta red lleva el agua residual hasta la planta depuradora municipal de Aniñón, donde se realiza un tratamiento aerobio con fangos activos. Las limitaciones de vertidos al alcantarillado vendrán reguladas por el Reglamento de los vertidos de aguas residuales a las redes municipales de alcantarillado.

Suministro de gas. El polígono no cuenta con una red de suministro de gas, por lo que, si la industria lo necesitara, la empresa se tendría que poner en contacto con el ayuntamiento y una empresa de instalaciones de red de gas, para realizar las acciones oportunas para contar con dicho suministro.

Recogida de vertidos. Para los residuos sólidos que se generan en el propio polígono, este cuenta con un sistema de recogida de residuos sólidos, que se transportan al vertedero municipal de Calatayud. En cuanto los residuos que se generarán en la empresa, será esta misma la encargada de gestionar y eliminar los residuos sólidos, cumpliendo la normativa sobre gestión de residuos, y en caso de que alguno de ellos necesite un tratamiento especial debido a su naturaleza, realizando las gestiones oportunas, cumpliendo el contrato con la empresa especializada de la recogida.

Red telefónica. No cuenta con red telefónica disponible, es por ello que en caso de que la industria lo necesitara, la empresa se tendría que poner en contacto con el ayuntamiento y una empresa de instalaciones de redes telefónicas y banda ancha para poder realizar la obra e introducir este servicio en el polígono y una vez introducido, realizar derivaciones individuales.

3.1.3. COMUNICACIONES

El polígono industrial está junto a la carretera CV-002, que comunica la carretera nacional N-234, de Sagunto a Burgos, con el casco urbano de Aniñón. Se sitúa aproximadamente a 16 km de la autovía A-2 (Barcelona – Madrid). En concreto se encuentra a 93,2 km de Zaragoza, 166 km de Huesca y a 158 km de Teruel. Por otro lado, su ubicación la sitúa entre los dos mayores mercados a nivel nacional (a 402 km de Barcelona y 255 km de Madrid), favoreciendo distribución de sus productos. Si la

distribución se da por transporte ferroviario, la localidad se encuentra a 16 km de un centro de transporte de mercancías por vías ferroviarias (**figura 30**).



Figura 30. Vías de comunicación y transporte de la Comarca de Calatayud. Fuente: Comarcalización de Aragón.

3.1.4. AMPLIACIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA Y SECADERO SITUADO EN ANIÑÓN

Aunque por el método del centro de gravedad para determinar la localización óptima según la cercanía a la materia prima sea en el municipio de Terrer, para tomar la decisión se ha tenido en cuenta otros factores como el aprovechamiento de unas instalaciones de almacenamiento de almendra preexistentes en la localidad de Aniñón. Además, Aniñón es el municipio de la comarca Comunidad de Calatayud con mayor superficie dedicada al almendro, con más de 760 hectáreas.

En el año 2021, se inauguró un punto de recogida y secado (previo secado al almacenaje para evitar problemas debidos a la humedad) con capacidad para un millón de kilos de almendra, con el objetivo de mejorar la competitividad en el mercado de los agricultores de la comarca Comunidad de Calatayud. La empresa, Unió Nuts, instaló un centro de recepción, secado y silos de almacenaje de almendra con cáscara. Las instalaciones constan de tres silos de almacenaje de una capacidad de 300.000 kilos de almendra cada uno y dos secaderos de capacidad de 30.000 kilos cada uno.



Figura 31. Punto de almacenaje y secado de almendra en la localidad de Aniñón.

Este centro se encuentra localizado en la parcela 10 del polígono industrial de “Los Lindazos” (Aniñón). En este proyecto se realizará el dimensionado de la nave que situará en las parcelas colindantes a esta, ya que se trata de una ampliación de las instalaciones ya presentes.

En la actualidad la parcela donde se sitúa la industria es de 1.726,21 m², de los cuales 878,59 m² son las instalaciones. Los silos de almacenaje ocupan una superficie de 304,82 m². Los dos silos de secado ocupan una superficie de 54,72 m² y la zona de descarga de la almendra, que se sitúa dentro de la nave prefabricada es de 273,08 m². Los silos de almacenaje tienen unas dimensiones de 9 m y los silos de secado tiene un diámetro de 3,50 m.

3.2. DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS EN LA ZONA

Como hemos nombrado anteriormente, la comarca Comunidad de Calatayud, es la primera comarca de Aragón con mayor superficie dedicada a la producción de almendros, alcanzando casi las 8.700 hectáreas. En los últimos años, se ha producido un aumento de la superficie declarada tanto de secano como de regadío, siendo esta última la que ha aumentado significativamente (+ 41,01% de la superficie en los años 2019 a 2023). Aun así, la superficie en extensivo (secano) es bastante superior comparada con el intensivo, siendo más del 94%. Dentro de la comarca de Calatayud, el municipio con mayores hectáreas declaradas para la producción de almendras es Aniñón, seguido de Ibdes, Villarroya de la Sierra y Maluenda, como se puede observar en la **figura 32**.

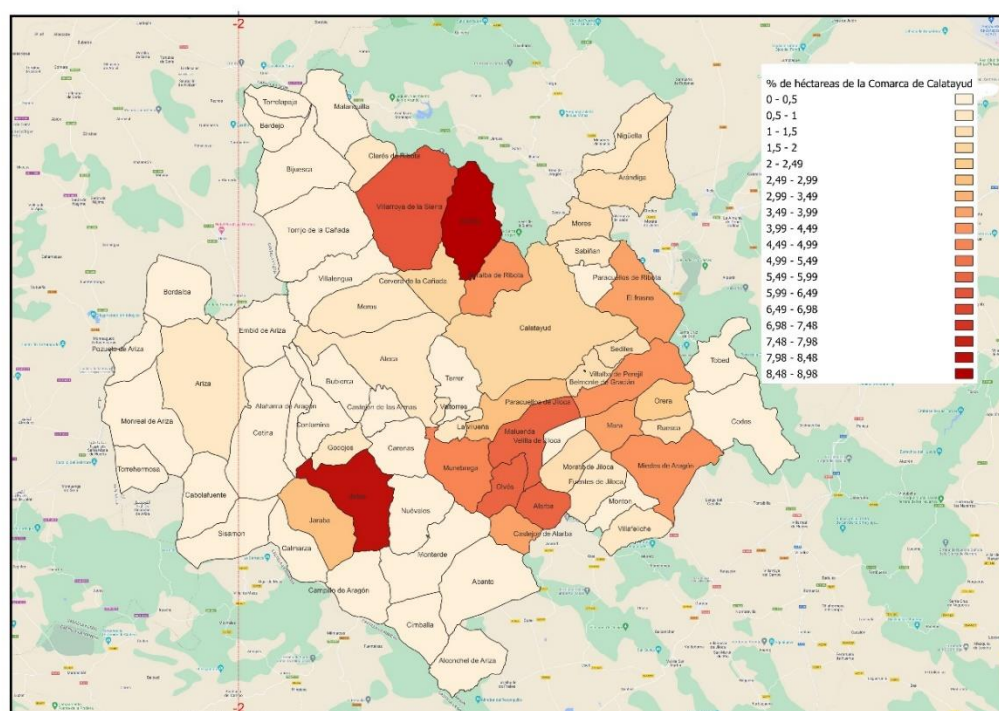


Figura 32. Representación gráfica por municipios y hectáreas dedicadas a la producción de almendras. Fuente: Datos recopilados de la Política Agraria Común (PAC).

Al tratarse de cultivos viejos y donde la mayoría de la superficie es en extensivo, los rendimientos son bajos. Como se puede observar en la **tabla 12**, los rendimientos en los últimos años en la zona han variado significativamente, produciéndose un descenso marcado en la campaña 2022, debido a las heladas tardías que afectaron notablemente a la producción recogida ese año. La producción en 2023 también se vio reducida debido

a las heladas tardías en la zona y la fuerte sequía, obteniendo una producción de 368.597 kg (SINGEAR,2024).

Tabla 12. Rendimiento de producción de la comarca Comunidad de Calatayud en las campañas 2019-2022 (kg/ha).

Año	Rendimiento (kg/ha)
2019	396
2020	502
2021	402
2022	175

Utilizando el método de centro de gravedad para ver el mejor emplazamiento, teniendo en cuenta la cercanía a la materia prima disponible de todos los municipios de la comarca Comunidad de Calatayud, se tiene que el emplazamiento óptimo por cercanía a todos los municipios que contribuyen significativamente a las hectáreas totales de la comarca estaría en las coordenadas UTM X: 605539,68 m - Y: 4574694.05 m. Dichas coordenadas se encuentran en el municipio de Terrer, como se puede se ver en la **figura 33**, localidad situada a 26 km de Aniñón.

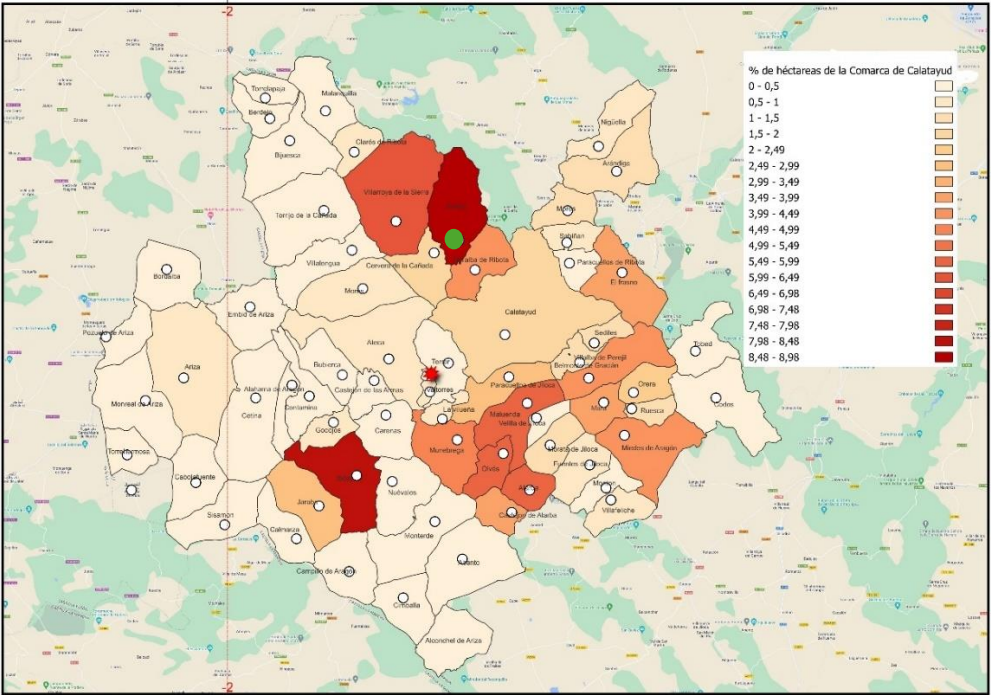


Figura 33. Localización óptima de la agroindustria (★) según el método de centro de gravedad y localización de la agroindustria (●)

3.3. JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL

La Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón, establece el régimen jurídico de intervención administrativas aplicables a los planes, programas, proyectos, instalaciones y actividades que se pretendan desarrollar en el ámbito territorial de Aragón.

Las actividades realizadas en las instalaciones de la industria de elaboración de productos derivados de la almendra propuestas en este proyecto no causan molestias respecto a olores ni a ruidos, ni a actividades insalubres, nocivas o peligrosas. Además, esta industria es considerada como un edificio agroindustrial.

La ley recoge en los Anexos I y II, aquellos proyectos sometidos a evaluación ambiental ordinaria o simplificada. Los anexos se dividen según la naturaleza del proyecto. El Anexo I, en el que se clasifican aquellos proyectos que tienen que ser sometidos a evaluación ambiental ordinaria, no hace referencia a instalaciones para productos alimenticios, que si se recogen en el Anexo II. En él, se citan los proyectos que están sometidos a evaluación ambiental simplificada. Aunque dentro del mismo hay una sección que hace referencia a industrias de productos alimenticios (Grupo 2), y más concretamente, el Subgrupo 2.2 recoge las instalaciones industriales para el envasado y enlatado de productos animales y vegetales, en el caso de la industria propuesta no es necesario seguir ninguna evaluación ambiental ya que la producción no va a ser superior a las 300 t por día de producto acabado (valores medios trimestrales).

3.4. RIESGOS GEOLÓGICOS DE LA ZONA

Aunque en el presente proyecto no se va a realizar el estudio constructivo de las instalaciones, para acreditar que la zona elegida para implantar la instalación es la adecuada se va a comentar la geología y los riesgos geológicos del entorno a la industria.

Para garantizar la seguridad y funcionamiento de la estructura se debería realizar un estudio geotécnico donde se recoge las características del terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica, que viene legislado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. La información que debe recoger el estudio geológico se encuentra en el documento de básico SE-C de seguridad estructural de cimientos.

3.4.1. GEOLOGÍA DEL ENTORNO

Para obtener los datos sobre las características y propiedades del suelo y del subsuelo de la zona para evaluar su comportamiento y prever los problemas geológicos y geotécnicos se ha recurrido al mapa geológico de España en concreto a la hoja 409 (Calatayud) que se puede observar en la **figura 34**. Además, en la **figura 35** se podrá ver señalizado la zona donde se implantará la industria y la leyenda con la información recogida.

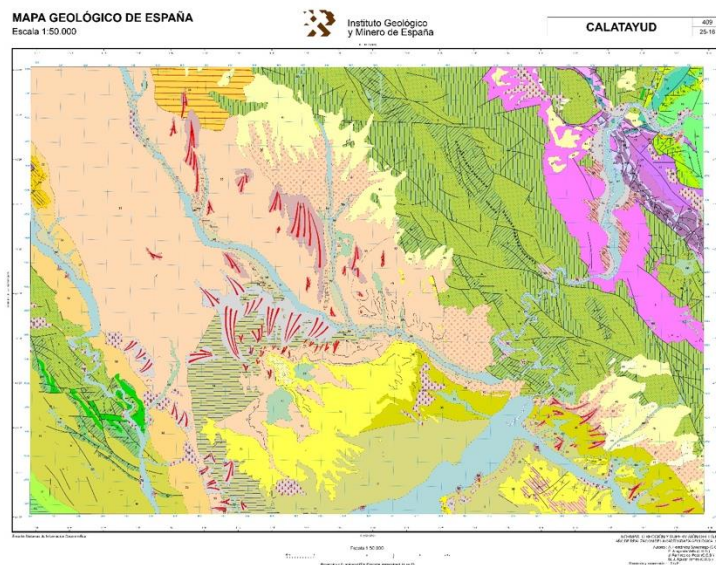


Figura 34. Hoja 409 del mapa geológico de España, de la zona de Calatayud. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

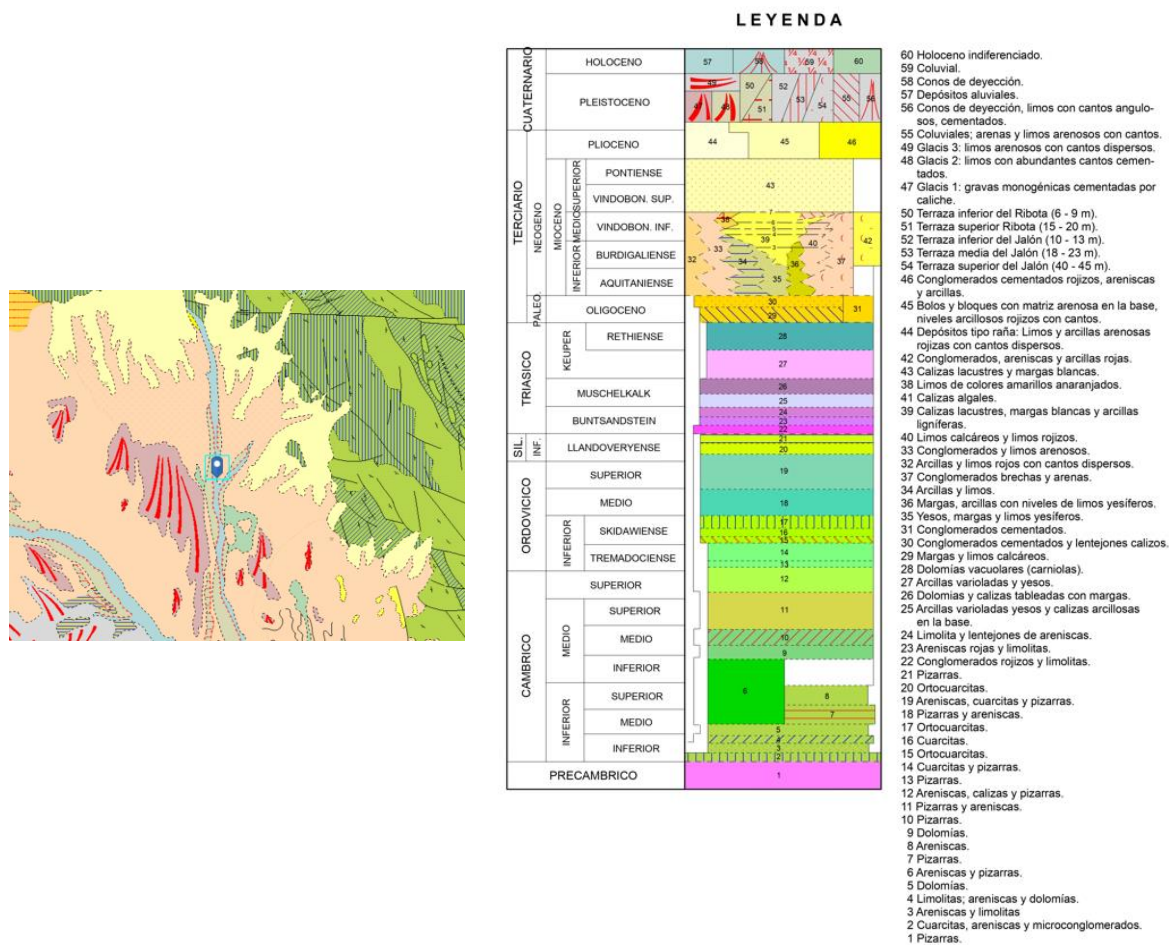


Figura 35. Mapa detalle de la zona ubicada la industria y leyenda detallada sobre la información geológica. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

Las coordenadas de la parcela donde se van a situar la agroindustria y con la que podremos situarnos en el mapa son: 41° 26' 11,79" N (Latitud) y 1° 42' 29,11" W (Longitud). Tanto la localización de la parcela donde se va a implantar la industria como su entorno se caracteriza por ser terraza inferior del Ribota (6-9 m), con alto contenido en arcillas varioladas, yesos y calizas arcillosas en la base, y próximo a zonas de menor medida de conglomerados y limos arenosos.

3.4.2. RIESGOS GEOLÓGICOS

Los riesgos geológicos están dentro de la clasificación de los riesgos naturales, y son aquellos que derivan de los procesos geológicos y se dividen en dos categorías:

- Riesgos geológicos de origen interno: son los causados por volcanes y terremotos. Descartados en este trabajo debido a que no hay fallas activas en la zona, ni volcanes próximos.
- Riesgos derivados de los procesos externos: los más frecuentes son los deslizamientos y desprendimientos de rocas, inundaciones y por colapsos.

En este proyecto se va a estudiar si hay algún riesgo derivado de los procesos externos y que se van a exponer a continuación.

Riesgo de inundación: cómo se puede observar en la **figura 36**, las zonas de probabilidad de inundación de la parcela donde se va a implantar la industria no se muestran señaladas como zonas inundables, y la zona más cercana con probabilidad de inundación se encuentra a más de 0,5 kilómetros.



Figura 36. Identificación de las zonas con probabilidad alta, frecuente o media de inundación.
Fuente: SNCZI-IPE. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.

Riesgo de colapso: se entiende como colapso del terreno cuando se produce una reducción de su volumen, por lo general por cambios en la humedad del contenido en el mismo. En la parcela de la localización de la agroindustria está situado en la zona de baja probabilidad y el entorno en probabilidad muy baja (**figura 37**).



Figura 37. Susceptibilidad de riesgo por colapso de la hoja 409 (Zona de Calatayud). Fuente: ICEARAGÓN.

Riesgo de deslizamiento: la pendiente de la parcela es muy baja ($< 10^\circ$) por lo que la probabilidad de un deslizamiento es muy baja (**figura 38**).

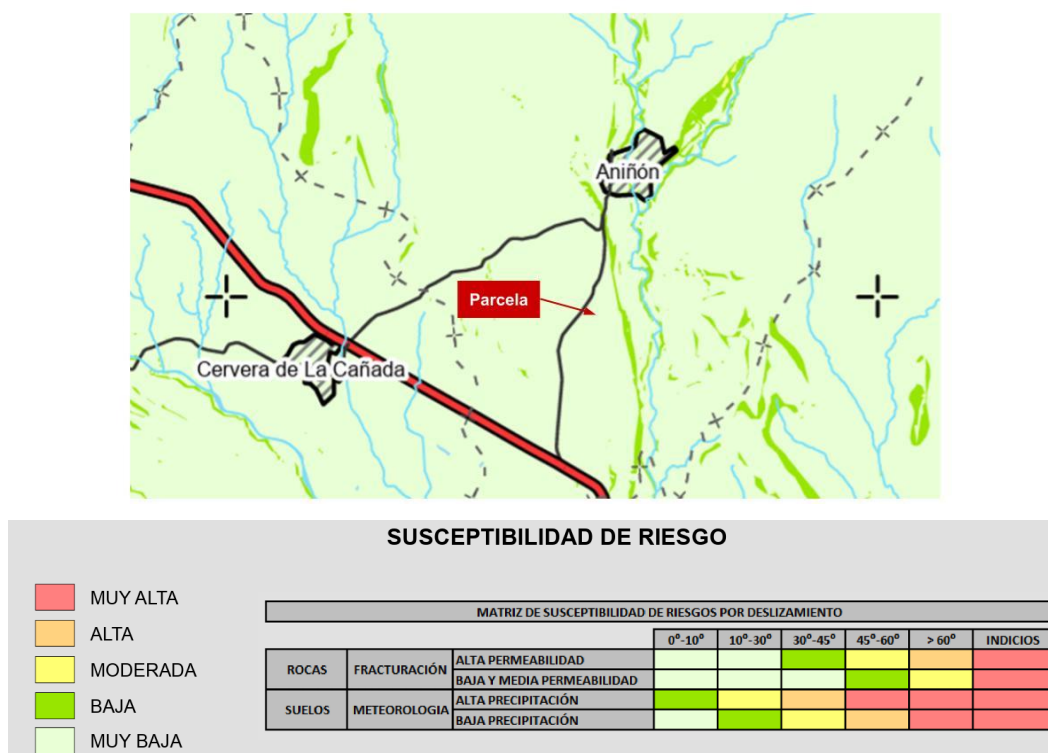


Figura 38. Susceptibilidad de riesgo por deslizamiento de la hoja 409 (Zona de Calatayud).
Fuente: ICEARAGÓN.

Debido a que los riesgos geológicos estudiados remarcan que la probabilidad de su suceso es baja o muy baja, no se percibe riesgo de que la localización sea inadecuada para la implantación de la industria en la ubicación elegida.

4. PROCESOS PRODUCTIVOS

En este apartado se van a describir las diferentes fases de procesado para obtener el formato final que se va a comercializar la almendra: almendra con piel, repelada, palitos, granillo/cubito, láminas y almendra molida.

4.1. NORMATIVA APLICABLE

El proceso productivo tiene que cumplir la normativa vigente a nivel de higiene y seguridad, desde que el producto entra en las instalaciones hasta que llega al consumidor final. Es por ello, que el proceso se diseña cumpliendo la legislación que se nombra a continuación:

Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

- Obligatoriedad de llevar un sistema de trazabilidad de los alimentos y cualquier sustancia destinada a incorporarse a los alimentos.
- Análisis de riesgo: determinación del riesgo (determinación de la exposición y caracterización del riesgo), gestión de riesgo (plantear medidas de prevención y control) y comunicación del riesgo (intercambio de información entre los responsables)
- Responsabilidad: la empresa es responsable de cumplir los requisitos de la legislación alimentaria.

Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativa a la higiene de los productos alimenticios. En él se define la higiene alimentaria como: “Medidas y condiciones necesarias para controlar y garantizar la aptitud para el consumo humano de un producto alimenticio teniendo en cuenta la utilización prevista para dicho producto”.

- Aplicable a todas las etapas de la producción, transformación y distribución de alimentos, incluyendo la producción primaria.
- Los distintos productos que se describen en este proyecto entrarían en la definición de productos transformados, definida en este reglamento como los productos alimenticios obtenidos de la transformación de productos sin

transformar. Definiendo producto sin transformar aquellos productos alimenticios que no hayan sido sometidos a una transformación, incluyendo los productos que se hayan dividido, partido, seccionado, rebanado, deshuesado, picado, pelado o desollado, triturado, cortado, limpiado, desgrasado, descascarillado, molido, refrigerado, congelado, ultracongelado o descongelado.

- La empresa no se encarga de la producción primaria por lo que solo le afecta el Anexo II que hace referencia a fases posteriores a la producción primaria. En él se recogen los requisitos de los locales destinados a productos alimenticios:
 - Transporte: limpios y en buen estado, si se transporta con otros productos que pueda llevar a una contaminación, tienen que ser separados físicamente. En este caso la materia prima es un fruto de cáscara como es la almendra que es un alérgeno, por lo que no se debe transportar con otros productos, evitando así la contaminación cruzada.
 - Requisitos de equipos en contacto con los alimentos: diseñado para reducir al mínimo el riesgo de contaminación, y permitir su limpieza y desinfección. Previstos de dispositivos de control.
 - Desperdicios: se deben retirar con la mayor rapidez para evitar su acumulación. Depositados en contenedores con cierre y su diseño facilite su higienización (aceptado por las autoridades sanitarias). Eliminación de forma que no sea perjudicial para el medio ambiente, siguiendo normativas comunitarias.
 - Suministro de agua: agua potable para todas las instalaciones y que entre en contacto con los alimentos. Se permite el uso de agua no potable para extinción de incendios, producción de vapor (asegurándose que sí va a estar en contacto directo con los alimentos no debe aportar contaminación) y refrigeración. Si se utiliza agua reutilizable debe tener la misma calidad que el agua potable. Cumpliendo el **Real Decreto 3/2023**, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
 - Conservación en condiciones adecuadas
 - Procedimientos de lucha contra plagas

- Almacenamiento: almacenamientos diferentes para las materias primas y de los productos ya transformados.
- Envasados y embalajes: materiales utilizados no deberán ser una fuente de contaminación.
- La empresa debe seguir unas prácticas correctas de higiene (BPHs) y aplicación del sistema APPCC (Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico)

Reglamento (UE) 2021/382 de la Comisión de 3 de marzo de 2021 por el que se modifican los anexos del Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la higiene de los productos alimenticios, en lo que respecta a la gestión de los alérgenos alimentarios, a la redistribución de alimentos y la cultura de seguridad alimentaria.

- Gestión de alérgenos alimentarios, evitar las contaminaciones cruzadas. En este caso al tratarse el producto de un alérgeno y que en la industria solo se elabora este producto, en el punto que hay que evitar contaminación cruzada sería en el transporte, evitando el transporte con otros productos, y si no, llevándose una adecuada limpieza y desinfección.
- Redistribución de excedentes alimenticios evitando el desperdicio de alimentos. Objetivo de conseguir “Residuo 0”, intentando la valorización de los residuos.

Reglamento (CE) nº 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.

- Se definen en la norma:
 - Criterio microbiológico: criterio que define la aceptabilidad de un producto, un lote de productos alimenticios o un proceso, basándose en la ausencia, presencia o número de microorganismo, y/o en la cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad de masa, volumen, superficie o lote.
 - Criterio de seguridad alimentaria: criterio que define la aceptabilidad de un producto o un lote de productos alimenticios y es aplicable a los productos comercializados.
 - Criterio de higiene del proceso: criterio que indica el funcionamiento aceptable del proceso de producción; este criterio, que no es aplicable a los productos comercializados, establece un valor de contaminación

indicativo por encima del cual se requieren medidas correctoras para mantener la higiene del proceso conforme a la legislación alimentaria.

- Lote: grupo o conjunto de productos identificables obtenidos de un proceso determinado en circunstancias prácticamente idénticas y producidos en un lugar dado en un período de producción determinado.
 - Vida útil: el período anterior a la fecha de duración mínima o a la fecha de caducidad.
 - Alimentos listos para el consumo: alimentos destinados por el productor o el fabricante al consumo humano directo sin necesidad de cocinado u otro tipo de transformación eficaz para eliminar o reducir a un nivel aceptable los microorganismos.
- En el Anexo I, se recogen los criterios de seguridad alimentaria y los criterios de higiene de los procesos dependiendo de la naturaleza del producto. Además de las normas para la toma de muestra y preparación de éstas.

Reglamento (CE) nº 2023/915 de la Comisión de 25 de abril de 2023 relativo a los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1881/2006.

- En el Anexo I, se recogen los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos que se tienen que cumplir a la parte comestible de los productos salvo que el anexo se disponga lo contrario.

Reglamento (CE) nº 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximo de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo.

- En los diferentes apartados del Anexo I, recogen los límites máximos de residuos de los plaguicidas.

Reglamento (UE) nº 178/2010 de la Comisión, de 2 de marzo de 2010 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 401/2006 en lo que respecta a los cacahuets y otras semillas oleaginosas, a los frutos de cáscara arbóreos, a los huesos de albaricoque, al regaliz y al aceite vegetal.

- Recoge los métodos de muestreo para que sean muestras representativas dependiendo del lote.

Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 1924/2006 y (CE) nº 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) nº 608/2004 de la Comisión.

- En el Artículo 24, diferencia entre fecha de duración mínima y fecha de caducidad. Se indicará fecha de caducidad en el caso de alimentos microbiológicamente muy perecederos y que por ello puedan suponer un peligro inmediato para la salud humana después de un corto período de tiempo. En el caso de los productos a desarrollar en este proyecto se considera que son alimentos no perecederos, por lo que indicará una fecha de duración mínima.
- Para la denominación del alimento, se pondrá su denominación legal (recogida en las disposiciones legales aplicables a dicho alimento). A falta de ésta, será la denominación habitual (cualquier nombre que se acepte y conozcan los consumidores). Si no existe, se facilitará una denominación descriptiva. La denominación del alimento en el caso de que la haya será en el **Decreto 2484/1967**, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Texto del Código Alimentario Español:
 - Almendra repelada: es la que sin tostación ha sido desprovista del tegumento o piel.
 - Harina de un cereal distinto al trigo: las harinas que no sean de trigo deberán llevar adicionado a su nombre genérico el del producto del cereal que proceda. Es por ello que, no se pondrá en el etiquetado harina de almendra, si no almendra molida.

En el Código Alimentario Español, no se recogen los granillos/cubo, palitos y láminas, por lo que se utilizará una denominación habitual o si no, una denominación descriptiva.

- Anexo II, se recogen las sustancias o productos que causan alergia o intolerancias, en la que se nombra la almendra. Por lo que tendrá que cumplir la normativa de alérgenos. No será obligado en este caso cumplir las indicaciones

de las menciones ya que en la denominación del alimento se hace referencia claramente a la sustancia o producto que se trata.

Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que aprueba la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

- En el artículo 12 se dispone como hay que indicar el lote de un producto en el etiquetado. Dicho artículo, te indica que la identificación del lote en el etiquetado se tiene que realizar siguiendo el **Real Decreto 1808/1991**, de 13 de diciembre, por el que se regulan las menciones o marcas que permiten identificar el lote al que pertenece un producto alimenticio.
 - Los productos estén envasados, la indicación de lote, y en su caso, la letra <<L>>, figurarán en el envase o en una etiqueta unida a éste.
 - Cuando los productos no estén envasados, la indicación de lote y, en su caso, la letra <<L>> figurarán en el embalaje o en el recipiente o, en su defecto, en los documentos pertinentes.
 - Cuando la fecha de duración mínima o la fecha de caducidad figure en el etiquetado, el producto alimenticio podrá no ir acompañado del lote, siempre que dicha fecha tenga, por lo menos, el día y el mes indicados claramente y en orden.

Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo.

- Si se utilizan cantidades nominales, indica el error máximo que puede haber en el peso y el indicativo que debe llevar el envasado.

Reglamento (CE) nº 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.

- Autorización de sustancias destinadas a la fabricación de materiales en contacto con los alimentos.
- Trazabilidad de los materiales destinados a entrar en contacto con alimentos deberá estar garantizada en todas las etapas para facilitar el control.

- Artículo 15, indica que los envases que se comercialicen y aún estén en contacto con alimentos tienen que ir acompañados del término <<para contacto con alimentos>>, o una indicación específica sobre su uso, o el símbolo de la **figura 39**.



Figura 39. Símbolo en el etiquetado de productos destinados a estar en contacto con los alimentos.

- Anexo I, se recoge la lista de grupos de materiales y objetos para los que pueden establecerse medidas específicas.

Reglamento (UE) nº 10/2011 de la Comisión, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

- Establece requisitos específicos para la fabricación y comercialización de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos

Además, para el diseño productivo se ha basado en guías de prácticas correctas de higiene para vegetales y derivados, frescos, mondados, troceados o envasados, y guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de los transformadores vegetales. Se define mejores técnicas disponible en la **Directiva 2010/75/UE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) como: “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir la base de los valores límite de emisión y otras condiciones del permiso destinadas a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente”.

4.2. ESQUEMAS DE PROCESO

El esquema de proceso completo es el que se muestra en la **figura 40**.

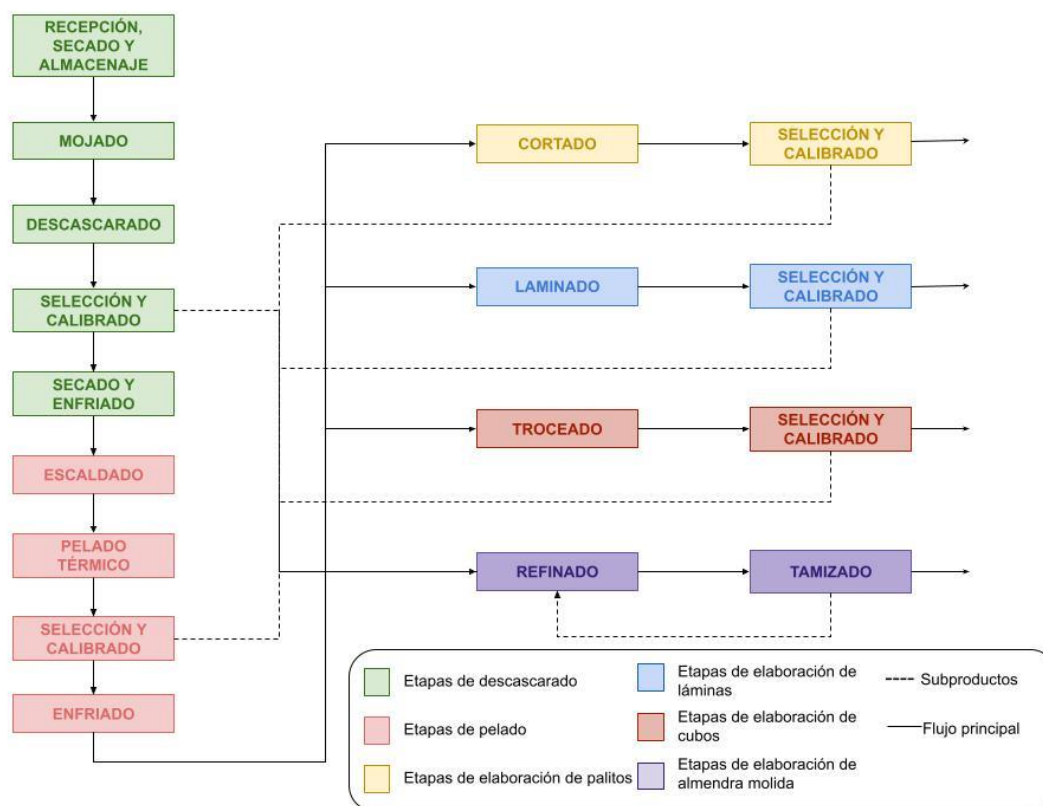


Figura 40. Esquema de proceso completo diferenciando las diferentes etapas dependiendo del producto final.

Algunas etapas son comunes, es por ello que vamos a diferenciarlas por fases hasta conseguir el descascarado de la almendra (**figura 41**), repelado de la almendra (**figura 42**), y disminución de volumen, explicando las diferentes operaciones para obtener la almendra laminada, cubitos, palitos y almendra molida (**figura 43**).

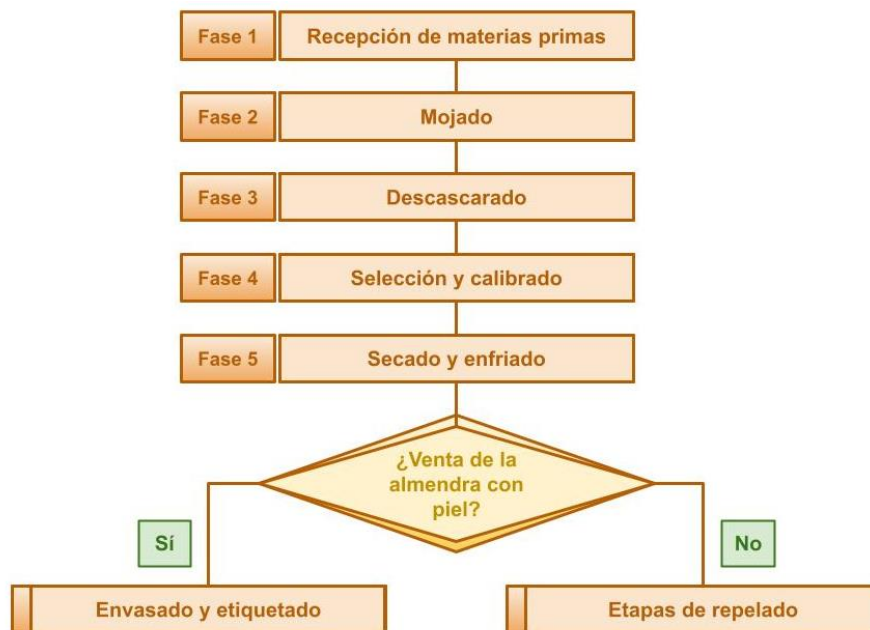


Figura 41. Diagrama de fases para la obtención de almendra sin cáscara.

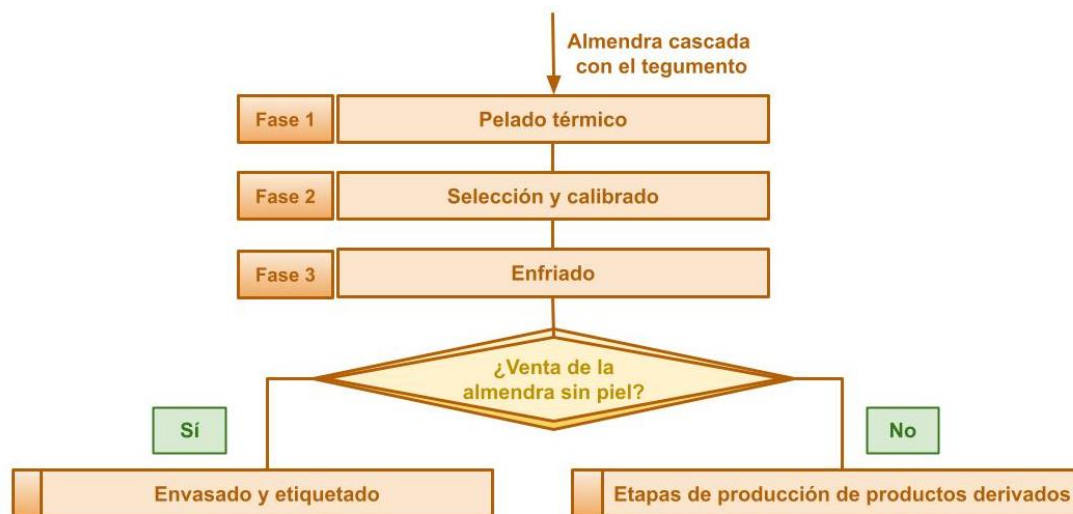


Figura 42. Diagrama de fases para la obtención de almendra repelada.

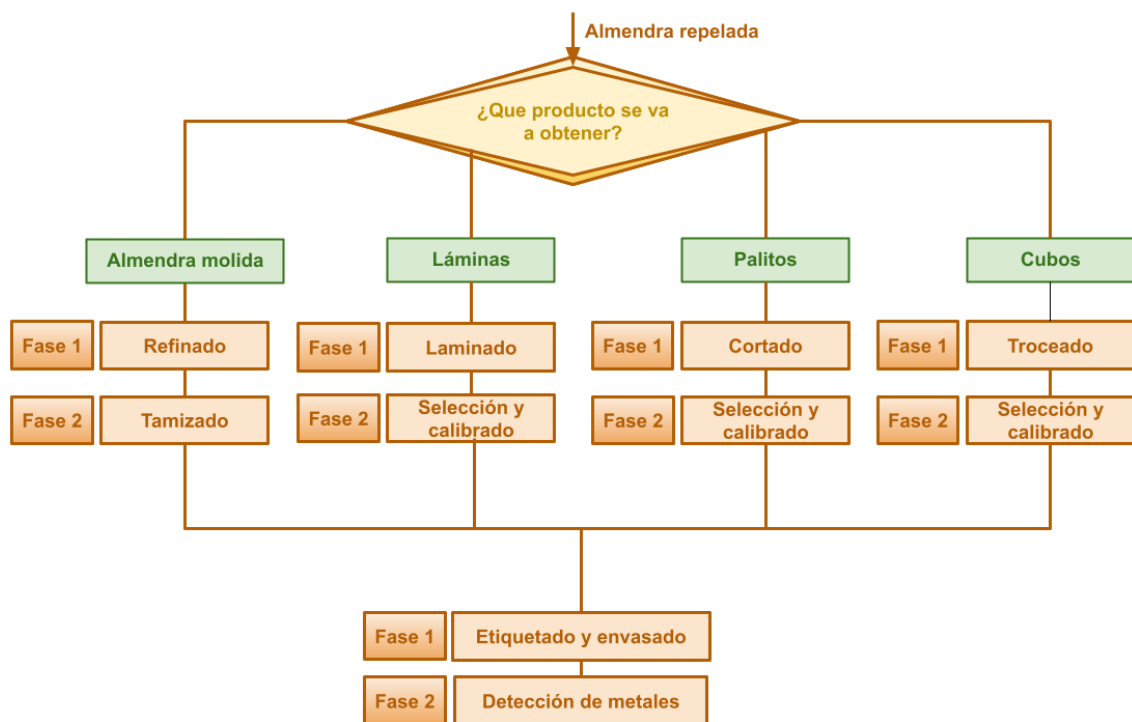


Figura 43. Diagrama de fases para la obtención de productos derivados de la almendra.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES

En este apartado se van a describir las diferentes etapas productivas que se van a llevar a cabo. No hay normas técnico-sanitarias específicas de aplicación para la elaboración de frutos secos que regulen su elaboración y comercialización.

4.3.1. ETAPAS DE DESCASCARADO

Fase 1: Recepción, secado y almacenaje de la almendra

Las instalaciones para la descarga y almacenamiento de la almendra se encuentran en la actualidad ya en funcionamiento y constan de una zona de descarga para camiones y tractores, una zona de secado y una zona de almacenamiento donde se realiza un control para asegurar que éste acorde a las especificaciones de compra, verificando:

- Cantidad de materia prima
- Variedad de almendra
- Humedad del producto
- Características organolépticas y físicas de la materia prima (análisis visual)

Las almendras procederán principalmente de las fincas situadas en la comarca Comunidad de Calatayud y adyacentes, como los municipios cercanos de la comarca de Aranda. La empresa recibirá la almendra sin el exocarpio (parte verde que cubre la cáscara de la almendra), sin hojas ni ramas, tras una limpia de la que se hará cargo el propio agricultor.

Una vez que la materia prima sea descargada, se emitirá un albarán de entrada, en el cual se mostrará:

- Nombre
- Variedad de la materia prima que se recepciona
- Fecha y hora de recepción
- Cantidad de materia recibida
- Humedad a la que se recepciona
- Lugar de procedencia (localidad de procedencia)
- Firma del encargado de recepción
- Firma del agricultor o transportista

El albarán se hará por duplicado en el caso que sea el propio agricultor el que traiga el producto, o se hará por triplicado en el caso que la descarga se haga por parte de un transportista, para que una copia se destine al proveedor del producto, otra al transportista y otra a la propia empresa para su registro.

La almendra se descargará en un bunker de descarga que consiste en una cinta transportadora en un habitáculo abierto únicamente por el lugar de descarga que acaba en el silo de almacenaje.

Para el almacenamiento se dispone de tres silos con una capacidad de 300.000 kg cada uno, teniendo una capacidad total de almacenamiento de 900.000 kg de almendra.

La *variedad* de la almendra determinará su uso, y además permite una identificación diferencial para su comercialización debido a que algunos dulces para comercializarlos bajo una denominación o una marca de calidad, tienen que ser elaborados con una variedad concreta. La variedad Marcona es la más solicitada para la comercialización, es por ello que se identificará y separará del resto de variedades en un silo aparte del resto de las variedades.

La *humedad* es un factor también importante, debido a que la mayoría de las pérdidas post-cosecha son por un almacenamiento con un alto grado de humedad. Es por ello, que el área de recepción actual consta de dos secaderos con capacidad de 30.000 kg cada uno. Esto permite realizar un pre-secado del producto antes de su almacenamiento, en caso de que la almendra venga con una humedad superior al 6% (óptimo $4 \pm 1\%$). El secado de la almendra se dará por flujo de aire caliente hasta alcanzar una humedad del 5,00%, el tiempo de secado dependerá de la humedad de la almendra.

La almendra se almacenará a una humedad relativa de $45 \pm 5\%$ y a una temperatura inferior a los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($5 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Para ello, los silos de almacenaje disponen de una sonda de temperatura y otra de humedad relativa.

La almendra es un producto que en buenas condiciones de almacenamiento puede llegar a tener una vida útil de incluso dos años. Se va a considerar que cada mes son 21 días laborables, haciendo un reparto de los diferentes días festivos. Por lo que, al año se contará con 252 días laborales. Teniendo en cuenta la larga vida útil de la almendra cuando se conserva con cáscara, los días laborales y la capacidad de almacenaje, se van a procesar cada día 3.500 kg de almendra, utilizando la almendra de la campaña durante el año productivo.

Fase 2: Mojado

La finalidad es remojar la cáscara para humedecerla y facilitar su retirada, evitando que la semilla se dañe durante el proceso. En ocasiones se aprovecha está etapa de mojado para hacer un lavado que permita la extracción de lodos (arenilla agregada a la cáscara). Esta operación debe realizarse con agua potable (Real Decreto 3/2023).

Los métodos más utilizados en el sector son los sistemas de inmersión, aspersión o duchas, o métodos combinados de estos. Se produce aguas residuales, que contienen una elevada carga contaminante (tierra, suciedad, etc.).

El método a utilizar un proceso de inmersión, donde la almendra pasara por un depósito de agua, mientras avanza por una cinta transportadora.

Fase 3: Descascarado

Esta fase consiste en la separación del grano de la cáscara. Antiguamente el trabajo de descascarado se hacía de forma manual, aplicando una fuerza mecánica sobre la cáscara hasta obtener el grano. Hoy en día el proceso de descascarado se realiza con la ayuda de un sistema automatizado. El descascarado depende de si la variedad de almendra es de cáscara blanda o de cáscara dura. Este trabajo se centra en el descascarado de variedades de cáscara dura. Dependiendo de la variedad, el rendimiento obtenido de semilla respecto la cáscara varía, cómo se observa en la **tabla 13**:

Tabla 13. Rendimiento al descascarado (%) según la variedad de almendra.

<i>Variedad de almendra</i>	<i>Rendimiento al descascarado</i>
Largueta	22-28 %
Marcona	20-27 %
Guara	30-34 %
Soleta	27-35 %

El descascarado consiste en la introducción del fruto con cáscara, tras el mojado, en una máquina rompedora, donde se ejerce una acción mecánica a través de dos rodillos conoidales, produciendo la rotura de la cáscara y liberando la almendra. Se separan así las impurezas del grano y la cáscara, que posteriormente se procesa para su utilización como biomasa para su utilización en los distintos secaderos.

Fase 4: Selección y calibrado

Tras el proceso de descascarado, se realiza un proceso de calibrado para retirar las almendras que se hayan podido romper durante la extracción de la cáscara. Además, se clasifican por cribado en diferentes tamaños, separando las de mayor tamaño para su venta como almendra entera y destinando las de menor calibre para la elaboración de palitos, cubos, láminas y almendra molida. Habitualmente la clasificación se realiza utilizando rodillos, tamices, bombos con aperturas o seleccionadoras, que por medio de movimientos vibratorios, giratorios, divergentes o de aire van clasificado la materia prima.

En este proyecto la selección y cribado se va a realizar a través de una estructura de rodamiento tubular y un vibrador, pasando por 5 cribas perforadas de diferentes formas y tamaños que separan el fruto de la mezcla.

Los residuos que se generan durante esta operación principalmente son residuos sólidos orgánicos procedentes de los rechazos: frutos partidos que se destinarán a la producción de almendra molida, o con colores anómalos y restos de cáscara, que se utilizarán para la producción de biocombustible.

Fase 5: Secado y enfriado

Posteriormente, debido a que el producto sale con alta humedad de la fase 5, se realiza un secado que permita reducir el contenido en humedad y alargar su vida útil. Dependiendo del tipo de secadero las condiciones de temperatura y tiempo son distintas:

- *Silos de secado*: se seca durante un tiempo de 6 a 8 horas aproximadamente (varía dependiendo la humedad del producto a la entrada al secadero), con un flujo de aire caliente a 32 °C para disminuir la humedad hasta el 5,00%. Para que el secado sea homogéneo, los silos constan con un sinfín centra que garantiza un calentamiento uniforme.
- *Secadero en continuo*: las almendras se transportan lentamente por unas bandas de transporte perforadas, por donde fluye aire caliente entre 35 y 50 °C, durante 4 horas. Cuando las almendras pasan de una banda a la siguiente, se voltea y se mueve de manera que el secado sea uniforme.

Posteriormente, se el producto pasa por una etapa de enfriamiento para alcanzar la temperatura de conservación (5-6 °C), para lo cual se introduce una corriente de aire a

temperatura ambiente mediante convección forzada. Debido a que el producto se ha secado previamente, se descartan los métodos de enfriamiento por agua.

- *Enfriamiento por presión de aire:* se produce un gradiente de presión generado por la aspiración del ventilador. Favorece el enfriado homogéneo.
- *Túneles de enfriamiento:* la velocidad de aire es de 1-5 m/s, favoreciendo el enfriado homogéneo en tiempos de cortos. Puede ser continuos o discontinuos. El tiempo de estancia en el producto dependerá de cuánto cuesta bajar la temperatura al producto.

En los días que la temperatura ambiente sea alta, será necesario enfriar el aire previamente. Para ello, el aire tendrá que pasar por un evaporador.

Para el secado se implantarán secaderos tipo Silo/Tolva, que permitan el secado de almendras a bajas temperaturas. Además, debido a su capacidad actuará como depósito de almacenaje de almendras hasta que sean utilizados en la siguiente etapa.

4.3.2. ETAPAS DE PELADO

Si el grano de almendra se destina a la venta con piel, pasa directamente al detector de metales tras lo cual se pesará, envasará y etiquetará. En el caso de comercializar las almendras sin piel, se realizan las etapas de pelado: pelado térmico, selección, clasificación y enfriado.

Fase 1: Pelado térmico

El tegumento es una capa de piel fina por lo que su pelado se puede realizar por diferentes métodos que se describe a continuación:

- Pelado mecánico – pelado por abrasión o fricción: se realiza por el roce del producto con rodillos abrasivos de carborundo o cepillos. Esta superficie abrasiva arranca la piel, por tanto, es necesario la aplicación posterior de agua, normalmente aplicado por duchas, explicado en la fase posterior.
- Pelado térmico – el producto se somete durante un periodo de tiempo a un escalado, que después se reduce rápidamente, de manera que, la piel se rompe lo que facilita la eliminación.

Se va a hacer una explicación más exhaustiva de los escaladores que permiten un pelado térmico y son los métodos más utilizados en el pelado de la almendra. El escaldado es un proceso térmico de corta duración. Generalmente consiste en mantener el producto durante segundos o minutos a temperatura próxima a 75-100 °C. Esta etapa se realiza para facilitar la extracción del tegumento en el repelado.

Una de las técnicas utilizadas es el escaldado en agua caliente que puede ser por:

- *Escaldado por inmersión*: se da en equipos como los enumerados a continuación.
 - *Tambor perforado* que gira lentamente sobre un depósito con agua caliente y a través del cual va pasando el producto que se va escaldando al entrar en contacto con el agua. El tiempo de escaldo se regula mediante la velocidad del tambor.
 - *Túnel* que contiene el agua a través del cual va pasando el producto (arrastrado por paletas o cintas) a una velocidad determinada.
- *Escaldado por vaporización o duchas*: el producto es transportado por una cinta a través del escaldador que está compuesto por una serie de duchas de agua caliente. La mayoría cuenta con sistemas de recuperación de calor, con una sección de pre-calentamiento a la entrada y una sección de enfriado a la salida, en la que se añade agua fría utilizada previamente. El problema de la reutilización es por una posible contaminación cruzada. A este tipo de escaldadores se les denomina *escaldadores cabinplant IBC*. Por otro lado, están los *escaldadores cabinplant BAC*, donde el enfriamiento se realiza con aire frío, consiguiendo el agua se evapore, y con ello también se produzca una reducción de la humedad del producto (Casp, A. et Abril, J., 2003).

Por otro lado, también se puede realizar el escaldado empleando vapor de agua saturado. La ventaja de este sistema es que el consumo de agua es menor que si fuera por escaldado con agua directamente, es más sencilla y eficaz su limpieza. Los principales escaladores de vapor son los siguientes:

- *Escaldadores por túnel*, por el cual el producto se introduce a través de una cinta transportadora y el vapor de agua saturado se inyecta en el interior del túnel por medio de boquillas. Se producen pérdidas energéticas en la entrada y salida del túnel.

- *Escaldadores por vapor con cortinas de agua y escaldadores por vapor con cierre hermético.* En estos equipos lo que se consigue es reducir las pérdidas energéticas en las entradas y salidas. Además, antes de la entrada del túnel se encuentra parte del condensado recuperado que está caliente lo que permite el pre-calentamiento del producto. Mientras que, a la salida ese condensado se almacena para hacer pasar el producto a la salida, disminuyendo su temperatura.
- En productos pequeños se puede utilizar el *escaldado en lecho fluidizado*, donde se produce un calentamiento muy rápido. En este método además de la energía para producir el vapor suministrado, se necesita energía para accionar los ventiladores facilitan la fluidificación del producto.

En la **tabla 14**, se recopila la información relativa al consumo de agua de las diferentes técnicas de escaldado y las mejores técnicas disponibles que se puede aplicar.

Tabla 14. Diferenciación de las técnicas de escaldado respecto al consumo de agua y aguas residuales. Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) a aplicar dependiendo de la técnica. FUENTE: Guías de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de los transformados vegetales.

Técnicas	Inmersión agua	Duchas agua	Vapor + agua	Vapor
Consumo de agua	Medio – Bajo	Medio – Bajo	Bajo	Nulo
Aguas residuales	Caudal medio-bajo Carga alta	Caudal medio – bajo Carga alta	Caudal muy bajo Carga media	Caudal muy bajo Carga media
MTDs	Cambio de vapor Depuración de vertido	Cambio de vapor Depuración de vertido	Cambio de vapor	Reducir pérdidas de energía Aumentar eficacia energética
Cómo aplicar MTDs	<i>Aumento de la eficacia energética:</i> mediante la utilización de sistemas de escaldado con vapor avanzado. ▪ Ventajas: Reduce consumo de agua, caudal de vertido, carga contaminante y menor pérdida nutritiva del producto. ▪ Inconveniente: inversión y gasto energético			

Técnicas	Inmersión agua	Duchas agua	Vapor + agua	Vapor
	<i>Reducción de las pérdidas energéticas:</i> mediante calorifugación de tuberías de conducción del vapor, recuperación de condensados, etc. ▪ Ventajas: ajuste límites vertido ▪ Inconvenientes: inversión y mantenimiento elevados. Producción de fangos a gestionar			
	<i>Depuración del vertido:</i> la depuración de las aguas residuales puede realizarse sobre el vertido final de la empresa (por la suma de todos los vertidos puntuales realizados en las diversas etapas del proceso) o en algunos casos concretos, tras realizar un estudio completo de caracterización de los vertidos por etapas, puede realizarse tratamientos específicos sobre aquellos vertidos puntuales que representen la mayor carga contaminante del vertido final. ▪ Ventajas: menor consumo de vapor			
	<i>Cambio a vapor:</i> la sustitución del escaldado con agua por el escaldado con vapor. ▪ Ventajas: menor consumo de agua ▪ Inconvenientes: inversión elevada			

En el escaldado por agua se producen aguas residuales con una importante carga contaminante. Mientras que en el caso del escaldado por vapor únicamente se genera condensados de vapor de agua que pueden recuperarse (Ministerio de Medioambiente, 2006).

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, intentando minimizar dentro de lo posible la utilización de agua, se va a recurrir a un escaldado por inyección de vapor, el producto se transportará a través de un doble tornillo sin fin mientras pasa por una corriente de vapor que producirá su escaldado.

Para la extracción de tegumento se podría realizar por fracción mecánica, lavado o aspiración de pieles. Lo más utilizado es por lavado.

Aplicando las mejores técnicas disponibles descritas en la guía de transformación en el sector de los vegetales, las aguas residuales generadas si se realizara por lavado podrían reutilizarse para el mismo fin. Si la carga de sólidos presentes es elevada es necesario efectuar una filtración de estos efluentes para retirar los sólidos. Las ventajas

de la reutilización del agua son que se reduce su consumo, pero también el caudal del vertido generado.

En el presente proyecto, para minimizar el uso de agua se va a utilizar un método de extracción por fricción mecánica.

Fase 2: Selección y calibrado

Se produce una clasificación del producto realizando un calibrado por tamaños. Las almendras de calibre mayor de 15 mm se destinarán a comercialización como grano entero y los que tienen menor tamaño se reservarán a la elaboración de palitos, cubitos, láminas y almendra molida. Los métodos a utilizar en esta fase son los descritos anteriormente en la etapa de descascarado (apartado 4.3.1), fase de selección y calibrado.

Fase 3: Enfriado

Debido a que los métodos elegidos en las etapas de pelado no se incorpora agua y con ello no se produce un aumento de la humedad, no requiere de un secado previo. En cambio, para asegurar una buena conservación del producto sí que se tiene que producir un enfriado de este hasta alcanzar la temperatura de almacenaje. Para ello, normalmente se utilizan cámaras de enfriamiento por aire o silos con camisas de enfriado aprovechando los mismos depósitos en los que se va a almacenar el producto hasta la siguiente etapa. Si se quiere producir una disminución de temperatura rápida es preferible emplear túneles de enfriamiento.

Para este procesado se va a elegir un enfriado en silos, que nos permitirá como en la etapa de descascarado, bajar la temperatura y almacenar el producto hasta que sea utilizado en la elaboración de otros productos.

4.3.3. ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

En este apartado se van a describir las etapas para obtener los distintos formatos: palitos, láminas, cubos y almendra molida. Para ello se va a producir una reducción de tamaño con motivo de su presentación comercial. Generalmente para este tipo de trabajo se utilizan fuerzas impacto y cizalla, aplicadas por medio de una arista cortante. En este caso, debido a la precisión en el corte y al tratarse de un producto de pequeñas dimensiones, se descarta la opción de sistema manual. Las técnicas automatizadas más

empleadas son los equipos que constan de cuchillas rotatorias o discos cortantes, que se pueden ajustar dependiendo de la longitud o el grosor del corte requerido (Ministerio de Medioambiente, 2006).

Hay que tener en cuenta que debido a la descompartimentalización y a una mayor exposición con al aire debido al aumento de la relación superficie/volumen tras el proceso de disminución de tamaño, hace que se produzca una pérdida de nutrientes y una reducción de la vida útil, favorecida por las oxidaciones nombradas anteriormente, llegando a producir sabores anómalos.

Los residuos que se generan en esta operación principalmente son residuos orgánicos (trozos, restos de producto, etc.) que se podrían valorizar, optimizando sus características para utilizar para alimentación animal o secar para utilizar como biomasa.

4.3.3.1. ETAPAS DE ELABORACIÓN PALITOS

Los palitos o bastones tienen un aspecto alargado y estrecho que se obtienen por un corte preciso de la almendra, evitando siempre su rotura debido a que la relación altura/anchura es elevado haciendo que sea un producto quebradizo durante su fabricación.

Fase 1: Cortado

En esta fase se produce un corte regular para obtener los bastones con la opción de ajustar su tamaño, ya que normalmente los equipos utilizados constan de diferentes cuchillas y espaciadores para obtener diferentes anchuras en los bastones obtenidos.

Fase 2: Selección y calibrado

Se debe pasar por el producto cortado un tamiz, donde los trozos de menor tamaño o rotos se derivan para la elaboración de almendra molida.

4.3.3.2. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS

En este caso, las láminas tienen una anchura muy fina de 1 ± 1 mm.

Fase 1: Laminado

Esta operación se puede usar la misma cortadora que en la usada para hacer los palitos de almendra empleando espaciador para ajustar las dimensiones requeridas de

anchura. En esta fase se va a emplear de una máquina de corte centrífugo, que consta de impulsores favoreciendo su corte y su precisión.

Fase 2: Selección y calibrado

Igual que en la fabricación de palitos, el producto laminado se tamizará para eliminar el producto obtenido de menor tamaño o roto que se destinará a la elaboración de almendra molida.

4.3.3.3. ETAPAS DE FABRICACIÓN DE CUBOS

En este caso se pretende hacer cubos los más homogéneos posible, con unas dimensiones aproximadamente de 3 ± 2 mm de lado.

Fase 1: Troceado

Dependiendo de la homogeneidad se puede utilizar diferente maquinaria, si la precisión es baja se puede usar una rompedora de almendras que por acción mecánica permita obtener trozos de pequeño tamaño. Si se pretende hacer cubos más precisos se puede utilizar máquinas cortadoras 3D, donde se obtiene un producto homogéneo.

En este caso utilizaremos una rompedora/trocadora donde se aplicará un corte mecánico sobre la almendra para obtener trozos de menor tamaño.

Fase 2: Selección y calibrado

Lo que se pretende en este proceso es hacer una separación por tamaño, en el que los productos con menor tamaño del deseado se destinarán para la producción de almendra molida y los de mayor tamaño pasen otra vez por la etapa de troceado.

4.3.3.4. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA

Al flujo de entrada se suman los flujos másicos que se rechaza en las etapas de selección y calibrado por rotura de los elaborados anteriormente descritos. Para obtener almendra molida se va a realizar una fase de refinado que permitirá reducir el tamaño al deseado y finalmente un tamizado para que el producto final tenga la granulometría deseada.

Fase 1: Refinado

En esta etapa se realiza la molienda de la almendra hasta alcanzar un producto pulverulento. Este proceso se realiza por acción mecánica de rodillos.

Fase 2: Tamizado

El polvo de almendra obtenido debe pasar por un tamiz de 180 micras, de forma que las partículas que tengan un tamaño mayor volverán a la etapa de refinado, repitiendo su procesado.

4.3.4. ETAPAS DE CONTROL, PESADO, ETIQUETADO Y ENVASADO

Fase 1: Pesado, envasado y etiquetado

Los principales clientes son industrias pasteleras u obradores, para los cuales se envasarán los productos en formatos grandes de 12,5 kg y 25 kg. En caso de que las partidas sean destinadas para venta al por menor, se emplearán formatos más pequeños, de 250 gr. Salvo en el caso de la almendra molida que se envasará en formato de 1 kg. El material del envasado serán bolsas de polietileno/polipropileno opacas para evitar la exposición a la luz y que permita un cierre hermético, según lo recogido en el Reglamento (CE) nº 1935/2004 “materiales aptos para estar en contacto con los alimentos”.

Las máquinas llenadoras en este tipo de producto suelen ser verticales, denominadas así debido a la dirección que toma el film en el llenado del envase. Mediante unas correas, el film es arrastrado por el exterior del tubo guía, y por el interior es inyectado el producto a dosificar. Introducido el producto y una vez pesado, se produce al sellado del envase.

La almendra se envasará en condiciones de vacío para así evitar las oxidaciones que se dan en este tipo de productos que los que el contenido oleaginoso es elevado. En estas condiciones y a temperatura ambiente, la vida útil de la almendra está entre 6-12 meses; más baja que en la almendra con cáscara y, además, los productos que se comercializarán han sufrido algún proceso mecánico mediante los cuales se han quitado barreras naturales frente a la oxidación y favoreciendo la descompartmentalización, ocasionando que los nutrientes sean más accesibles a los microorganismos, favoreciendo la degradación química y biológica (García, E., et al.,2024).

Si el envase ya cuenta con el etiquetado correspondiente, las etapas de llenado y etiquetado se realizan de forma simultánea. En caso contrario, una vez envasado el producto se procederá a su etiquetado. La etiqueta tendrá que cumplir con la normativa relacionada con el etiquetado (Reglamento (UE) nº 1169/2011) y las indicaciones obligatorias que incluyan la información del consumidor (**figura 44**).



Figura 44. Embalaje y etiquetado de la almendra laminada.

Fase 2: Detector de metales

Debido a que la mayoría de los productos pasan por etapas de molienda, cortes y laminado puede haber una contaminación física por restos metálicos de cuchillas u otros elementos pueda llegar acabar al producto final. Por ello, esta fase es imprescindible para evitar contaminación física por restos metálicos.

Fase 3: Almacenaje del producto final

Los diferentes formatos comerciales ya envasados se almacenan a temperatura ambiente en estanterías en un almacén separado de la línea de procesado donde se encontrarán toda la maquinaria. El envase no permite la incorporación de humedad

ambiental al producto, por tanto, en esta fase no se controla la humedad. Además, como el producto se envasa a vacío no se puede dar la oxidación lipídica que producía las mayores pérdidas organolépticas del producto.

4.3.5. RECEPCIÓN DE ENVASES

Los envases tienen que ser inocuos ya que no hay ninguna fase posterior al envasado que vaya a eliminar la contaminación aportada por los mismos. La recepción de los envases se realizará por otra entrada a la industria que la entrada de la materia prima (almendra) para evitar que se produzca contaminación cruzada.

Al igual que en la recepción de la materia prima, una vez recepcionados se emitirá un albarán de la entrada de los envases, en el cual se mostrará:

- Material y formatos del envase
- Fecha y hora de recepción
- Cantidad de materia recibida
- Lugar de procedencia (localidad de procedencia)
- Firma del encargado de recepción
- Firma del transportista

Posteriormente se almacenarán a temperatura ambiente en un lugar aislado de la zona de fabricación hasta su utilización. Los envases se almacenarán embalados y nunca en contacto directo con el suelo, paredes ni estanterías, evitando la contaminación cruzada con la superficie. En caso de que en el envase venga adherido el etiquetado final del producto se deberá comprobar que tiene toda la información exigida por la legislación respecto al etiquetado y sea correcta.

4.3.6. ETAPAS PARA LA HOMOGENIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA PARA SU USO COMO BIOMASA

La cáscara de almendra se obtiene tras la fase de descascarado. Como se ha comentado, en esta etapa la cáscara de almendra se ha humedecido para poder extraer mejor la pita sin que se rompa. El elevado grado de humedad de la cáscara es desfavorable para su uso como combustible ya que interesa que tenga la menor cantidad de humedad posible (10-15%) ya que afecta a su poder calorífico. Para otros porcentajes de humedad, se puede aplicar un factor de corrección aproximado como se indica en la **figura 45**.

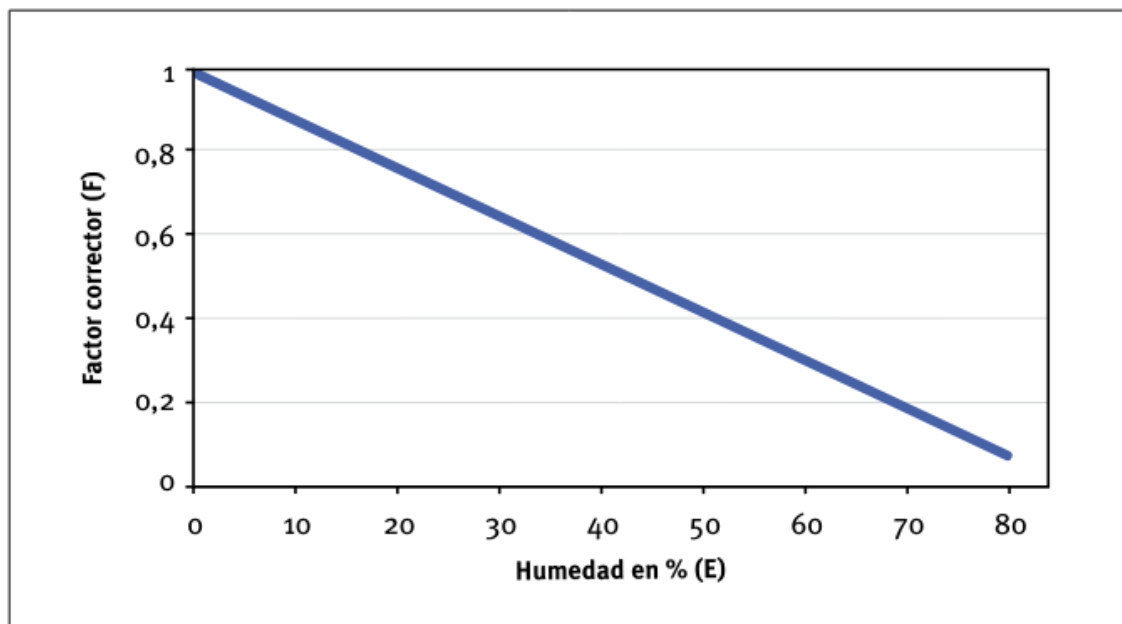


Figura 45. Factor de correlación del poder calorífico en función de la humedad. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA, 2008).

La humedad óptima de la cáscara de almendra para su uso como biocombustible, como hemos indicado anteriormente, tiene que ser menor que el 15%. Para ello se hace un secado al sol de las cáscaras para reducir la humedad a unos valores adecuados.

Otro factor que influye es la granulometría de la cáscara en función de la aplicación. En procesos de pequeña escala por tema de logística y almacenaje se hace un proceso de triturado o molienda que evita además reacciones secundarias. En este caso, ya que se trata de instalaciones de media-gran escala y que en el proceso de descascarado se produce una disminución del tamaño de la cáscara, no se va a realizar ningún triturado.

4.4. ANÁLISIS DE PELIGRO Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS (APPCC)

El sistema APPCC se define como sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos, basándose en la rueda de Deming o ciclo de mejora continua, conocido también como PDCA, acrónimo en inglés de *Plan, Do, Check, Act* (planificar, hacer, verificar, actuar)

El Reglamento (CE) nº 824/2004 obliga a las empresas a implantar y aplicar sistemas de autoridad basados en el APPCC en todos los niveles de la cadena alimentaria a excepción de la producción primaria. Es por ello, que a continuación que se va a hacer una aproximación teórica de lo que sería implantar un sistema APPCC en la industria de transformación de almendra. Constaría de doce etapas, las cinco primeras son etapas previas y las demás etapas son los siete principios del APPCC. Las etapas son las siguientes:

- Formación de un equipo APPCC
- Definir términos de referencia
- Descripción producto e identificación del uso
- Elaboración del diagrama de flujo
- Verificación *in situ* del diagrama de flujo
- Análisis de peligros y medidas de control
- Determinación de los puntos críticos (PCC)
- Establecimiento de límites críticos para PCC
- Establecimiento de medidas correctoras
- Establecimiento de un sistema de verificación
- Establecimiento de un sistema de registro y documentación

Se basa en identificar los peligros que tienen efecto sobre la salud, evaluar su riesgo y saber que severidad tienen si se llegasen a producir. Una vez que se determinan los peligros que son significativos, se establecen medidas preventivas. En este caso, los peligros que puede haber en los productos que se describen en el proyecto pueden ser de naturaleza biológica, química y física.

4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Para ver el alcance del plan primero se hace una descripción del producto, en especial de la información relevante para la inocuidad del producto.

1- Denominación del producto

La denominación del producto como hemos nombrado en el apartado 4.1, en el Reglamento (UE) nº 1169/2011 sobre el etiquetado y la información al consumidor, debido a que no hay ninguna denominación legal se ha usado para la denominación del producto la denominación habitual o descriptiva del producto. Por lo que, la denominación de los productos que se elaboran son: almendra natural, almendra repelada, láminas de almendra, palitos de almendra, cubitos de almendra y almendra molida.

En todos los casos se envasarán en vacío, excepto en el caso de la almendra molida que llevará un envase diferente sin ninguna atmósfera protectora. El tipo de cierre será hermético.

2- Composición del producto

La composición de los productos elaborados es 100% almendra, en caso de que se quiera especificar por beneficio comercial, se incluirá seguido la variedad de la almendra.

3- Características relevantes del producto final

Las características del producto final relevantes para su inocuidad, es la baja humedad de todas las presentaciones descritas. En concreto la actividad de agua (a_w) está alrededor del 0,25-0,35 lo que hace que microbiológicamente sea bastante estable. La vida útil del producto es de 6-12 meses si se conserva en condiciones adecuadas.

4- Criterios químicos

En el Reglamento (UE) nº 2023/915 se recogen el contenido máximo de contaminantes químicos de obligado contaminado y se enumeran en la **tabla 15**.

Tabla 15. Límite máximo de contaminantes químicos en almendras recogidos en el Reglamento (UE) n° 2023/915.

Aflatoxinas	B1	B1, B2, G1 y G2	M1	Observaciones
<i>Almendras, pistachos y huesos de albaricoque que deben someterse a un proceso de selección u otro tratamiento físico antes de su comercialización para el consumidor final o como ingredientes alimentarios</i>	12,0	15,0	-	Si se analizan los frutos de cáscara arbóreos «en su cáscara», al calcular el contenido de aflatoxinas se considera que toda la contaminación se encuentra en la parte comestible
<i>Almendras, pistachos y huesos de albaricoque comercializados para el consumidor final o como ingredientes alimentarios</i>	8,0	10,0	-	Si se analizan los frutos de cáscara arbóreos «en su cáscara», al calcular el contenido de aflatoxinas se considera que toda la contaminación se encuentra en la parte comestible. pistachos y huesos de albaricoque
Ácido cianhídrico	Límite máximo (mg/kg)		Observaciones	
<i>Almendras enteras, trituradas, molidas, machacadas o picadas sin transformar comercializadas para el consumidor final</i>	35		El límite máximo no se aplica a las almendras amargas enteras, trituradas, molidas, machacadas o picadas sin transformar comercializadas para el consumidor final	

Además, debe cumplir los límites máximos de residuos (LMR) de pesticidas (Reglamento (CE) n° 396/2005), alguno de ellos se enumera en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) para la almendra que se recogen en el Reglamento (CE) n° 396/2005.

Residuo de plaguicidas	LMR (mg/kg)
<i>2- fenilfenol</i>	0,01
<i>Dimetomorfo</i>	0,02
<i>Clomazona</i>	0,02
<i>Beflubutamida</i>	0,02
<i>Fenpropidina</i>	0,01
<i>Formetanato</i>	0,01
<i>Tebuconazol</i>	0,05

Tabla 16. Límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) para la almendra que se recogen en el Reglamento (CE) nº 396/2005 (cont.).

Residuo de plaguicidas	LMR (mg/kg)
<i>Fludioxonil</i>	0,01
<i>Clortolurón</i>	0,02
<i>Trinexapac</i>	0,01
<i>Propamocarb</i>	0,01
<i>Bentiavalicarbo</i>	0,02
<i>Forclorfenurón</i>	0,02
<i>Nicosulfurón</i>	0,02
<i>Diclorán</i>	0,01
<i>Dinocap</i>	0,05
<i>Benfluralina</i>	0,02
<i>Ciprodinilo</i>	0,02
<i>Metaldehido</i>	0,05
<i>Metazcloro</i>	0,02
<i>Bifenox</i>	0,01
<i>Diflufenicán</i>	0,01
<i>Flutolanilo</i>	0,01
<i>Espinosad</i>	0,07
<i>Dimoxistrobina</i>	0,01
<i>Metrafenona</i>	0,01
<i>Amidosulfurón</i>	0,01
<i>Halauxifen-metilo</i>	0,05
<i>Flumetralina</i>	0,01
<i>Mandestrobina</i>	0,01
<i>Diclorprop</i>	0,02
<i>Haloxifop</i>	0,01
<i>Orizalina</i>	0,01
<i>Dietofencarb</i>	0,01
<i>Metosulam</i>	0,01
<i>Flonicamid</i>	0,06
<i>Flutriafol</i>	0,02
<i>Pirimicarb</i>	0,02
<i>Protiocanazol</i>	0,02
<i>Teflubenzurón</i>	0,02
<i>Boscalida</i>	0,05
<i>Clotianidina</i>	0,01
<i>Tiametoxam</i>	0,01
<i>Tolclofósmetilo</i>	0,01
<i>Benzovindiflupir</i>	0,01
<i>Dodina</i>	0,01
<i>Glufosinato</i>	0,1

5- Criterios microbiológicos

En este proyecto se van a considerar que los productos elaborados van a estar listos para el consumo, debido a que, aunque alguno se destine para elaboración de otros productos que puedan llevar un tratamiento térmico posterior, como su uso final no está definido y podría llegar a ser consumido sin recibir ningún tratamiento debe cumplir con los criterios microbiológicos de seguridad para alimentos listos para el consumo que se establecen en el Reglamento (CE) nº 2073/2005, y se recogen en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Criterios microbiológicos de seguridad y de higiene del proceso recogidos en el Reglamento (CE) nº 2073/2005.

Criterios de seguridad alimentaria							
Microorganismo	Plan de muestro		Limites		Método de análisis	Fase	
	n	c	M	M			
<i>Listeria monocytogenes</i>	10	0	100 ufc/g		EN/ISO 11290-2	Productos comercializados durante su vida útil	
<i>Salmonella</i>	5	0	No detectado en 25 g		EN ISO 6579-1		
Criterios de higiene de los procesos							
<i>E. coli</i>	5	2	100 ufc/g	1000 ufc/g	ISO 16649-1 o 2	Proceso elaboración	de

4.4.2. ANÁLISIS DE PELIGROS Y DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL CRÍTICOS (PCC) Y PRERREQUISITOS OPERATIVOS (PPRO)

Se define como **análisis de peligros** el proceso de recopilación y evaluación de información sobre los peligros y las condiciones que los originan para decidir cuáles son importantes para la inocuidad de los alimentos y, por tanto, planteados en el Sistema de APPCC. La primera es identificar el peligro (físico, químico o biológico) que se puede añadir o favorecer su desarrollo en cada etapa. Posteriormente hay que hacer una evaluación del riesgo, es decir, decidir si cada peligro potencial determinado es significativo para la seguridad del producto. Para determinar si es significativo se tiene que evaluar la gravedad y probabilidad, y con ello se estimara el riesgo (**figura 46**).

PROBABILIDAD	Elevada	4	4	5	6	7
	Real	3	3	4	5	6
	Baja	2	2	3	4	5
	Muy baja	1	1	2	3	4
			1	2	3	4
			Limitado	Moderado	Grave	Muy grave
EFECTO						

Figura 46. Método semicuantitativo de evaluación de riesgos dependiendo de la severidad y la probabilidad.

Se establecen siete niveles de riesgo, se considera:

- Nivel 1-2: Riesgo bajo por lo que el peligro no es significativo
- Nivel 3-4: Riesgo medio. Se considerará que es un peligro significativo cuando se considere que su control no es suficiente con los prerrequisitos.
- Nivel 5-6-7: Riesgos alto se considera peligro significativo.

Finalmente, se tiene que determinar los **puntos de control crítico (PCC)**. Se define PCC como fase en la que puede aplicarse un control y es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. Se flexibilizo los puntos de control crítico debido a que había peligros que no entraban en la definición, pero sí se necesitaba tomar acciones para reducirlos, es por ello que la ISO 22000/2005 reconoce los **prerrequisitos operativos (PPRO)** definiendo como prerrequisito identificativo el análisis de peligros como esencial para controlar la probabilidad de introducir peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos y/o la contaminación o proliferación e peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos en los productos o en el ambiente de producción. Para establecer si es un PCC o PPRO se utiliza árbol de decisiones como el de la **figura 47**.

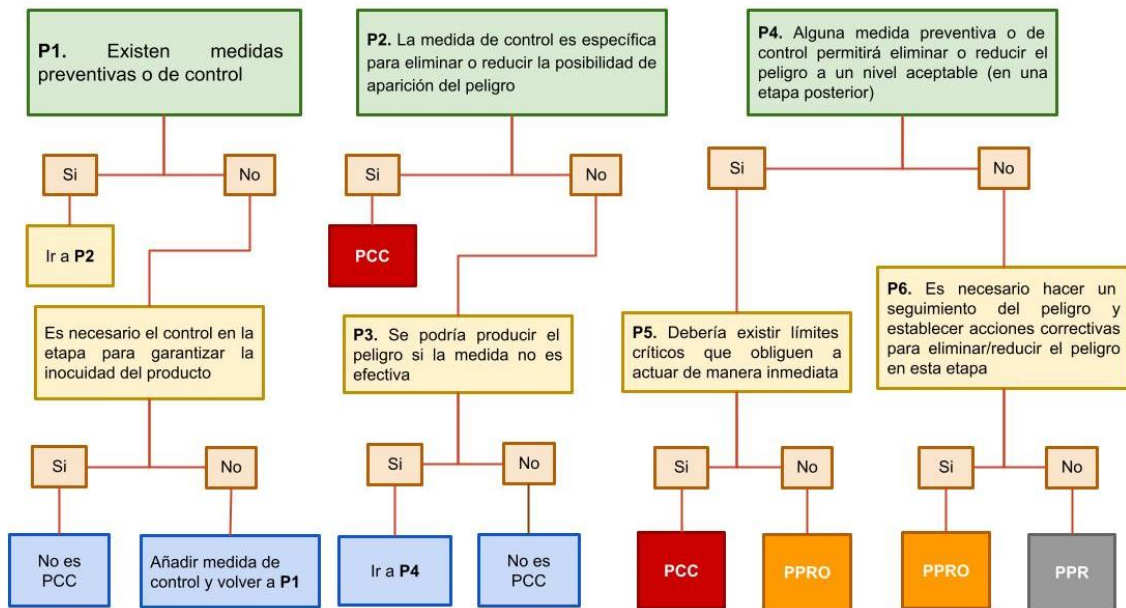


Figura 47. Árbol de decisiones para establecer si la medida de control es un PPR, PPRO o PCC.

Una vez establecidos los criterios para evaluar los peligros y los puntos de control se analiza cada etapa del proceso productivo. A continuación, se concreta el análisis al proceso propuesto en este proyecto:

1- ETAPAS DE DESCASACARADO

Fase 1: Recepción, secado y almacenaje de materias primas

En la etapa de recepción y almacenaje de materias primas se consideran dos peligros significativos de origen biológico (**tabla 18**) por lo que habrá que decidir qué tipo de medidas de control hay que tomar frente dichos peligros con el árbol de decisiones en la **figura 47**.

Tabla 18. Análisis de peligros de la etapa de recepción y almacenaje de materias primas.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Recepción y almacenaje de materias primas			
Biológicos			
1.- Contaminación: <i>Aspergillus spp.</i>	Contaminación en origen	P: Real G: Grave R: Significativo	Homologación de proveedores
2.-Contaminación de parásitos: <i>Capnodis tenebrionis</i> , <i>Eurytoma amigdali</i> E	Contaminación en origen	P: Real G: Moderada R: Significativo	Homologación de proveedores
Contaminación de patógenos ubicuitarios	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos durante el almacenaje	Alta humedad Lesiones	P: Baja G: Grave R: No significativo	Homologación de proveedores Humedad relativa 40-45%
Químicos			
3.- Aflatoxinas	Contaminación en origen	P: Real G: Grave R: Significativo	Homologación de proveedores
Contaminación ambiental (COPS, metales pesados y radiactivos)	Contaminación en origen	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Homologación de proveedores
Contaminación por residuos de plaguicidas	Contaminación en origen	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Homologación de proveedores
Residuos de limpieza y desinfección de los sitios de transporte	Contaminación en origen	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Homologación de proveedores
Residuos de limpieza y desinfección de los silos de almacenaje	Contaminación cruzada	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos no metálicos: - Piedras	Contaminación en origen	P: Baja G: Grave R: No significativo	Homologación de proveedores
Físicos metálicos: - Tornillos de las máquinas agrícolas	Contaminación en origen	P: Baja G: Grave R: No significativo	Homologación de proveedores Detector de metales

En la **tabla 19** se observa que los peligros obtenidos se controlarían con los prerrequisitos, que son una serie de prácticas relacionadas con la higiene y seguridad que se deben cumplir para el buen funcionamiento de la industria. Estos prerrequisitos

implantados en la empresa, hace que los peligros estudiados estén controlados y no se necesite tomar otras medidas para su control.

Tabla 19. Árbol de decisiones de los métodos de control de los peligros significativos de la etapa de recepción y almacenaje de materias primas.

Peligro	ÁRBOL DE DECISIONES						PCC/PPRO
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1.-	SI	NO	SI	SI	-	SI	PPR
2.-	SI	NO	SI	SI	-	NO	PPR
3.-	SI	NO	SI	SI	-	NO	PPR

Fase 2: Mojado

El análisis de peligros para la fase de mojado se muestra en la **tabla 20**.

Tabla 20. Análisis de peligros de la etapa de mojado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Mojado			
Biológicos			
Contaminación de origen fecal: <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>	Contaminación cruzada con el agua	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de aguas
Multiplicación de microorganismos	Tiempo de espera largos Alta humedad	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de productos limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección

Fase 3: Descascarado

El análisis de peligros para la fase de descascarado se muestra en la **tabla 21**.

Tabla 21. Análisis de peligros de la etapa de descascarado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Descascarado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos	Tiempo de espera largos	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

Fase 4: Selección y calibrado

El análisis de peligros para la fase de selección y calibrado se muestra en la **tabla 22**.

Tabla 22. Análisis de peligros de la etapa de calibrado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Selección y calibrado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

Fase 5: Secado y enfriado

El análisis de peligros para la fase de secado y enfriado se muestra en la **tabla 23**.

Tabla 23. Análisis de peligros de secado y enfriado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Secado y enfriado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos	Temperatura y humedad óptima no alcanzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

2- ETAPAS DE REPELADO

Fase 1: Pelado térmico

El análisis de peligros para la fase de pelado térmico se muestra en la **tabla 24**.

Tabla 24. Análisis de peligros de la etapa de escaldado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Pelado térmico			
Biológicos			
Contaminación de origen fecal: <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>	Contaminación cruzada con el agua	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de aguas
Multiplicación de microorganismos	Tiempo de espera largos Alta humedad	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de productos limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección

Fase 2: Selección y calibrado

El análisis de peligros para la fase de selección y calibrado se muestra en la **tabla 25**.

Tabla 25. Análisis de peligros de la etapa de selección y calibrado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Selección y calibrado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

Fase 3: Enfriado

El análisis de peligros para la fase de enfriado se muestra en la **tabla 26**.

Tabla 26. Análisis de peligros de la etapa de enfriado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Enfriado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos	Temperatura y humedad óptima no alcanzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección

Tabla 26. Análisis de peligros de la etapa de enfriado (cont.).

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Enfriado			
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto

3- ETAPAS DE ELABORACIÓN DE PALITOS/LÁMINAS

Fase 1: Cortado/laminado/troceado

El análisis de peligros para la fase de cortado/laminado/troceado se muestra en la **tabla 27**.

Tabla 27. Análisis de peligros de cortado/laminado/troceado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Cortado/laminado/troceado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Contaminación. Microorganismos de origen fecal: <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos	Tiempo de esperas prolongados	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto (cuchillas)	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

Fase 2: Selección y calibrado

El análisis de peligros para la fase de selección y calibrado se muestra en la **tabla 28**.

Tabla 28. Análisis de peligros de la etapa de selección y calibrado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Selección y calibrado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

4- ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA

Fase 1: Refinado

El análisis de peligros para la fase de refinado se muestra en la **tabla 29**.

Tabla 29. Análisis de peligros de la etapa de refinado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Refinado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Multiplicación de microorganismos	Temperatura y humedad óptima no alcanzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección

Tabla 29. Análisis de peligros de la etapa de refinado (cont.).

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Refinado			
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

Fase 2: Tamizado

El análisis de peligros para la fase de tamizado se muestra en la **tabla 30**.

Tabla 30. Análisis de peligros de la etapa de tamizado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Tamizado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Físicos			
Físicos metálicos: Partes metálicas de la máquina en contacto	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Detector de metales

5- ETAPAS DE CONTROL, ENVASADO Y ETIQUETADO

Fase 1: Pesado, envasado y etiquetado

El análisis de peligros para la fase de pesado, envasado y etiquetado se muestra en la **tabla 31**.

Tabla 31. Análisis de peligros de la fase de pesado, envasado y etiquetado.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Pesado, envasado y etiquetado			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Contaminación cruzada	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Contaminación de microorganismos	Contaminación cruzada con los envases	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Homologación de proveedores
Contaminación por plagas (Ratones, insectos, etc.)	Contaminación cruzada que pueda dañar el envase	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de control de plagas
Multiplicación de microorganismos patógenos	Mala realización del vacío	P: Bajo G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de formación del personal
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Residuos de plaguicidas (Control de plagas)	Contaminación cruzada	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección Plan de control de plagas
Migración del envase	Material del envase defectuoso o no apto para estar en contacto con los alimentos	P: Baja G: Grave R: No significativo	Homologación de los proveedores
Físicos			
Físicos no metálicos: restos de plásticos	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas

Fase 2: Detector de metales

Se observa en la **tabla 32** que se consideran un peligro significativo de origen físico en la etapa de detección de metales por lo que habrá que decidir qué tipo de medidas de control hay que tomar frente dichos peligros con el árbol de decisiones en la **figura 47**.

Tabla 32. Análisis de peligros de la etapa del detector de metales.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Detector de metales			
Físicos			
1.- Persistencia de peligros de naturaleza metálica	Fallo en el detector de metales	P: Real G: Grave R: Significativo	Detector de metales Plan de mantenimiento Separación de particular

En este caso, se obtiene que en la fase de detector de metales se produce un peligro significativo, siendo un punto de control crítico como se obtiene en el árbol de decisiones de la **tabla 33**. Por lo que se tendrá que establecer los límites de control y los métodos de vigilancia de dicho punto.

Tabla 33. Árbol de decisiones de los métodos de control de los peligros significativos de la etapa del detector de metales.

Peligro	ÁRBOL DE DECISIONES						PCC/PPRO
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
1.-	SI	SI	-	-	-	-	PCC1F

6- RECEPCIÓN Y ALMACENAJE DE LOS ENVASES

El análisis de peligros para la fase de recepción y almacenaje de envases se muestra en la **tabla 31**.

Tabla 34. Análisis de peligros de la fase de recepción y almacenaje de los envases.

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Recepción y almacenaje de envases			
Biológicos			
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i>	Contaminación en origen de los envases	P: Baja G: Grave R: No significativo	Homologación de proveedores
Contaminación de patógenos ubicuitarios: <i>Listeria monocytogenes</i>	Contaminación cruzada en la zona de almacenaje	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección
Plagas: ratones, cucarachas, etc.	Contaminación cruzada que dañen los envases	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de buenas prácticas Plan de limpieza y desinfección Plan de control de plagas

Tabla 34. Análisis de peligros de la fase de recepción y almacenaje de los envases (cont.).

Peligro	Causa	Riesgo	Medidas preventivas y de control
Recepción y almacenaje de envases			
Químicos			
Residuos de limpieza y desinfección del transporte	Contaminación en origen	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Homologación de proveedores
Residuos de limpieza y desinfección en la zona de almacenaje	Contaminación cruzada	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección
Residuos de plaguicidas (Control de plagas)	Contaminación cruzada	P: Baja G: Moderada R: No significativo	Plan de limpieza y desinfección Plan de control de plagas
Físicos			
Físicos no metálicos: - Restos de las instalaciones	Contaminación cruzada	P: Baja G: Grave R: No significativo	Plan de mantenimiento Plan de buenas prácticas

4.4.3. ESTABLECIMIENTO DE LOS LÍMITES CRÍTERIOS DE ACEPTABILIDAD DEL SISTEMA DE VIGILANCIA DEL CONTROL DE LOS PCC Y DE MEDIDAS CORRECTORAS

Se define como límite crítico aquel que diferencia la aceptabilidad de la inaceptabilidad del proceso en una fase determinada. Por otro lado, está el nivel objetivo que es el valor de un parámetro comprendido dentro de los límites críticos que puede ser utilizado para prevenir que ocurra una desviación, tomando medidas antes de alcanzar el límite crítico.

Tabla 35. Límite crítico de aceptabilidad, sistema de vigilancia y medidas correctoras del punto crítico del detector de metales.

Peligro	Límites críticos	Vigilancia	Medidas correctoras
PCC1F			
Persistencia de peligros de naturaleza metálica	Cualitativo: 1. Detectabilidad de partículas de componentes: - Férricos ($\geq 1,5$ mm) - No férricos (≥ 2 mm) Acero inoxidable (≥ 2 mm) Activación del sistema de alarma al detectarlo con esos criterios 2. Segregación de las partículas con un mecanismo de rechazo (brazo, aire, etc.)	Qué: el correcto funcionamiento del detector Cómo: comprobando con testigos certificados la activación de la alarma y desvío del producto Cuando: al inicio de la jornada, cada 6 horas y al final de la jornada Quién: responsable de producción Dónde: in situ	Producto: inmovilizarlo e identificarlo, separarlo del producto terminado como puede ser en un contenedor distinto y volver a pasar las unidades desde la última vez que se han calibrado (tras una nueva calibración con los testigos) Proceso: restablecer el control, poner fuera de servicio, llamar al de mantenimiento Causas: revisar el plan de mantenimiento, de formación del personal (testigos), investigar cuáles han sido las causas

4.4.4. ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN

Siguiendo la rueda de Deming, una vez planificado las medidas correctoras, hay que comprobar que son eficaces. Para ello hay que diferenciar entre verificación y validación. Se define validación como las pruebas que demuestran que una medida de control o combinación de medidas de control, si se aplican debidamente, son capaces de controlar el peligro de un resultado específico. Es decir, es el conjunto de pruebas que demuestran que una medida de control va a ser eficaz para controlar el peligro significativo en cuestión. La validación son acciones que se llevan a cabo cuando se planifica. Se valida el análisis de peligros, la determinación de los puntos críticos, la justificación de los límites críticos, actividades de vigilancia, medidas correctoras y las actividades de verificación. Se valida haciendo revisiones de informes de auditorías, revisión de informes de validaciones anteriores, revisión de informes de desviaciones y de las quejas de los consumidores.

Por otro lado, la verificación es la aplicación de métodos, procedimientos, pruebas y otras evaluaciones, distintos de la vigilancia, para comprobar el cumplimiento del plan APPCC. Las actividades de verificación se encuentran en la **tabla 36**.

Tabla 36. Actividades de verificación.

¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Registro	
Calibración de los dispositivos de medida (pH-metro, termómetros, etc.)	Comparando con patrones Ajustes / reparación	Laboratorio externo acreditado	Anualmente	Laboratorio externo	Certificado de calibración Etiqueta de calibración	de
Verificación intermedia entre calibraciones si existe riesgo de desajuste	Comparando con patrones propios	<i>In situ</i>	Cuando exista riesgo de desajuste, según proceda	Responsable de calidad	Registro de verificación intermedia	de
Comprobar que se realizan las actividades previstas	Comprobación visual en planta Comprobar los registros que se han generado en la vigilancia	<i>In situ</i>	Mensual	Responsable de calidad	Registro de comprobaciones de proceso	de
Resultados de las auditorías internas	Mediante una revisión de todo el sistema de autocontrol	<i>In situ</i>	Semestral	Empresa externa	Informe de la auditoría	de la
Resultados de las auditorías externas	Revisando resultados de la auditoría	<i>In situ</i>	Cuando se haga la auditoría externa	Responsable de calidad	Registro de las acciones de mejora	de
Ensayos de vida útil	Revisión bibliográfica y de los documentos de los estudios	<i>In situ</i>	Anualmente	Responsable de calidad	Registro de actualización o conformidad	de
Actividades de verificación específicas						
Calibración del detector de metales por parte de una empresa externa	Ajuste según proceda	<i>In situ</i>	Semestral	Fabricante del detector de metales	Registro de calibración del detector de metales	de
Revisión de la cumplimentación de los registros asociados a la etapa del detector de metales	Revisión visual de los registros de vigilancia y observar que las acciones correctoras se han llevado a cabo	<i>In situ</i>	Cada dos semanas	Responsable de calidad	Registro de verificación del detector de metales	de

Otros criterios que hay que verificar son los criterios microbiológicos de seguridad y de higiene (**tabla 17**) y los criterios químicos (**tabla 15 y 16**), anteriormente nombrados.

4.4.5. ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS

Cuando se planifica el sistema APPCC se generan documentación que puede ser: (1) documentación de apoyo, (2) documentación de métodos y procedimientos y (3) cuadros de gestión.

Tabla 37. Sistema de documentación.

Sistema de documentación					
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Registro
Documentación de las etapas previas:					
Descripción del producto					
Diagrama de flujo					
Plano de la planta					
Documentación del análisis de peligro	Firma electrónica	En la carpeta APPCC, una subcarpeta de Documentos	Mensualmente	Responsable de calidad	Comprobación de los documentos analizados
Documentos de descripción de métodos de vigilancia y validación/verificación					
Cuadros de gestión					
Documentación de apoyo: bases bibliográficas consultadas, estudios, etc.					

Los registros se generan tras la vigilancia de cada punto de control, de las desviaciones y medidas correctoras, de verificación/validación y de las modificaciones introducidas en el sistema.

Tabla 38. Sistema de registro.

Sistema de registro					
¿Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Registro
Registros de vigilancia de PCC					
Registro de desviaciones y medidas correctoras	Firma electrónica	En la carpeta APPCC, una subcarpeta de Documentos	Mensualmente	Responsable de calidad	Comprobación de los documentos analizados
Registros de verificación y validación					
Registro de cambios					

5. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

5.1. BALANCE DE MATERIA

La almendra se recepcionará los meses de agosto y septiembre, y se almacenará hasta su uso. Debido a que la capacidad de almacenamiento es de 900.000 kg de almendra se calcula la almendra producida al día para que la almendra recolectada en una campaña se utilice en un periodo de un año como máximo. Para garantizar la mejor calidad a la hora de su uso los silos de almacenaje disponen de control de temperatura y humedad.

A continuación, se calculan los balances de materia de los distintos procesos. En la industria se trabaja con un flujo diario de 3.500 kg de almendra con cáscara. Como cada día se va a realizar una línea de procesado, la base de cálculo para hacer los balances de materia va a ser 3.500 kg.

En la **figura 48** se puede observar el diagrama de flujo con la nomenclatura de cada corriente que se irá nombrado en los siguientes apartados para los cálculos de balance de materia.

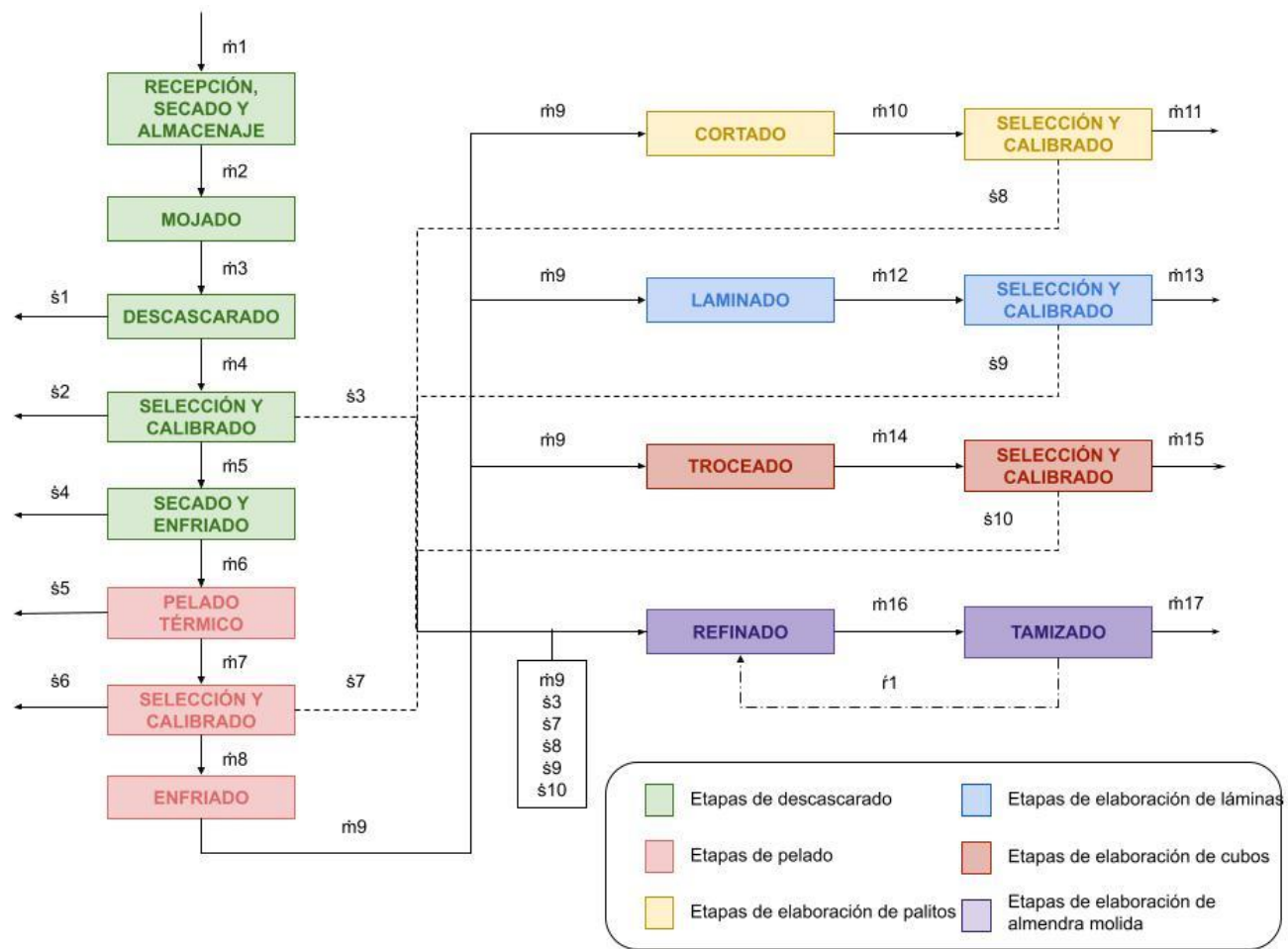


Figura 48. Flujos másicos de la agroindustria propuesta.

5.1.1. ETAPAS DE DESCASCARADO

Las etapas de descascarados se muestran a continuación remarcando los flujos de entrada y de salida de los diversos productos (**figura 49**).

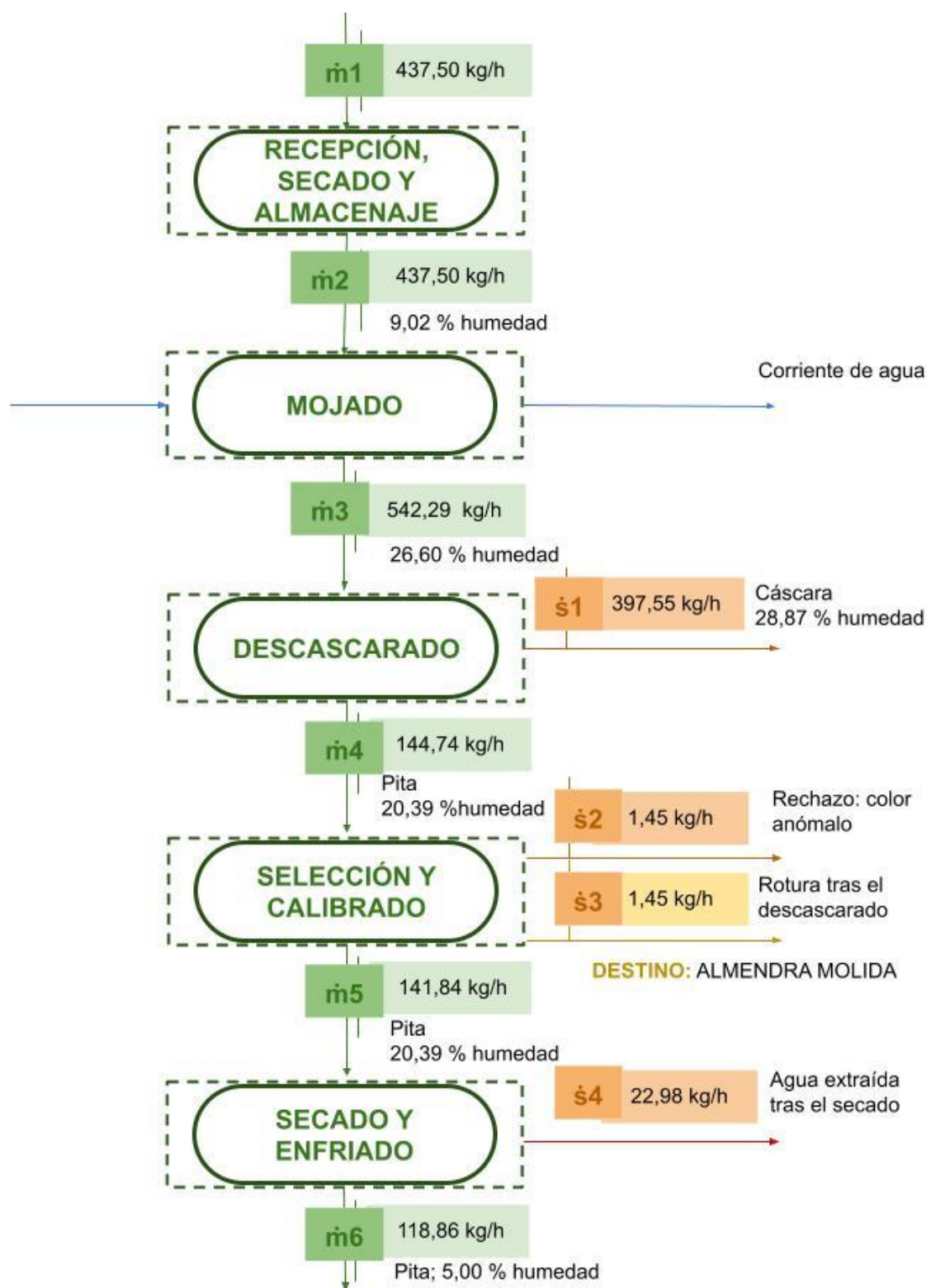


Figura 49. Balance de materia global a las etapas de descascarado.

Fase 1: Recepción, secado y almacenaje

La etapa de recolección de la almendra en la zona de Calatayud se produce a finales del mes de agosto hasta finales de septiembre. La almendra que se estima procesar en un año viene marcada por la capacidad de los silos de almacenaje ya instalados en el polígono industrial de Anión, que cuenta con una capacidad de 300.000 kg/silo, es decir una capacidad total de 900.000 kg.

Como hemos nombrado anteriormente, la vida útil de la almendra si se almacena en condiciones adecuadas es de aproximadamente dos años. En este caso se establecen unos flujos de procesamiento diario, calculando que se quiere tratar la almendra recolectada en un año.

Se determina que cada mes son 21 días laborales, haciendo un reparto de los diferentes días festivos. Por lo que se contará al año con 252 días laborales.

$$900.000 \frac{kg}{año} \times \frac{1 año}{252 días} \approx 3.500 \frac{kg \text{ almendra con cáscara}}{día}$$

La jornada laboral en la fábrica será de 8 horas diarias, por lo que se establece una cantidad de almendra procesada a la hora de:

$$3.500 \frac{kg}{día} \times \frac{1 día}{8 horas laborales} = 437,5 \frac{kg \text{ almendra con cáscara}}{h}$$

Se establece que la almendra almacenada en los silos tiene la humedad óptima, ya sea por que venga de origen o porque se le ha dado un secado previo en los secaderos ya instalados en el polígono.

Considerando la ecuación de balance de materia global:

$$E - S + G - C = A \quad (Ec. 1)$$

Donde, *E*: masa que entra a través de los límites del sistema; *S*: masa que sale a través de los límites del sistema; *G*: masa generada dentro del sistema; *C*: masa consumida dentro del sistema y *A*: masa acumulada dentro del sistema.

Todas las fases que se realizan en la agroindustria son en estado estacionario. Se supone que no se produce acumulación durante la etapa (*A*=0). Además, en esta fase no se genera ni se consume nada, por lo que ecuación Ec.1 se quedaría como:

$$E - S = 0 \text{ (Ec. 2)}$$

Aplicando el balance de materia global la fase 1, quedaría:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \text{ (Ec. 3)}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 437,50 \frac{kg}{h}$$



Figura 50. Balance de materia de la fase 1: recepción, secado y almacenaje.

Fase 2: Mojado

Se realiza un mojado para facilitar la extracción de la semilla, de forma que la fuerza a aplicar sea mínima para que la semilla salga entera y no se produzca roturas. Se introduce en un baño de agua durante 24-48 horas.

Se realizó el estudio de la absorción de agua por la cáscara y por la pita de almendra tras este mojado, ya que delimita las fases siguientes. Por un lado, la humedad captada por la pita delimita la etapa de secado necesaria para obtener unas condiciones de almacenamiento óptimas. La cáscara de almendra como va a utilizarse como biomasa para combustible de los secaderos necesita que tenga una humedad menor del 16%, como se recoge en UNE 164004:2022: “Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de biocombustibles. Cáscaras de frutos” (**tabla 4**). Como se observa en la **figura 44**, el poder calorífico de la cáscara de almendra se reduce cuando la humedad del producto es mayor.

Para establecer la humedad de la pita, así como de la cáscara antes del mojado y tras el mojado, se realiza un secado a 130°C durante una hora y media. El estudio se realizará por duplicado para cada muestra. Se realiza el pesaje de:

- M_0 : Peso, en g de la cápsula, varilla y arena.
- M_1 : Peso, en g de la cápsula, varilla, arena y muestra antes del secado.

- M_2 : Peso, en g de la cápsula, varilla, arena y muestra después del secado.

La humedad se calcula como:

$$\% \text{ humedad} = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Los datos obtenidos se pueden observar en la **tabla 39**, donde se observa un incremento de la humedad en de la cáscara de un 18,49% de humedad alcanzando una humedad final de aproximadamente 28,90%. La humedad tras el mojado es superior a la humedad límite de la cáscara de almendra para el uso como biocombustible, por lo que necesitara un secado previo antes de su utilización para que alcance una humedad inferior del 16%.

También se observa un incremento considerable de la humedad de la pita (+14,87 %), por lo que se necesita una fase posterior al descascarado para reducir la humedad por debajo del 10 % para garantizar su conservación en condiciones óptimas.

Tabla 39. Resultados obtenidos en el estudio de humedad de la almendra (cáscara y pita) sin el proceso de mojado y la almendra tras el mojado.

	Muestra	Peso (g)					%Humedad
		M_0	M_1	M_2	$M_1 - M_2$	$M_1 - M_0$	
Cáscara sin mojado	1	2,0342	3,9375	3,7382	0,1999	1,9033	10,50
	2	2,0226	3,9497	3,7526	0,1971	1,9233	10,25
Cáscara tras mojado	1	2,0365	4,1000	3,5027	0,5973	2,0635	28,94
	2	1,9997	4,0875	3,4864	0,6011	2,0878	28,79
Pita sin mojado	1	1,9937	3,9636	3,8603	0,1033	1,9699	5,25
	2	2,0042	3,9962	3,8800	0,1162	1,9921	5,80
Pita tras el mojado	1	2,0451	4,0137	3,6170	0,3967	1,9686	20,15
	2	2,0433	4,0872	3,6656	0,4216	2,0439	20,63

Aproximadamente la relación en peso de cáscara es de 72,12 % (m/m), por lo que conociendo la humedad de la almendra previo y posterior al mojado se calcula la humedad de la almendra (cáscara + pita), teniendo en cuenta el promedio de los datos obtenidos de humedad.

% humedad sin mojad =

$$= \frac{72,12 \text{ kg de cáscara} \left(10,38 \frac{\text{kg de agua}}{100 \text{ kg de cáscara}}\right) + 27,88 \text{ kg de pita} \left(5,53 \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de pita}}\right)}{100 \text{ kg de almendra (cáscara + pita)}}$$

$$\% \text{ humedad sin mojado} = 9,02 \%$$

Teniendo en cuenta que la humedad que se absorbe la cáscara es mayor que la absorbida por la pita se calcula la proporción de cáscara/pita en peso tras el mojado es la siguiente:

$$72,12 \text{ kg de cáscara sin mojar} \times \frac{89,63 \text{ kg de cáscara en B.S.}}{100 \text{ kg de cáscara}} \\ = 64,69 \text{ kg de cáscara en B.S.}^1$$

$$64,64 \text{ kg de cáscara en B.S.} \times \frac{100 \text{ kg de cáscara en B.H}}{71,14 \text{ kg de cáscara en B.S}} \\ = 90,87 \text{ kg de cáscara en B.H}^2$$

$$27,88 \text{ kg de pita sin mojar} \times \frac{94,48 \text{ kg pita en B.S}}{100 \text{ kg de pita sin mojar}} = 26,34 \text{ kg de pita en B.S}$$

$$26,34 \text{ kg de pita en B.S.} \times \frac{100 \text{ kg de pita en B.H.}}{79,61 \text{ kg de pita en B.S.}} = 33,09 \text{ kg de pita en B.H.}$$

$$\frac{33,09 \text{ kg de pita en B.H.}}{(33,09 \text{ kg de pita en B.H.} + 90,87 \text{ kg de cáscara en B.H.})} \times 100 = 26,69 \% \text{ de pita}$$

$$100,00 - 26,69 = 73,31 \% \text{ de cáscara}$$

La composición de la almendra tras el mojado es de 73,31 % de cáscara y 26,69 % de pita en peso. Por lo que la humedad resultante se calcula a continuación:

¹ B.S. Base seca

² B.H. Base húmeda

% humedad tras el mojado

$$= \frac{90,87 \text{ kg de cáscara} \left(28,87 \frac{\text{kg de agua}}{100 \text{ kg de cáscara}} \right) + 33,09 \text{ kg de pita} \left(20,39 \frac{\text{kg de agua}}{100 \text{ kg de pita}} \right)}{123,95 \text{ kg de almendra (cáscara + pita)}}$$

% humedad tras el mojado 26,60 %

Con los datos de humedad se puede realizar el balance de materia para conocer la humedad absorbida por la almendra tras el proceso de mojado (fase 2).

Balance de material global de la fase 2:

$$\dot{m}_2 + \dot{a}_1 = \dot{a}_2 + \dot{m}_3 \text{ (Ec. 4)}$$

$$437,5 \frac{\text{kg } \dot{m}_2}{\text{h}} + \dot{a}_1 = \dot{a}_2 + \dot{m}_3$$

Balance de materia a la almendra (B.S.):

$$437,5 \frac{\text{kg } \dot{m}_2}{\text{h}} \times \frac{90,98 \text{ kg de almendra (B.S)}}{100 \text{ kg de almendra}} \times \frac{100 \text{ kg } \dot{m}_3}{73,40 \text{ kg de almendra (B.S) tras el mojado}} = 542,29 \frac{\text{kg } \dot{m}_3}{\text{h}}$$

La cantidad de agua captada por la almendra durante la etapa de mojado es de 104,78 kg/h, llegando a tener una humedad tras la etapa de mojado de 26,06 %.

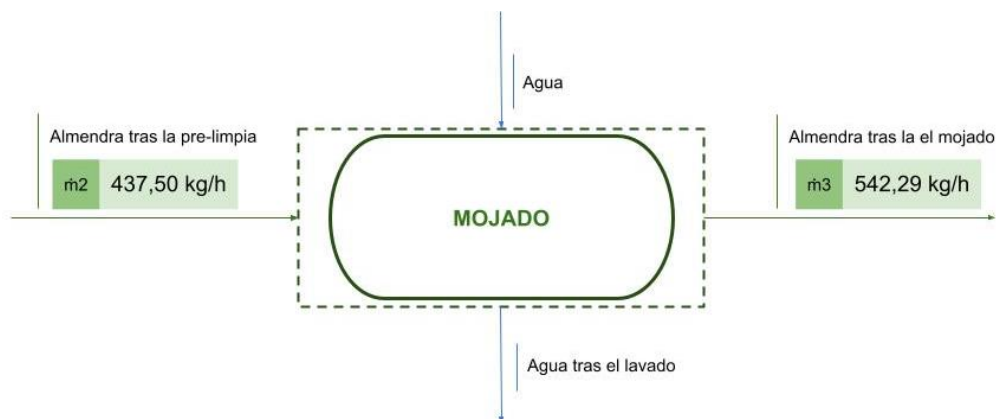


Figura 51. Balance de materia a la fase 2: mojado.

Fase 3: Descascarado

Como se observa en la **tabla 13**, cada variedad de almendra obtiene unos rendimientos en peso de descascarado. Para establecer el valor con el que se van a realizar los cálculos se hace la media de ellos, obteniendo un rendimiento al descascarado de 26,70% de peso en pita.

Balance material global de la fase 3:

En este caso sigue la misma ecuación que la (Ec.2). Es decir, lo que entra es igual a lo que sale.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{s}_1 \text{ (Ec. 5)}$$

Balance de materia a la pita:

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_3 * \frac{26,69}{100}$$

$$\dot{m}_4 = 542,29 \frac{kg}{h} \times \frac{26,69 kg}{100 kg} = 144,74 \frac{kg}{h}$$

$$\text{(Ec. 5); } \dot{s}_1 = \dot{m}_3 - \dot{m}_4$$

$$\dot{s}_1 = 542,29 \frac{kg}{h} - 144,74 \frac{kg}{h} = 397,55 \frac{kg}{h}$$

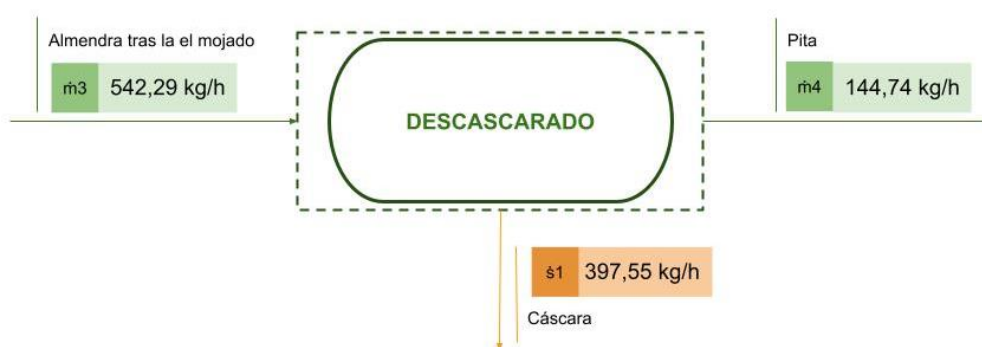


Figura 52. Balance de materia a la fase 3: descascarado.

Fase 4: Seleccionado y calibrado

Se realiza una selección y calibrado por tamaño de las almendras tras el descascarado. Las almendras partidas o rotas tras el descascarado se destinarán para hacer almendra molida. Se estima que las almendras que se han roto durante el proceso son de un 1%.

Además, durante esta etapa se hace una selección de las almendras donde se rechazan las almendras que presentan colores anómalos. Se estima que el porcentaje de rechazo de almendras es de un 1%.

Balance de materia global a la fase 5:

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 + \dot{s}_2 + \dot{s}_3 \text{ (Ec. 6)}$$

Balance de materia a las almendras con color anómalo:

$$\dot{s}_2 = \dot{m}_4 * 0,01$$

$$\dot{s}_2 = 144,74 \frac{kg}{h} \times \frac{1 kg}{100 kg} = 1,45 \frac{kg}{h}$$

Balance de materia almendras rotas:

$$\dot{s}_3 = \dot{m}_4 * 0,01$$

$$144,74 \frac{kg}{h} \times \frac{1 kg}{100 kg} = 1,45 \frac{kg}{h}$$

Despejado de la Ec.6:

$$\text{(Ec. 6); } \dot{m}_5 = \dot{m}_4 - \dot{s}_2 - \dot{s}_3$$

$$\dot{m}_5 = 144,74 \frac{kg}{h} - 1,45 \frac{kg}{h} - 1,45 \frac{kg}{h} = 141,84 \frac{kg}{h}$$



Figura 53. Balance de materia a la fase 4: seleccionado y calibrado.

Fase 5: Secado y enfriado

El objetivo del secado es reducir la humedad de la pita entorno al 5% para reducir la proliferación microbiana durante el almacenaje. Se tiene en cuenta que la humedad de la pita en base húmeda es

Balance materia global a la fase 5. Como en las anteriores fases no se produce acumulación ($A=0$), generación ($G=0$) ni consumo ($C=0$), por lo que la ecuación 2 queda como:

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 + \dot{s}_4 \text{ (Ec. 7)}$$

Balance de materia a la pita (B.S):

$$\dot{m}_5 * \frac{79,61}{100} = \dot{m}_6 * \frac{100}{95}$$

$$\dot{m}_6 = 141,84 \frac{kg}{h} \times \frac{79,61 kg \text{ B.S}}{100 kg} \times \frac{100 kg}{95 kg \text{ B.S}} = 118,86 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec.7, se obtiene el agua eliminada durante la etapa de secado

$$\dot{s}_4 = 141,84 \frac{kg}{h} - 118,86 \frac{kg}{h} = 22,98 \frac{kg}{h}$$



Figura 54. Balance de materia a la fase 5: secado.

Se procesa 437,50 kg de almendra con cáscara a la hora para obtener finalmente 118,86 kg de pita que se utilizará en las siguientes etapas. Dependiendo de la demanda del mercado del momento, se destinará la almendra para comercializar sin realizar el pelado

o seguir el procesado para obtener los diferentes productos que se realizan en la industria.

Se obtiene 397,55 kg de cáscara de almendra a los que se realiza un secado al sol para reducir la humedad a la óptima para usarla como biocombustible para la etapa de secado.

5.1.2. ETAPAS DE PELADO

Para realizar los balances de materia del pelado se va a tener en cuenta que toda la almendra que se ha obtenido tras las etapas de descascarado en una hora se va a realizar el pelado (118,86 kg/h). El balance de materia global a todo el proceso de pelado de la almendra se observa en la **figura 55**. A continuación se detallará para cada una de las fases indicadas considerando que las etapas se realizan en estado estacionario (no habrá acumulación) y no se producen reacciones químicas (no se genera ni se consume materia); por tanto, la masa que entra en el volumen de control considerada ha de ser la misma que sale.

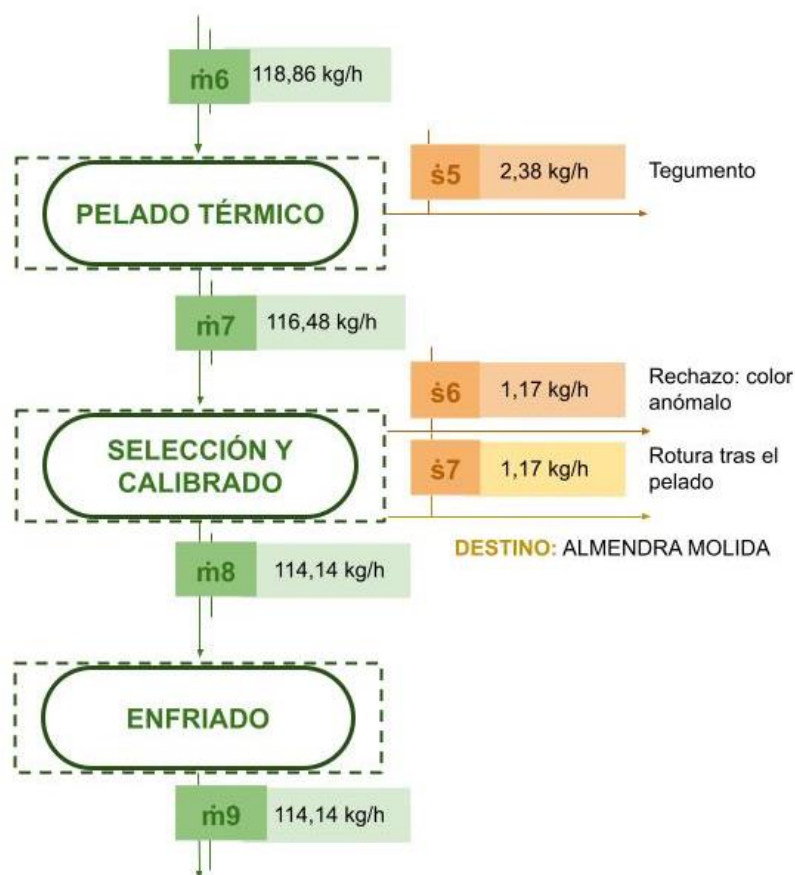


Figura 55. Balance de materia global a las etapas de pelado.

Fase 1: Pelado térmico

El pelado se va a realizar aplicando un escaldado por vapor que produzca el ablandamiento y la separación del tegumento de la pita. Al realizarse un escaldado por vapor se considera que la pita no capta humedad por lo que en esta fase no se produce variación de la materia.

En esta fase se extrae el tegumento tras aspiración de las pieles que se quedan adheridas en la pita. El peso de tegumento respecto al total de la pita se establece cerca de un 2%.

Balance de materia global a la fase 1:

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_7 + \dot{s}_5 \text{ (Ec. 8)}$$

Balance de materia al tegumento extraído:

$$\dot{m}_6 \times \frac{2}{100} = \dot{s}_5$$

$$118,86 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{2 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} = 2,38 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Despejando de la Ec.8:

$$\dot{m}_7 = 118,86 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 2,38 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 116,48 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

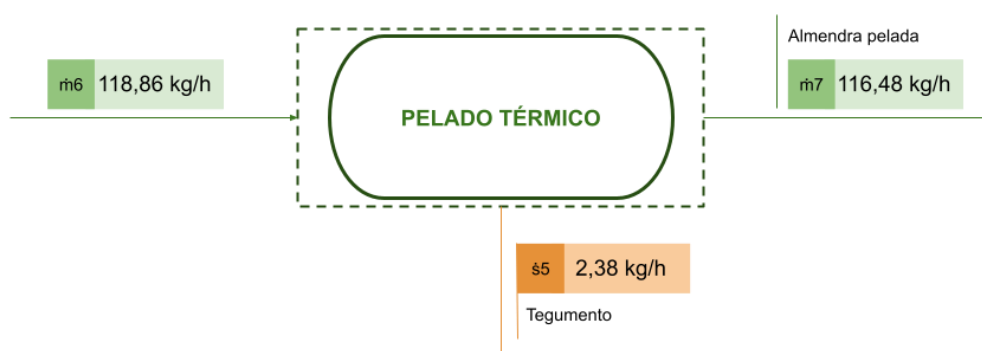


Figura 56. Balance de materia a la fase 1: pelado térmico.

Fase 2: Seleccionado y calibrado

Como en el caso del descascarado se realiza el calibrado por tamaño de las almendras tras la extracción de tegumento. Las almendras partidas o rotas tras la extracción se destinarán para hacer harina de almendra. Se estima que el porcentaje de rotura es del 1%.

Además, durante esta etapa se hace una selección de las almendras donde se rechazan las almendras que presentan colores anómalos. Se estima que el porcentaje de rechazo de almendras es de un 1%.

Balance de materia global a la fase 2:

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_8 + \dot{s}_6 + \dot{s}_7 \text{ (Ec. 9)}$$

Balance de materia a las almendras con color anómalo:

$$\dot{s}_6 = \dot{m}_7 \times \frac{1}{100}$$

$$\dot{s}_6 = 116,48 \frac{kg}{h} \times \frac{1 kg}{100 kg} = 1,17 \frac{kg}{h}$$

Balance de materia a la almendra rechazada por rotura:

$$\dot{s}_7 = \dot{m}_7 \times \frac{1}{100}$$

$$\dot{s}_7 = 116,48 \frac{kg}{h} \times \frac{1 kg}{100 kg} = 1,17 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec.9:

$$\dot{m}_8 = 116,48 \frac{kg}{h} - 1,17 \frac{kg}{h} - 1,14 \frac{kg}{h} = 114,14 \frac{kg}{h}$$



Figura 57. Balance de materia a la fase 2: seleccionado y calibrado.

Fase 3: Enfriado

Durante la fase de enfriado no se produce ninguna variación de la materia, por lo que se considera que el peso de la almendra ya pelada no se ve modificada.

Balance de materia global a la fase 3:

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 \text{ (Ec. 10)}$$

$$114,14 \frac{kg}{h} = 114,14 \frac{kg}{h}$$



Figura 58. Balance de materia a la fase 3: enfriado.

La variación de materia durante las etapas de pelado es de un 3,97 % del peso que se debe a la extracción del tegumento y eliminar almendras anómalas que no tienen un aspecto óptimo de calidad para la venta al consumidor.

5.1.3. ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Se diferencian cuatros productos que se realiza una reducción de tamaño. Se va a considerar que el flujo de salida del pelado (114,14 kg/h) va a ser el que entre en la línea de cada producto, depende de la demanda de mercado de cada producto se destinara la almendra obtenida durante de las etapas de pelado a la línea del producto que se desee procesar.

5.1.3.1. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE PALITOS, LAMINAS Y CUBOS

Se va a realizar el balance de materia de los tres procesos debido a que el proceso es similar. Se diferencian en que la fase 1 de cada proceso se realiza un corte diferente para obtener la forma final del producto final (palito-cortado, lamina-laminado, cubo-troceado).

En la **figura 59, 60 y 61** se puede observar el balance de materia global de las etapas de obtención de palitos, laminas y cubos.

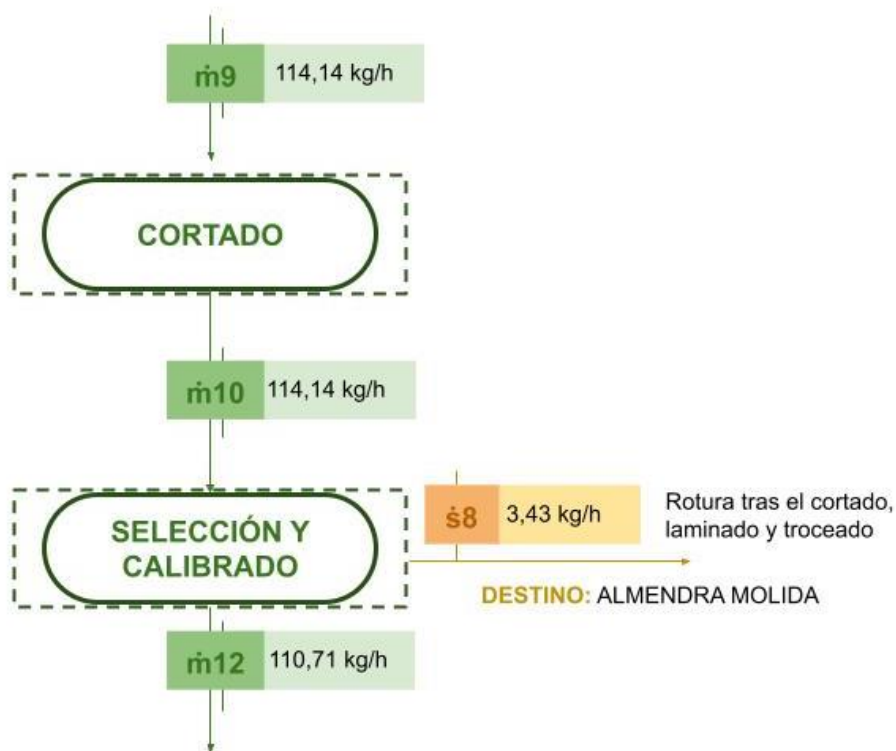


Figura 59. Balance de materia global para las etapas de elaboración de palitos.

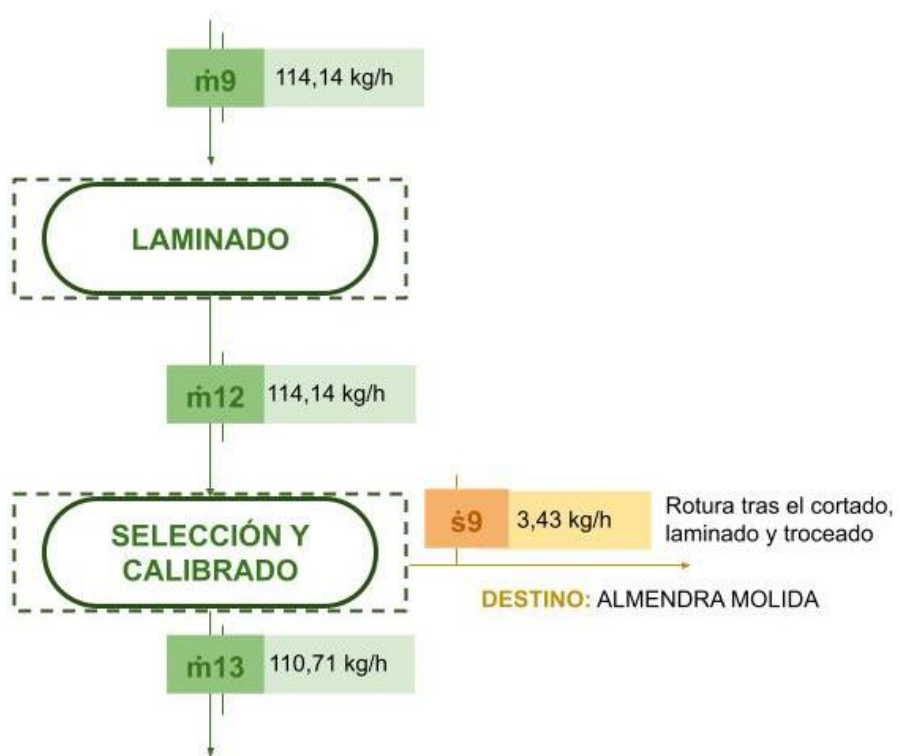


Figura 60. Balance de materia global para las etapas de elaboración de láminas.

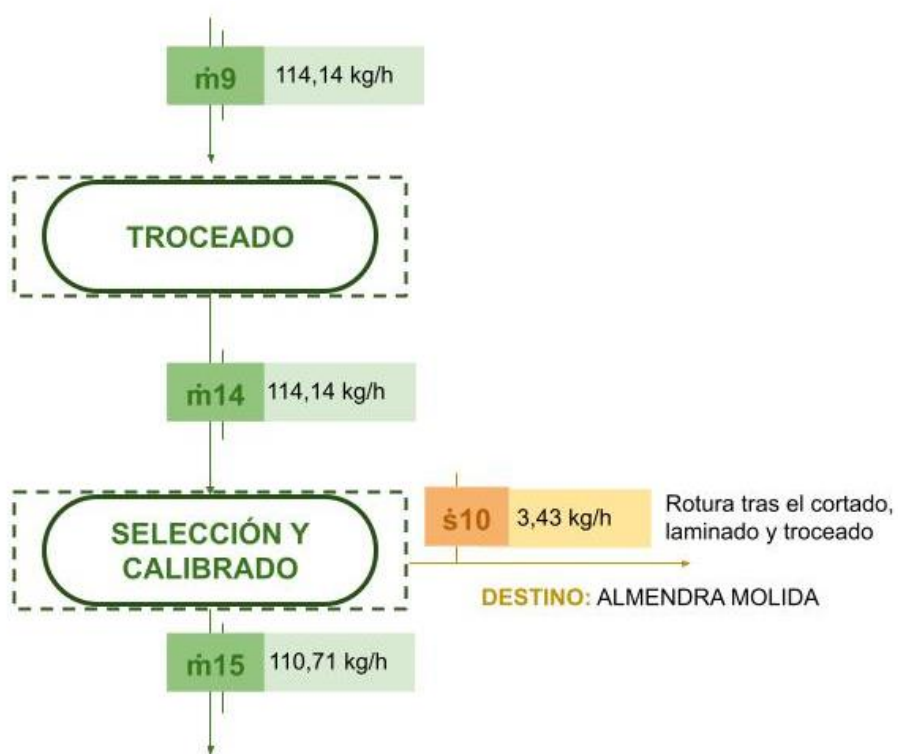


Figura 61. Balance de materia global para las etapas de elaboración de cubos.

Fase 1: Cortado, laminado o troceado

Durante esta fase no se produce variación de la masa, por lo que se considera que el flujo de entrada es el igual al flujo de salida.

Balance de materia global a la fase 1:

$$\dot{m}_9 = \dot{m}_{10} = \dot{m}_{12} = \dot{m}_{14} \text{ (Ec. 11)}$$

$$\dot{m}_{10} = 114,14 \frac{kg}{h}$$



Figura 62. Balance de materia a la fase 1: cortado, laminado o troceado.

Fase 2: Seleccionado y calibrado

Se estima en un 3% el producto que se ha producido rotura durante la etapa de cortado, laminado o troceado por lo que se rechaza y se utilizara para producir almendra molida.

La corriente depende de la que producto se está produciendo finalmente.

1) Elaboración de palitos

Balance de materia global a la fase 2 de elaboración de palitos:

$$\dot{m}_{10} = \dot{m}_{11} + s_8 \text{ (Ec. 12)}$$

Balance de materia a los palitos rechazados por rotura:

$$s_8 = \dot{m}_{10} \times \frac{3}{100}$$

$$s_8 = 114,14 \frac{kg}{h} \times \frac{3 \text{ kg}}{100 \text{ kg } \dot{m}_{10}} = 3,43 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec.12:

$$m\dot{11} = 114,14 \frac{kg}{h} - 3,43 \frac{kg}{h} = 110,71 \frac{kg}{h}$$

2) Elaboración de láminas

Balance de materia global a la fase 2 de elaboración de láminas:

$$m\dot{12} = m\dot{13} + s\dot{9} \text{ (E. 13)}$$

Balance de materia a las láminas rechazadas por rotura:

$$s\dot{9} = m\dot{12} \times \frac{3}{100}$$

$$s\dot{9} = 114,14 \frac{kg}{h} \times \frac{3 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} = 3,43 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec. 13:

$$114,14 \frac{kg}{h} - 3,43 \frac{kg}{h} = 110,71 \frac{kg}{h}$$

3) Elaboración de cubos

Balance de materia global a la fase 2 de elaboración de cubos:

$$m\dot{14} = m\dot{15} + s\dot{10} \text{ (Ec. 14)}$$

Balance de materia a las láminas rechazadas por rotura:

$$s\dot{10} = m\dot{14} \times \frac{3}{100}$$

$$s\dot{10} = 114,14 \frac{kg}{h} \times \frac{3 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} = 3,43 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec.14:

$$m_{15} = 114,14 \frac{kg}{h} - 3,43 \frac{kg}{h} = 110,71 \frac{kg}{h}$$



Figura 63. Balance de materia a la fase 2: seleccionado y calibrado.

La variación que se produce en las etapas para la obtención de palitos, laminas y cubos se debe a la rotura o productos defectuosos debido a que no obtienen la forma adecuada.

5.1.3.2. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA

Durante las etapas de selección y calibrado las almendras que eran de menor tamaño o se había producido durante el procesado una rotura se destinan para hacer almendra molida que se suma al flujo de entrada de almendra pelada que se obtiene en una hora y que se considera que se va a procesar completamente para obtener almendra molida.

El balance de materia global de las etapas de elaboración de almendra molida se recoge en la **figura 64**. Se trata de fases que operan en estado estacionario en las que no hay reacciones químicas, por tanto, la materia que entra al volumen de control ha de ser la misma que la que sale.

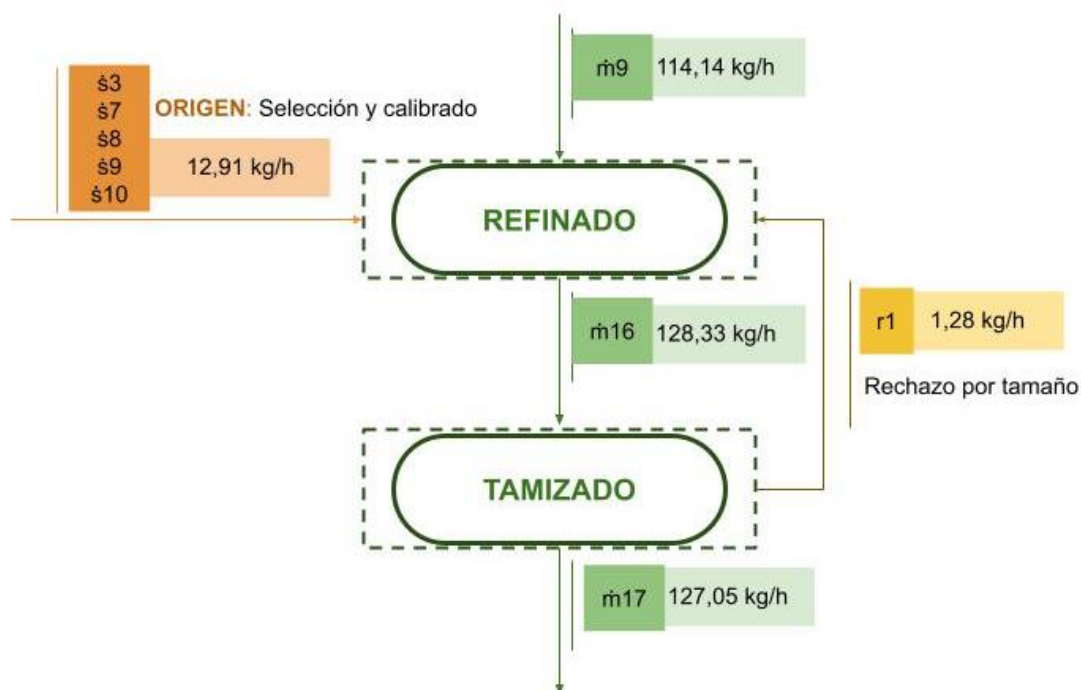


Figura 64. Balance de materia global para las etapas de elaboración de almendra molida.

Fase 1: Refinado

Lo que se realiza en esta fase es una molienda de la almendra para obtener un producto final pulverulento similar a la harina comercial. Como hemos indicado para tener en cuenta el flujo de entrada total se tiene que sumar el flujo de entrada que procede del proceso de las etapas de pelado y la almendra que se rechazó por tamaño o rotura durante las fases de selección y calibrado de las distintas etapas, y que se utilizara también para obtener finalmente la almendra molida. Además, se debe tener en cuenta que en la siguiente fase que es la de tamizado se estima que un 1% no pasar el tamiz y se volverá a la etapa de refinado (corriente recirculada).

Tabla 40. Flujos de entrada al refinado.

<i>Etapas</i>	<i>Fase</i>	<i>Corriente másica</i>	<i>kg/h</i>
Descascarado	Selección y calibrado	s3	1,45
Pelado	Selección y calibrado	s7	1,17
	Enfriado	m9	114,14
Elaboración de palitos, laminas y cubos	Selección y calibrado	s8	3,43 x 3 (de cada
		s9	elaboración palitos, cubos y
		s10	láminas)

Tabla 40. Flujos de entrada al refinado (cont.).

<i>Etap</i> a	<i>Fase</i>	<i>Corriente másica</i>	kg/h
Elaboración de almendra molida	Tamizado	$\dot{r}1$	0,01 x Flujo de salida del tamizado

Balance de material global:

En este caso no se produce acumulación ($A=0$), generación ($G=0$) ni consumo ($C=0$), por lo que el flujo másico de entrada es igual al flujo másico de salida, como se indica en la ecuación Ec.15.

$$\dot{m}16 = \dot{m}9 + \dot{s}3 + \dot{s}7 + \dot{s}8 + \dot{s}9 + \dot{s}10 + \dot{r}1 \text{ (Ec. 15)}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}16 &= 114,14 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 1,45 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 1,17 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 3,43 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 3,43 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 3,43 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \\ &+ \dot{m}16 \times \frac{1 \text{ kg } \dot{r}1}{100 \text{ kg } \dot{m}16} \end{aligned}$$

$$\dot{m}16 = 128,33 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

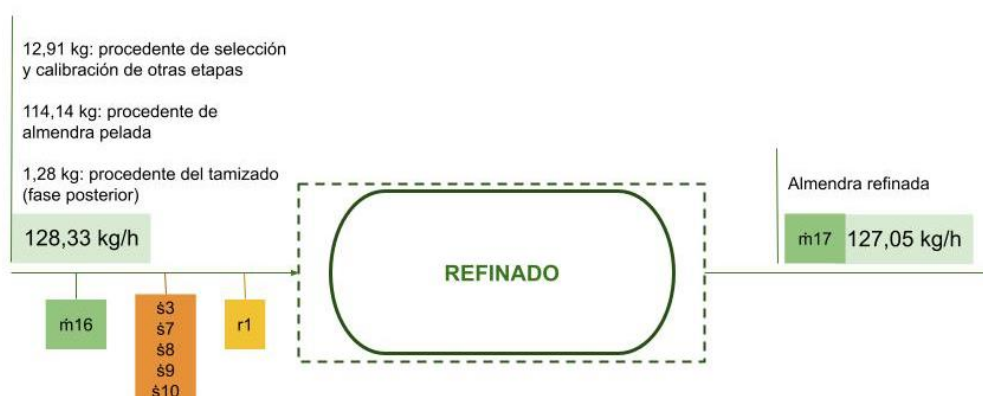


Figura 65. Balance de materia a la fase 1: refinado.

Fase 2: Tamizado

Se va a realizar un tamizado para rechazar las partes que tiene un tamaño superior a las 180 micras. Se estima, como hemos nombrado anteriormente, en un 1% lo que se va a volver a la fase de refinado para conseguir la granulometría que se quiere conseguir.

Balance de materia global a la fase 2 de tamizado:

$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_{17} + \dot{r}_1 \text{ (E. 16)}$$

Balance de materia a lo recirculado:

$$\dot{r}_1 = \dot{m}_{16} \times \frac{1}{100}$$

$$\dot{r}_1 = 125,79 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} = 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Despejando de la Ec. 16:

$$\dot{m}_{17} = 128,33 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 127,05 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

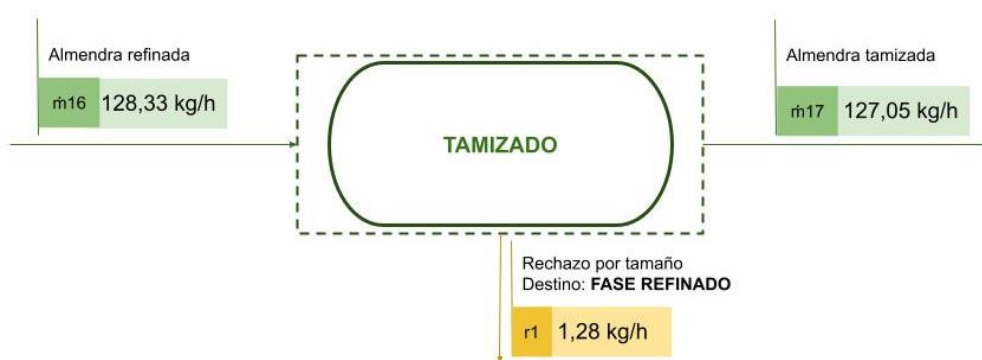


Figura 66. Balance de materia a la fase 2: tamizado.

5.1.4. ETAPAS PARA LA HOMOGENIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA PARA SU USO COMO BIOMASA

La cáscara de almendra tras el descascarado tiene una humedad aproximadamente de 28,87%. Como se puede observar en la **figura 45**, el poder calorífico se reduce cuando la humedad de la cascara aumenta. Es por ello, que se va a producir un secado al sol, donde se quiere que la humedad se reduzca más del 15%. Para ello se realizó un secado al sol de la cáscara durante 44 hora obteniendo los resultados que se recogen en la **tabla 41**.

Tabla 41. Resultados obtenidos en el estudio de humedad de la cáscara tras el proceso de secado al sol.

	Muestra	M0	M1	M2	M1-M2	M1-M0	%Humedad
Cáscara tras el secado	1	2,0264	4,0985	3,8155	0,2830	2,0721	13,60
	2	2,0057	4,0850	3,8825	0,2025	2,0793	9,70

Se observa que con un secado al sol durante 44 horas la humedad se ve reducida a más del 15 %. Hay que tener en cuenta que al ser un proceso que depende de las condiciones climáticas se puede ver el porcentaje variado, por lo que los cálculos se van a efectuar de forma que la humedad obtenida tras el secado es del 15%. Durante el proceso se medirá de forma diaria la humedad obtenida para garantizar que la humedad a llegado al valor deseado o sea menor.

Balance de materia global al proceso de secado al sol tras 44 horas (no se considera término de acumulación ni reacciones químicas):

$$\dot{s}_1 = \dot{s}_{11} + \dot{g}_1 \text{ (Ec. 17)}$$

Balance de materia a la cáscara (B.S):

$$\dot{s}_1 \times \frac{71,13}{100} = \dot{g}_1 \times \frac{85}{100}$$

$$\dot{g}_1 = 397,55 \frac{kg}{h} \times \frac{71,13 \text{ kg cáscara BS}}{100 \text{ kg}} \times \frac{100 \text{ kg}}{85 \text{ kg cáscara BS}} = 332,68 \frac{kg}{h}$$

Despejando de la Ec.17:

$$\dot{s}_{11} = 397,55 \frac{kg}{h} - 332,68 \frac{kg}{h} = 64,87 \frac{kg}{h}$$



Figura 67. Balance de materia al secado al sol de la cáscara.

La cantidad de cáscara de almendra para el uso como biomasa (15% humedad) anual se estima en:

$$\dot{g}_1 = 332,68 \frac{kg}{h} \times \frac{8 h}{1 día} \times \frac{252 día}{1 año} = 670.682,88 \frac{kg}{año}$$

Se tendrá que evaluar si la cantidad de cáscara que se obtiene anualmente es suficiente para los requerimientos energéticos del secado de la pita en las etapas descascarado.

Para obtención de los resultados se utilizó el programa EES, como se muestra a continuación. Obteniendo finalmente los resultados que se recogen en la **tabla 44**.

$$m_1 = 437,5 \text{ [kg/h]}$$

Balance de materia: recepción, secado y almacenaje

$$E-S+G-C=A; A=0; G=0; C=0; E-S=0; E=S$$

$$m_1 = m_2$$

Balance de materia: mojado

humedad de la almendra en la corriente m_2 : 9,02%

humedad de la almendra en la corriente m_3 : 26,60 %

Balance de materia a la almendra (base húmeda)

$$m_2 \cdot (1 - 0,0902) \cdot \left[\frac{1}{1 - 0,266} \right] = m_3$$

Balance de materia: descascarado

Porcentaje en masa de pita: 26,69%

$$m_3 = m_4 + s_1$$

$$m_4 = m_3 \cdot 0,2669$$

Balance de materia: selección y calibrado

$$m_4 = m_5 + s_2 + s_3$$

$$s_2 = m_4 \cdot 0,01$$

$$s_3 = m_4 \cdot 0,01$$

Balance de materia: secado y enfriado

humedad en m_5 : 20,39%

humedad en m_6 : 5,00 %

Balance al agua

$$m_5 \cdot 0,2039 = m_6 \cdot 0,05 + s_4$$

Balance a la almendra (base seca)

$$m_5 \cdot (1 - 0,2039) = m_6 \cdot (1 - 0,05)$$

Balance de materia: pelado térmico

$$m_6 = m_7 + s_5$$

$$s_5 = m_6 \cdot 0,02$$

Balance de materia:seleccion y calibrado

$$m_7 = m_8 + s_6 + s_7$$

$$s_6 = m_7 \cdot 0,01$$

$$s_7 = m_7 \cdot 0,01$$

Balance de materia: enfriado

$$m_8 = m_9$$

Etapas de elaboración de palitos

Balance de materia: cortado

$$m_9 = m_{10}$$

Balance de materia: selección y calibrado

$$m_{10} = m_{11} + s_8$$

$$s_8 = m_{10} \cdot 0,03$$

Etapas de elaboración de laminas

Balance de materia: laminado

$$m_9 = m_{12}$$

Balance de materia: selección y calibrado

$$m_{12} = m_{13} + s_9$$

$$s_9 = m_{12} \cdot 0,03$$

Etapas de elaboración de cubitos

Balance de materia: troceado

$$m_9 = m_{14}$$

Balance de materia: selección y calibrado

$$m_{14} = m_{15} + s_{10}$$

$$s_{10} = m_{14} \cdot 0,03$$

Etapas para la obtención de almendra molida

Balance de materia: refinado

$$m_{10} + s_3 + s_7 + s_8 + s_9 + s_{10} + r_1 = m_{16}$$

Balance de materia: tamizado

$$m_{16} = r_1 + m_{17}$$

$$r_1 = m_{16} \cdot 0,01$$

Figura 68. Ecuaciones planteadas en el programa EES para calcular el balance de materia.

Tabla 42. Resultados obtenidos en el programa EES de los flujos másicos del balance de materia global de la agroindustria.

	m_i [kg/h]	s_i [kg/h]	r_i [kg/h]
1	437,5	397,5	1,283
2	437,5	1,447	
3	542,3	1,447	
4	144,7	22,98	
5	141,8	2,377	
6	118,9	1,165	
7	116,5	1,165	
8	114,2	3,425	
9	114,2	3,425	
10	114,2	3,425	
11	110,7		
12	114,2		
13	110,7		
14	114,2		
15	110,7		
16	128,3		
17	127		

5.2. BALANCE DE ENERGÍA

En el presente apartado se van a realizar el balance de energía en las fases que se requiera aporte de calor para transformar el producto, y consecuentemente el cálculo de la necesidad caloríficas y pérdidas de calor a través de dichos equipos. Estos cálculos permiten decidir el tipo de caldera necesaria para cubrir la demandad energética.

Además, debido a que en el secadero se va a utilizar la cáscara extraída en la fase de descascarado como biomasa para el aporte de calor, se quiere estimar si con la cantidad de cáscara obtenida es suficiente para llevar a cabo el procesado durante una campaña.

En el procesado hay dos fases en las que hay que realizar aporte de calor: secado (etapa de descascarado) y escaldado (etapas de pelado).

5.2.1. BALANCE DE ENERGÍA A LA FASE DE SECADO

Como hemos nombrado anteriormente, el objetivo de esta fase es el aporte de calor para reducir la humedad a la óptima de conservación ($5,00 \pm 1,00 \%$). Para ello, la pita de almendra obtenida tras el descascarado se va a introducir en silos donde se va a incorporar aire a $32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El calor aportado se obtiene de la combustión de las cáscara de almendras tras el secado al sol. El poder calorífico inferior (PCI) de la cáscara de almendra cuando la humedad es de 15% es de 3.690 kcal/kg (IDEA, 2008), valor que se va a utilizar para efectuar los cálculos. Otro de los datos que necesitaremos son el calor específico de la almendra y del aire. Para calcular el calor específico de la almendra lo calcularemos con la correlación de Siebel para materias con grasa que se observa a continuación:

$$C_p = 1674,72 F + 837,36 SNF + 4186,80 M \left[\frac{J}{kg\text{ }^{\circ}K} \right]$$

Donde F es la fracción en masa de grasa, SNF es la fracción en masa de sólidos no grasos y M es la fracción en masa de agua.

Por lo que se va a calcular el calor específico de la almendra antes del secado y después del secado, debido a que va a variar el contenido al producirse una reducción de la fracción másica del agua. Para saber la concentración se va a utilizar la los datos de la **tabla 1**, y se va a hacer una correlación para obtener las fracciones másicas de la almendra cuando entra al secadero y tras el secado (**tabla 43**).

Tabla 43. Fracción másica ajustado para el contenido de agua de cada flujo.

	Datos tabla 1	Antes del secado	Tras el secado
<i>F</i>	0,5350	0,4665	0,5567
<i>SNF</i>	0,3780	0,3296	0,3933
<i>M</i>	0,0870	0,2039	0,0500

Obtenidos estos datos y con la correlación de Siebel se puede calcular el calor específico de la pita de almendra antes y después de secado.

$$\begin{aligned}
 Cp_{m5} &= 1674,72 * 0,4665 + 837,36 * 0,3296 + 4186,80 * 0,2039 \\
 &= 781,26 + 275,99 + 853,69 = 1910,94 \left[\frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cp_{m6} &= 1674,72 * 0,5567 + 837,36 * 0,3933 + 4186,80 * 0,0500 \\
 &= 932,32 + 329,33 + 209,34 = 1470,99 \left[\frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} \right]
 \end{aligned}$$

Los datos de calor específico que vamos a utilizar para realizar los cálculos son los que se recogen en la **tabla 44**:

Tabla 44. Calores específicos de los distintos componentes que influyen en los balances de energía.

	Calor específico (<i>Cp</i> , KJ/kg °K)
Aire seco (<i>Cp_a</i>)	1,00
Pita antes del secado (<i>Cp_{m5}</i>)	1,91
Pita tras el secado (<i>Cp_{m6}</i>)	1,47
Vapor de agua (<i>Cp_{vapor}</i>)	2,86

Otro dato que influye para el secado es la humedad del aire y la temperatura que entra a la corriente de secado, para ello se han calculado los valores medios anuales de 2023, teniendo en cuenta que es una variable que depende de factores climáticos que fluctúan constantemente (**figura 69**). Los valores que se van a utilizar para realizar son 12,00 °C de temperatura media y 60,00 % de humedad relativa.

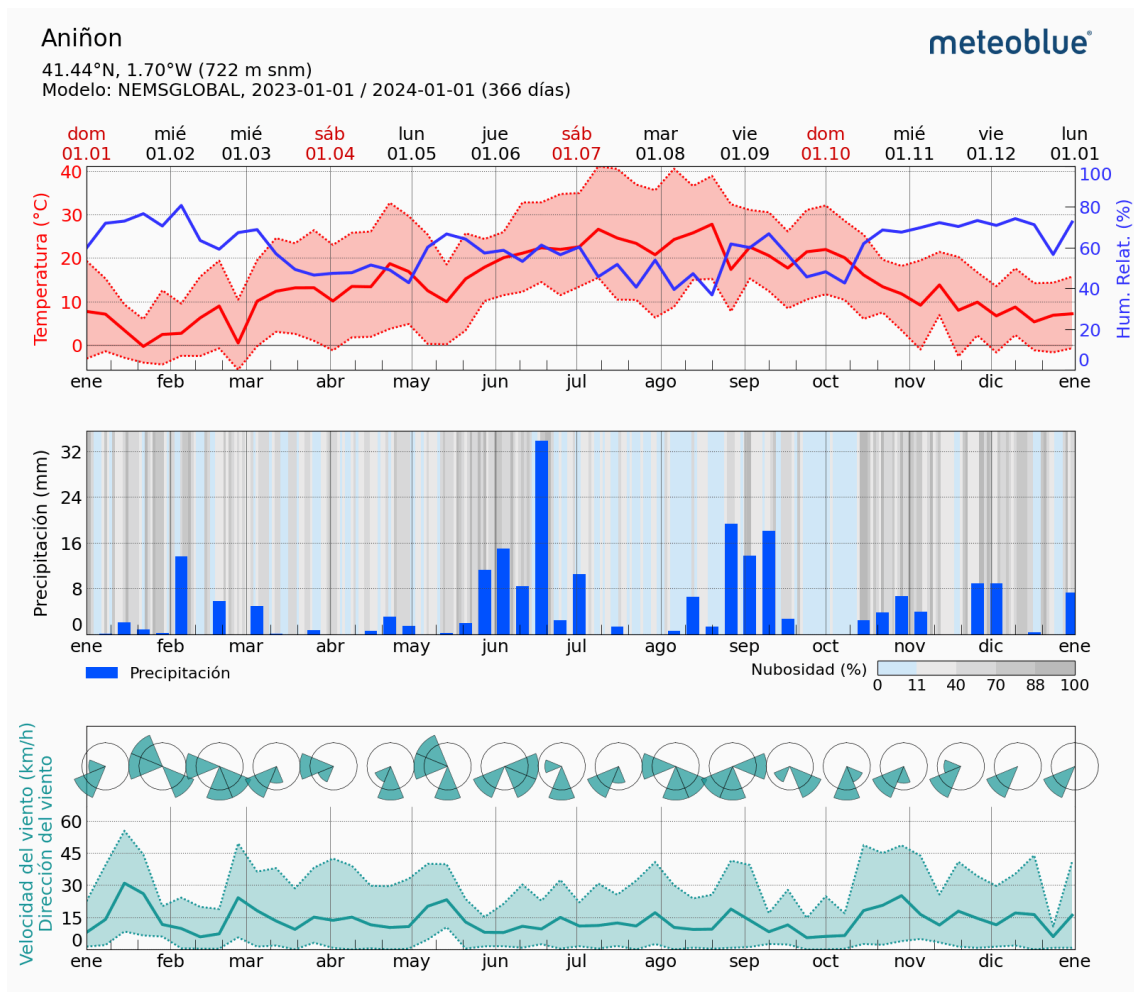


Figura 69. Registro climático de temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento en el término municipal de Aniñon en el año 2023 (Meteoblue, 2024).

Con los datos medios de temperatura y humedad relativa se obtiene mediante un diagrama psicrométrico la humedad absoluta que entra en la corriente de aire que entra al calentador/hogar donde se producira el calentamiento del aire antes de entrar al secadero. Se obtiene en el diagrama psicrométrico de la **figura 70** que la humedad absoluta del aire a la entrada es de 0,0052 kg agua/kg de aire seco. Con los datos de temperatura y humedad relativa, teniendo en cuenta que el proceso se lleva a presión atmosférica, se obtuvo la humedad absoluta del aire con el programa EES, verificando el dato obtenido.

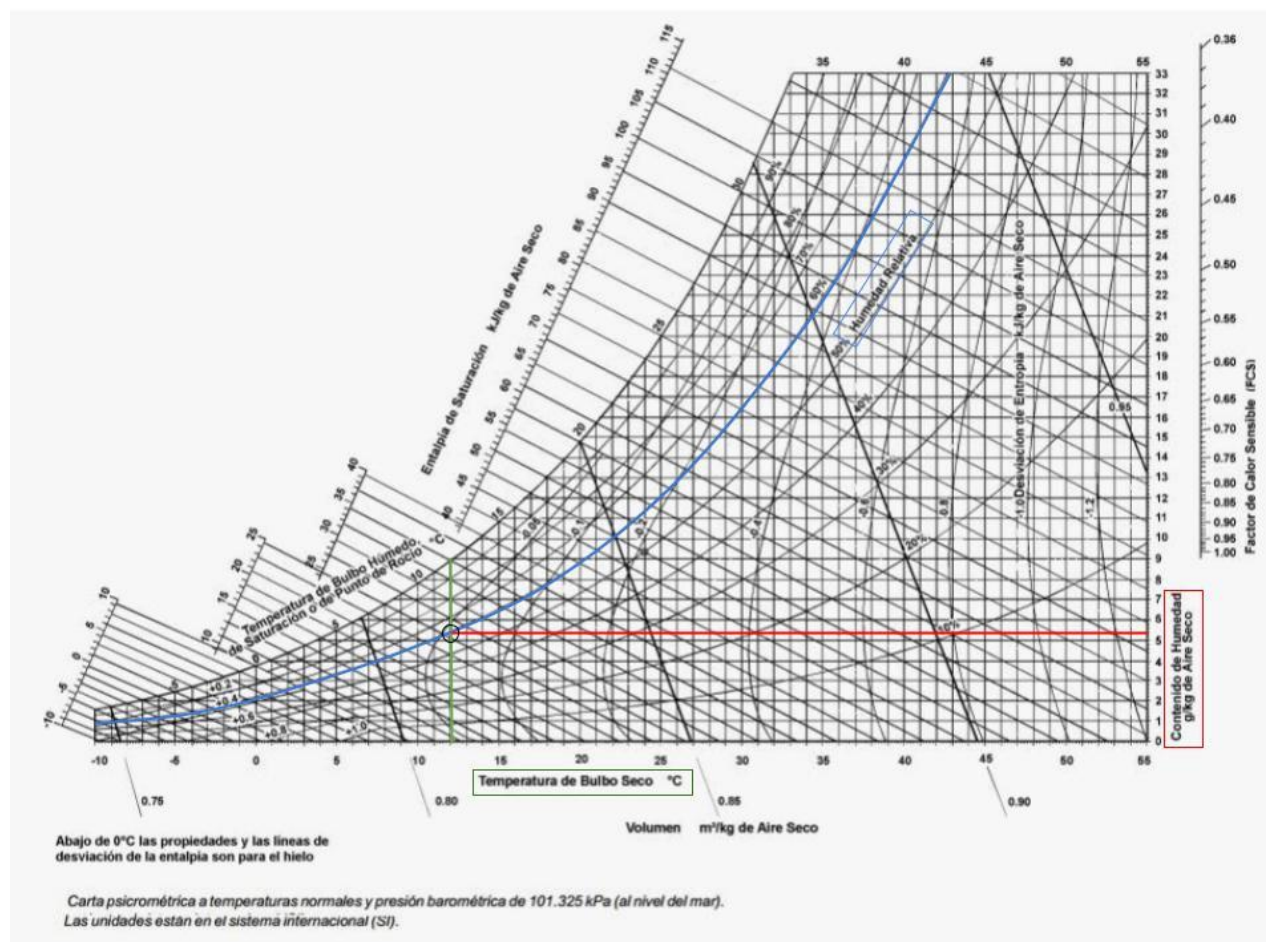


Figura 70. Diagrama psicrométrico para la obtención de la humedad absoluta a la entrada del aire al calentador. (-) temperatura de bulbo seco [°C], (-) humedad relativa [%] y (-) humedad absoluta [kg de agua/kg de aire seco].

Teniendo en cuenta todos estos datos, y que la pita de almendra entra al secado con una temperatura de 10°C y sale con una temperatura de 20°C, se obtiene el siguiente esquema para realizar el balance de energía para la fase de secado tras el descascarado (**figura 71**).

Opción 1: Sin recirculación

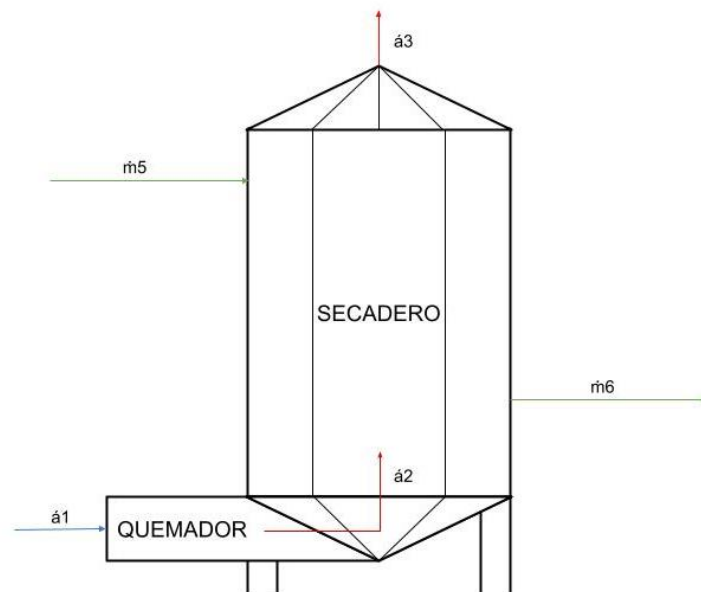


Figura 71. Esquema de la etapa de secado en el que se enumeran los flujos másicos y los datos necesarios para realizar el balance de energía.

Las variables que vamos a denotar son:

- $\dot{a}$: kg de aire seco/h
- $\dot{m}$: kg almendra/h
- X: fracción de agua en peso en la pita de almendra
- Y: kg de agua/kg de aire seco

Con los datos recopilados se va a realizar el balance de energía a la fase de secado en la etapa de descascarado. Primero se va a plantar el balance de materia, para poder calcular la corriente de aire de entrada.

1) Balance de materia global

Al agua:

$$\dot{m}_5 * X_{m5} + \dot{a}_1 * Y_1 = \dot{m}_6 * X_{m6} + \dot{a}_3 * Y_3 \text{ (Ec. 18)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_1 = \dot{a}_3 \text{ (Ec. 19)}$$

2) Balance de materia al secadero

Al agua:

$$\dot{m}_5 * X_{m5} + \dot{a}_2 * Y_2 = \dot{m}_6 * X_{m6} + \dot{a}_3 * Y_3 \text{ (Ec. 20)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_2 = \dot{a}_3 \text{ (Ec. 21)}$$

A continuación, se planteará el balance de energía para obtener finalmente el calor necesario que se tiene que aportar para conseguir la disminución de humedad del producto final. Además, en este proceso no se produce acumulación, ni se genera ni se consume energía durante el proceso, por lo que $E=S$.

1) Balance de energía global

$$H_{m5} - H_{m6} + H_1 - H_3 + Q = 0 \text{ (Ec. 22)}$$

Se calcula la variación de entalpía teniendo en cuenta que la temperatura de referencia es de 0 °C.

$$H_{m5} = \dot{m}_5 * C_{p_{m5}} * (T_{m5} - T_{ref}) \text{ (Ec. 23)}$$

$$H_{m6} = \dot{m}_6 * C_{p_{m6}} * (T_{m6} - T_{ref}) \text{ (Ec. 24)}$$

$$H_1 = \dot{a}_1 * y_1 * [(C_{p_{vapor}} * (T_1 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_1 * C_{p_{aire seco}} * (T_1 - T_{ref}) \text{ (Ec. 25)}$$

$$H_3 = \dot{a}_3 * y_3 * [(C_{p_{vapor}} * (T_3 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_3 * C_{p_{aire seco}} * (T_3 - T_{ref}) \text{ (Ec. 26)}$$

2) Balance de energía del secadero

$$H_{m5} - H_{m6} + H_2 - H_3 = 0 \text{ (Ec. 27)}$$

$$H_2 = \dot{a}_2 * y_2 * [(Cp_{vapor} * (T_2 - T_{ref}) + \lambda] + \dot{a}_2 * Cp_{aire seco} * (T_2 - T_{ref}) \text{ (Ec. 28)}$$

Una vez obtenido el calor necesario aportar y conociendo el poder calorífico inferior de la cáscara de almendra, podemos calcular la cantidad de cáscara de almendra necesaria.

$$Q = m_{cáscara} \cdot PCI \text{ (Ec. 29)}$$

Para obtener los resultados se utilizó el programa EES, como se puede observar en la **figura 72**.

$$\begin{aligned} T_{m5} &= 10 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ T_{m6} &= 20 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ T_1 &= 12 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ T_3 &= 25 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ T_2 &= 32 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ T_{ref} &= 0 \text{ } [^{\circ}\text{C}] \\ \\ m_5 &= 141,84 \text{ } [\text{kg/h}] \\ m_6 &= 118,86 \text{ } [\text{kg/h}] \\ x_5 &= 0,2039 \\ x_6 &= 0,05 \\ y_1 &= \text{w (AIRH2O ; T = } T_1 \text{ ; R = 0,6 ; P = 101,301)} \\ y_1 &= y_2 \\ cp_{vap} &= \text{Cp (AIRH2O ; T = } T_1 \text{ ; w = 1 ; P = 101,301)} \\ cp_{as} &= \text{Cp (AIRH2O ; T = } T_1 \text{ ; w = 0 ; P = 101,301)} \\ cp_{m5} &= 1,91 \text{ } [\text{kJ}/(\text{kg}^{\circ}\text{K})] \\ cp_{m6} &= 1,47 \text{ } [\text{kJ}/(\text{kg}^{\circ}\text{K})] \\ PCI &= 3690 \cdot 4,184 \text{ } [\text{kJ/kg}] \\ \text{landa} &= 2492,4 \text{ } [\text{kJ/kg}] \end{aligned}$$

Balance de materia

Balance de materia Global

BM: al agua

$$m_5 \cdot x_5 + a_1 \cdot y_1 = m_6 \cdot x_6 + a_3 \cdot y_3$$

Balance de materia al Secadero

BM: al agua

$$m_5 \cdot x_5 + a_2 \cdot y_2 = m_6 \cdot x_6 + a_3 \cdot y_3$$

BM: al aire

$$a_2 = a_3$$

Balance de energía

Balance de energía al secadero

$$H_{m,5} + H_2 = H_{m,6} + H_3$$

$$H_{m,5} = m_5 \cdot cp_{m,5} \cdot (T_{m,5} - T_{ref})$$

$$H_2 = a_2 \cdot y_2 \cdot (cp_{vap} \cdot (T_2 - T_{ref}) + \lambda_{anda}) + a_2 \cdot cp_{as} \cdot (T_2 - T_{ref})$$

$$H_{m,6} = m_6 \cdot cp_{m,6} \cdot (T_{m,6} - T_{ref})$$

$$H_3 = a_3 \cdot y_3 \cdot (cp_{vap} \cdot (T_3 - T_{ref}) + \lambda_{anda}) + a_3 \cdot cp_{as} \cdot (T_3 - T_{ref})$$

$$rh = RH(AIRH_2O; T = T_3; w = y_3; P = 101,301)$$

Balance de energía global

$$H_1 + H_{m,5} - H_3 - H_{m,6} + Q = 0$$

$$H_1 = a_1 \cdot y_1 \cdot (cp_{vap} \cdot (T_1 - T_{ref}) + \lambda_{anda}) + a_1 \cdot cp_{as} \cdot (T_1 - T_{ref})$$

$$Q = m_{cascara} \cdot PCI$$

Figura 72. Ecuaciones planteadas en el programa EES para el balance de energía sin recirculación.

Los resultados obtenidos por el programa se recogen en la **figura 73**. El aire de salida tendrá una humedad absoluta de 0,0080 kg de agua/kg de aire seco, que a la temperatura de salida el aire resultante tendrá una humedad relativa del 40,37%. La humedad relativa es inversamente a la temperatura, es decir, aunque el aire se salida

contiene mayor humedad absoluta que el aire de entrada (aire de entrada: 0,0052 kg de agua/kg de aire seco – aire de salida: 0,0080 kg de agua/kg de aire seco), la humedad relativa se ve disminuida (aire de entrada: 60,00 % - aire de salida: 40,37 %). Esto es debido a que a medida que la temperatura del aire aumenta, su capacidad para contener vapor de agua también aumenta.

$c_{pas} = 1,004$ $c_{pvap} = 2,866$ $landa = 2492 \text{ [kJ/kg]}$
 $m_{cascara} = 11,05$ $PCI = 15439$ $Q = 170579$
 $rh = 0,4037$ $T_{ref} = 0 \text{ [°C]}$

Arrays Table: Main

	y_i [mixed]	$T_{m,i}$ [°C]	T_i [°C]	m_i [kg/h]	H_i	$H_{m,i}$ [mixed]	a_i [mixed]	$cp_{m,i}$ [kJ/(kg*K)]	x_i
1	0,00521		12		211044		8370		
2	0,00521		32		381623		8370		
3	0,007956		25		380838		8370		
4									
5		10		141,8		2709		1,91	0,2039
6		20		118,9		3494		1,47	0,05

Figura 73. Resultados obtenidos por el programa EES.

El flujo de cáscara de almendra necesaria por hora para llevar el secado es de 11,05 kg. Teniendo en cuenta que cada mes son 21 días laborales, haciendo un reparto de los diferentes días festivos, contará al año con 252 días laborales, donde la jornada laboral es de 8 horas, la cantidad de cáscara que se necesitará anualmente es de:

$$11,05 \frac{kg}{h} \times \frac{6 h}{1 día} \times \frac{252 días}{1 año} \approx 16.707,60 \frac{kg \text{ de cáscara}}{año}$$

Teniendo en cuenta que por los cálculos de cáscara obtenida anualmente del proceso de descascarado es de $670.682,88 \frac{kg}{año}$, solo se utiliza para el proceso de secado un 2,49% de la cáscara que se obtiene anualmente. Por lo que se podría llevar el secado de la pita de almendra con lo obtenido del descascarado de la empresa sin tener la necesidad de obtener la cáscara de otras fuentes externas a la industria.

El proceso de secado expulsa hacia el exterior el aire usado que ha atravesado la masa de la pita. Parte de este aire está caliente y poco saturado de humedad (**figura 73**) (FAO,2024). Si va a estudiar el ahorro energético que se produce si se recirculara el aire

para aprovechar el calor residual y esa escasa saturación incorporando a la corriente de aire que ingresa al quemador.

Opción 2: Recirculación del aire al quemador

Para realizar los cálculos se va a producir una re-circulación de la corriente $\dot{a}_4$ de 2/3 al quemador:

$$\dot{a}_5 = \frac{2}{3} \dot{a}_4 \text{ (Ec. 30)}$$

El sistema opera en estado estacionario, por tanto, no habrá término de acumulación en los balances de materia, ni reacciones químicas. Por tanto, la ecuación 2 quedaría $E=S$.

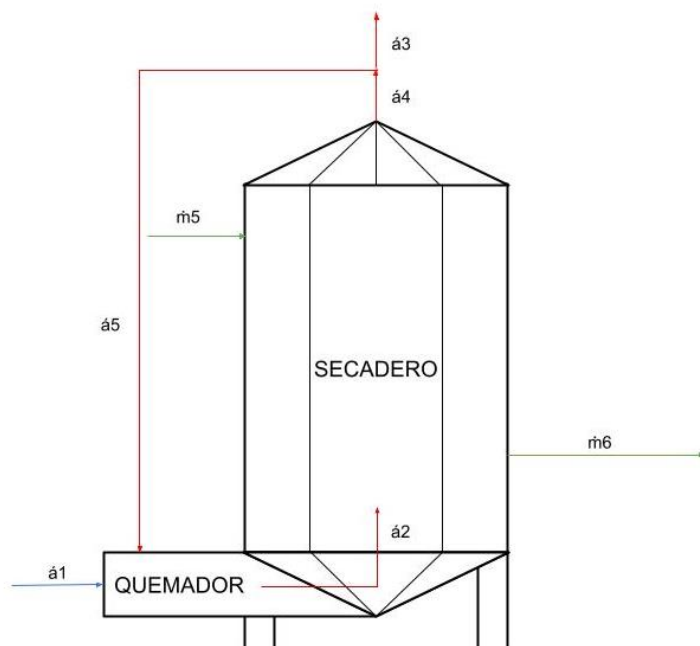


Figura 74. Esquema de re-circulación de aire al quemador.

Las ecuaciones para poder resolver el balance de materia son las siguientes:

1) Balance de materia global

Al agua:

$$\dot{m}_5 * x_5 + \dot{a}_1 * y_1 = \dot{m}_6 * x_6 + \dot{a}_3 * y_3 \text{ (Ec. 31)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_1 = \dot{a}_3 \text{ (Ec. 32)}$$

2) Balance de materia al secadero

Al agua:

$$\dot{m}_5 * x_5 + \dot{a}_2 * y_2 = \dot{m}_6 * x_6 + \dot{a}_4 * y_4 \text{ (Ec. 33)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_2 = \dot{a}_4 \text{ (Ec. 34)}$$

3) Balance de materia al quemador

Al agua:

$$\dot{a}_1 * y_1 + \dot{a}_5 * y_5 = \dot{a}_2 * y_2 \text{ (Ec. 35)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_1 + \dot{a}_5 = \dot{a}_2 \text{ (Ec. 36)}$$

4) Balance de materia al punto de derivación

Al agua:

$$\dot{a}_4 * y_4 = \dot{a}_3 * y_3 = \dot{a}_5 * y_5 \text{ (Ec. 37)}$$

Al aire:

$$\dot{a}_4 = \dot{a}_3 + \dot{a}_5 \text{ (Ec. 38)}$$

Se tiene en cuenta que la humedad absoluta del aire en el punto de derivación es la misma en las corrientes que las conforma, cumpliendo:

$$\dot{a}_4 = \dot{a}_3 = \dot{a}_5 \text{ (Ec. 39)}$$

Para calcular el balance energético se plantea las siguientes ecuaciones:

1) Balance de energía global:

$$H_{m5} - H_{m6} + H_1 - H_3 + Q = 0 \text{ (Ec. 40)}$$

Se calcula la variación de entalpía teniendo en cuenta que la temperatura de referencia es de 0 °C.

$$H_{m5} = \dot{m}_5 * C_{p_{m5}} * (T_{m5} - T_{ref}) \text{ (Ec. 41)}$$

$$H_{m6} = \dot{m}_6 * C_{p_{m6}} * (T_{m6} - T_{ref}) \text{ (Ec. 42)}$$

$$H_1 = \dot{a}_1 * y_1 * [(C_{p_{vapor}} * (T_1 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_1 * C_{p_{aire seco}} * (T_1 - T_{ref}) \text{ (Ec. 43)}$$

$$H_3 = \dot{a}_3 * y_3 * [(C_{p_{vapor}} * (T_3 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_3 * C_{p_{aire seco}} * (T_3 - T_{ref}) \text{ (Ec. 44)}$$

2) Balance de energía al secadero

$$H_{m5} - H_{m6} + H_2 - H_4 = 0 \text{ (Ec. 45)}$$

$$H_2 = \dot{a}_2 * y_2 * [(C_{p_{vapor}} * (T_2 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_2 * C_{p_{aire seco}} * (T_2 - T_{ref}) \text{ (Ec. 46)}$$

$$H_4 = \dot{a}_4 * y_4 * [(C_{p_{vapor}} * (T_4 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_4 * C_{p_{aire seco}} * (T_4 - T_{ref}) \text{ (Ec. 47)}$$

3) Balance de energía al quemador

$$H_1 + H_5 - H_3 + Q = 0 \text{ (Ec. 48)}$$

$$H_5 = \dot{a}_5 * y_5 * [(C_{p_{vapor}} * (T_5 - T_{ref}) + \lambda)] + \dot{a}_5 * C_{p_{aire seco}} * (T_5 - T_{ref}) \text{ (Ec. 49)}$$

Una vez obtenido el calor intercambiado (Q), se podrá calcular la masa de cáscara de almendra que se necesita para producir esa energía:

$$Q = \dot{m}_{cascara} * PCI \text{ (Ec. 50)}$$

$C_{pas} = 1,004$
 $PCI = 15439$
 $rh = 0,694$

$C_{pvap} = 2,866$
 $Q = 91687$

$m_{cascara} = 5,939$
 $re = 0,6667$

Arrays Table: Main

	T_i	$T_{m,i}$	x_i	y_i	a_i	H_i	$H_{m,i}$	m_i
1	12			0,00521	2620	66070		
2	32			0,01094	7861	474811		
3	25			0,01381	2620	158527		
4	25			0,01381	7861	475581		
5	25	10	0,2039	0,01381	5241	317054	2655	139
6		20	0,05				3425	116,5

Figura 75. Resultados obtenidos en EES.

Se denominó “re” a la proporción de aire que se recircula de la corriente de salida del aire del secadero ($\dot{a}_4$) y vuelve al quemador $\dot{a}_5$. Se evaluó que relación de recirculación sería la óptima para aprovechar termodinámicamente el calor residual tras el secado. Se observa en la **figura 76** que cuanto mayor es la proporción de aire que se recircula, menor es el calor que hay que aportar para que se produzca el secado. La cantidad de calor a aportar es proporcionalmente a la cáscara de almendra que hay que utilizar, por lo que cuanto mayor es la recirculación menor es el gasto de cáscara.

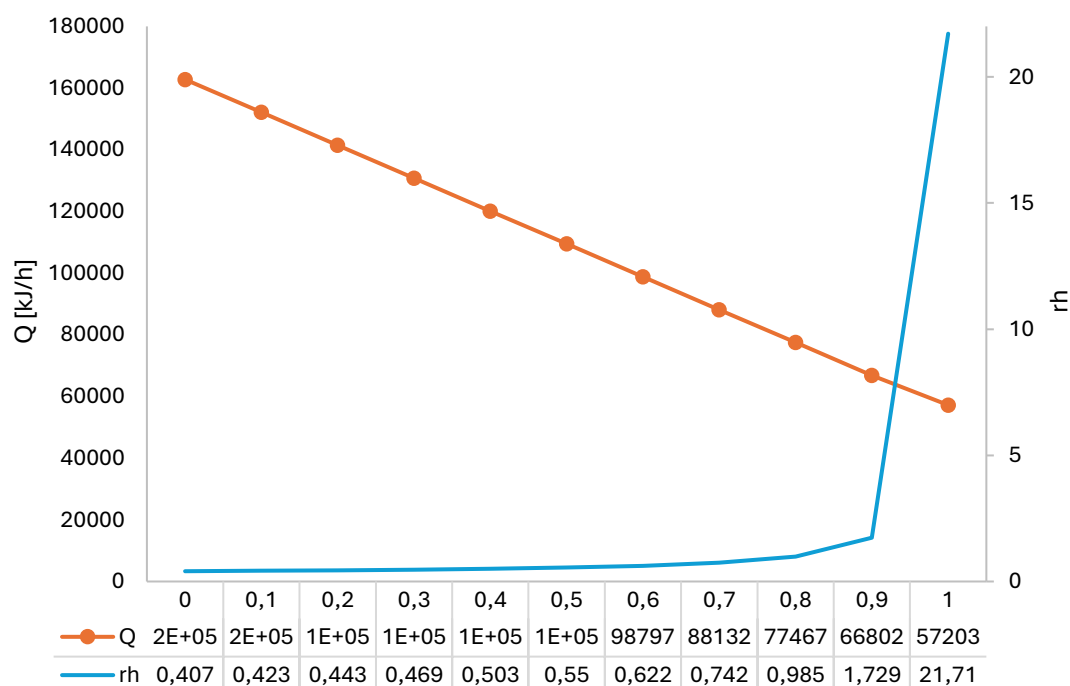


Figura 76. Relación del calor (Q) y humedad relativa (RH) dependiendo de la proporción de recirculación (re).

Otro factor que hay que tener en cuenta es la saturación del aire, es decir, el aire se va saturando del agua que se extrae de la pita durante el secado, llegando a un punto que no puede albergar más agua. La humedad relativa (RH) no puede ser mayor que 1, es decir, que descartamos recircular más de 90% de la corriente, obteniendo el gráfico que se observa en la **figura 77**. La línea de tendencia que mejor se adapta es una polinómica de tercer grado.

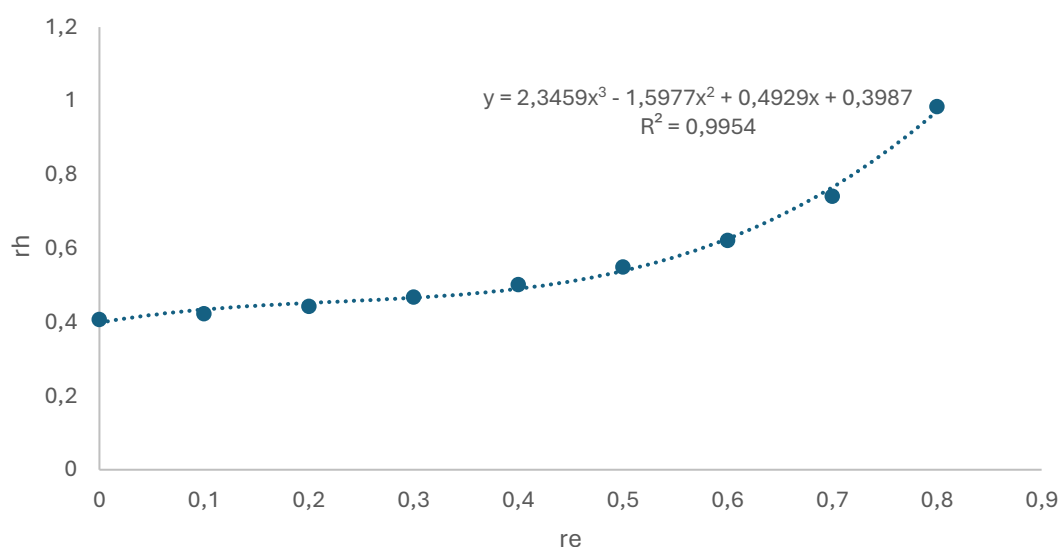


Figura 77. Relación de la humedad relativa (RH) y la proporción de recirculación (re).

Con la línea de tendencia se obtiene que para una humedad relativa del 95% se tiene que recircular una proporción de 0,791. Se obtiene los siguientes resultados para esa recirculación:

$C_{pas} = 1,004$
 $PCI = 15439$
 $rh = 0,9532$

$C_{pvap} = 2,866$
 $Q = 80018$

$m_{cascara} = 5,183$
 $re = 0,791$

Arrays Table: Main

	T_i	$T_{m,i}$	x_i	y_i	a_i	H_i	$H_{m,i}$	m_i
1	12			0,00521	1652	41659		
2	32			0,01621	7905	585159		
3	25			0,01912	1652	122462		
4	25			0,01912	7905	585944		
5	25	10	0,2039	0,01912	6253	463482	2709	141,8
6		20	0,05				3494	118,9

Figura 78. Resultados obtenidos en EES.

Como se observa en la **tabla 45**, se observa un ahorro de cáscara si se produce recirculación del 79,1% del 46,9% de la cáscara que se utiliza, lo que conlleva que al año se necesite una provisión de cáscara de almendra para el proceso de secado de 10.240 kg (un 1,56% de total de cáscaras obtenidas en el proceso de descascarado).

Tabla 45. Recopilación de los datos obtenidos de las dos opciones.

	$m_{cascara}$	Q	Cáscara utilizada
Procedimiento	kg/h	kJ/h	%
Opción 1: Sin recirculación	11,05	167187	2,49
Opción 2: Con recirculación	5,18	80018	1,17

Por tanto para aprovechar energéticamente el aire que se ha calentado y que tiene una temperatura alta, se va a establecer en la industria un secado con recirculación de aire al quemador, con una recirculación de aproximadamente el 80% del aire.

6. ELECCIÓN DE LA MAQUINARIA

En este apartado se describe las máquinas necesarias para realizar la transformación de la almendra. Teniendo en cuenta las dimensiones y rendimientos para reducir o evitar los cuellos de botellas.

6.1. SELECCIÓN DE MAQUINARIA

6.1.1. ETAPAS DE DESCASCARADO

Fase 1: Recepción, secado y almacenaje

Estas instalaciones se encuentran actualmente ya ubicadas en la industria y consta de un habitáculo en el que depositan las almendras donde posteriormente se traslada por una cinta transportadora (**figura 79**) hasta los silos de almacenaje. Además, hay tres silos de almacenaje de una capacidad de 300.000 kg cada uno (**figura 80**)



Figura 79. Cinta transportadora en la agroindustria (CartaTV, 2021).



Figura 80. *Instalaciones y silos de almacenaje de la agroindustria (CartaTV, 2021).*

Fase 2: mojado

La fase de pre-limpia y mojado se va a realizar con la misma maquinaria. Para ello se va a utilizar la lavadora 70/80 LV Vulcano/Titanium que combina lavado/mojado de almendra, con la extracción de piedras y lodos (**figuras 81 y 82**). Además, incorpora la criba para la extracción de palos en la salida y el sinfín para facilitar la extracción de lodos que se decantan en el depósito de agua (Asigran, 2024).



Figura 81. Lavadora de almendras 70/80 LVA Vulcano/Titanium (Asigran, 2024).

Cuenta con la opción de no realizar el mojado mediante el *by-pass* que lleva la almendra directamente a la criba de escurrido y despalillado, por donde abandona el equipo hacia el siguiente proceso.

Según las necesidades se le puede incorporar pequeñas cintas para el transporte de la almendra lavada, así como para retirar de forma continua los diferentes residuos hacia las salidas generales.

Las características de la maquinaria son las siguientes:

- **Dimensiones estándar**
 - Ancho: 3,54 m
 - Alto: 3,30 m
 - Largo: 6,96 m
- **Rendimiento:** 18.000 kg/h
- **Fabricación:**
 - 70/80 LV Vulcano: acero de carbono con aplicación de esmalte sintético
 - 70/80 LV Titanium: acero de carbono, excepto las partes que están en contacto con la almendra, que se fabrica de acero inoxidable AISI 304
- **Capacidad del depósito de agua:** 7.300 L

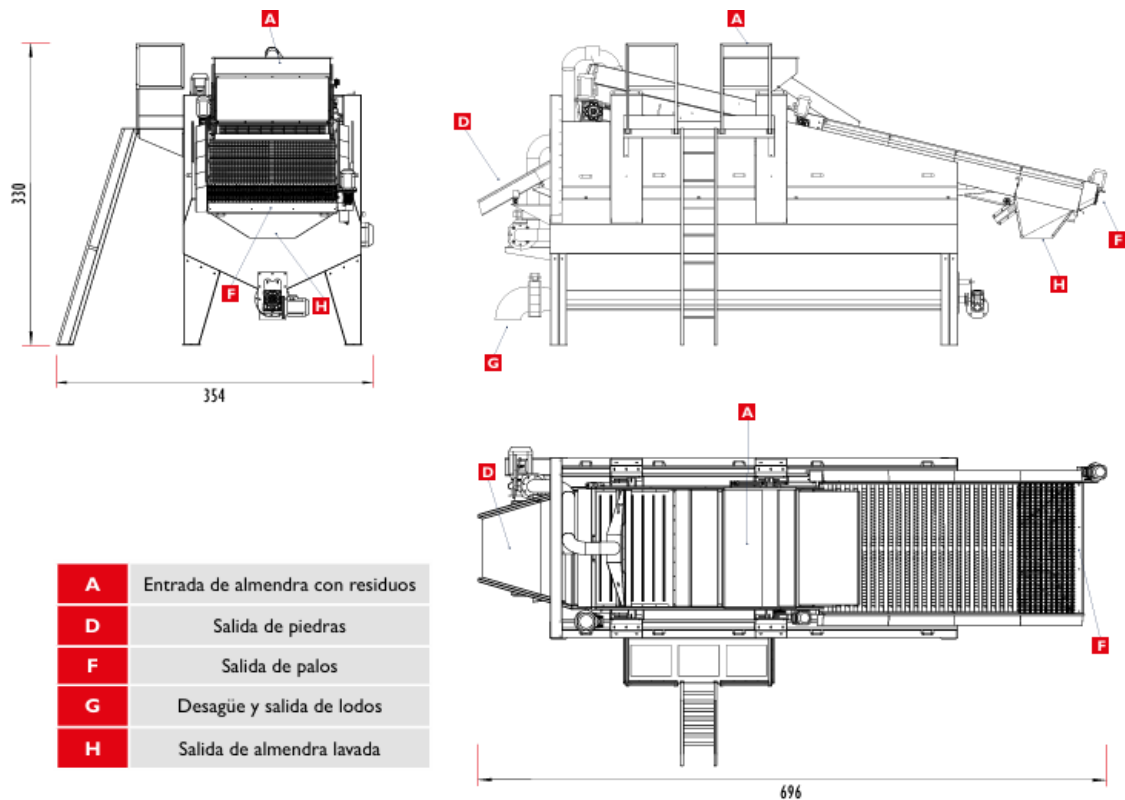


Figura 82. Información de la máquina 70/80 LVA Vulcano/Titanium de entrada y salida de almendra y de residuos (Asigran, 2024).

Fase 3: Descascarado

La rompedora STR2 de la marca Segues (**figura 83**) es una máquina para romper la cáscara de los frutos secos, compuesta de una estructura de soporte de acero, un rodillo calibrador con jaula regulable hasta dos tamaños, con dos rodillos cónicos con martillos ajustable para el procesamiento de diferentes tipos de calibres de producto y vibrante para la descarga del producto descascarado.

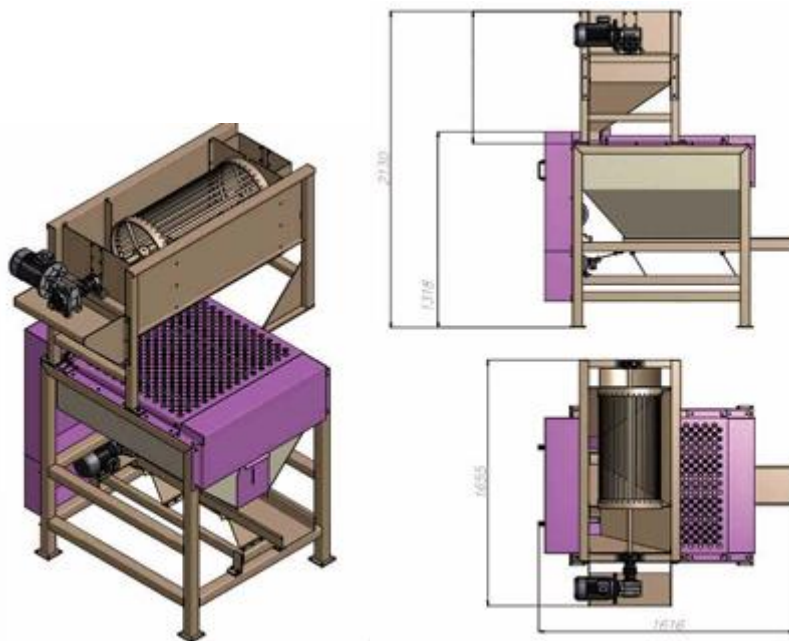


Figura 83. Esquemas y dimensiones de la rompedora STR2. (Segues, 2024).

Las características de la máquina son las siguientes:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 1,05 m
 - Alto: 2,13 m
 - Largo: 2,05 m
- **Rendimiento:** 260 kg/h
- **Fabricación:** acero de carbono

Fase 4: Selección y calibrado

La clasificadora STR50/2 (**figura 84**) está diseñada para la clasificación del fruto entero de la mezcla de los diferentes tamaños de cáscara rota procedente de la descascaradora. Consiste en una cascara vibrante con cinco marcos calibrados con hojas perforadas de diferentes formas y tamaños en una estructura de rodamientos tubulares y un vibrador que transmite el movimiento a la caja vibratoria accionada por muelles (Segues, 2024).

La clasificadora se forma por dos partes: tamizado (utilizando los marcos especiales) y tres canales de aspiración (ajuste del flujo del aire que permite eliminar el resto de cáscaras pequeñas y el polvo).

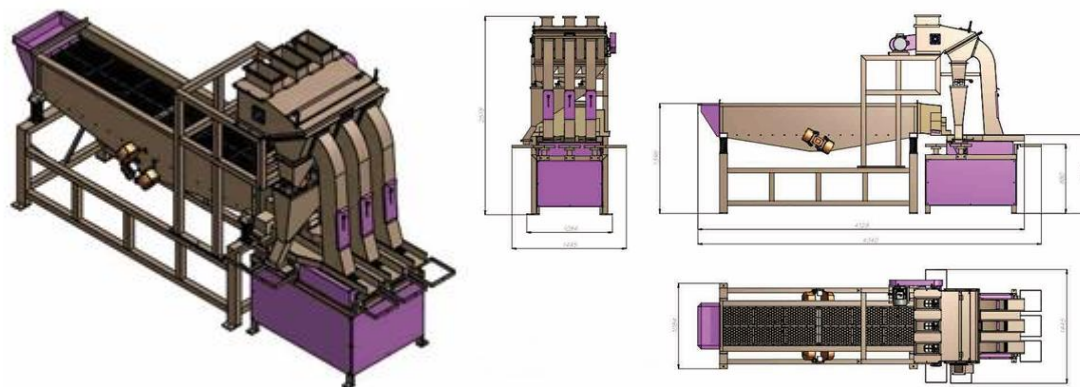


Figura 84. Esquema y dimensiones de la clasificadora STR50/2 (Segues, 2024).

Las características de la maquinaria son la siguiente:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 1,45 m
 - Alto: 2,52 m
 - Largo: 4,34 m
- **Rendimiento:** 260 kg/h
- **Fabricación:** acero de carbono

Fase 5: Secado y enfriado

La etapa de secado y enfriado se va a realizar en tolva con un sistema de mezcla de aire caliente y frío que se inyecta dentro del secadero a una temperatura constante y homogénea. Tiene un sinfín central que provoca el movimiento del producto hacia arriba manteniendo una mezcla constante (**figura 85**).

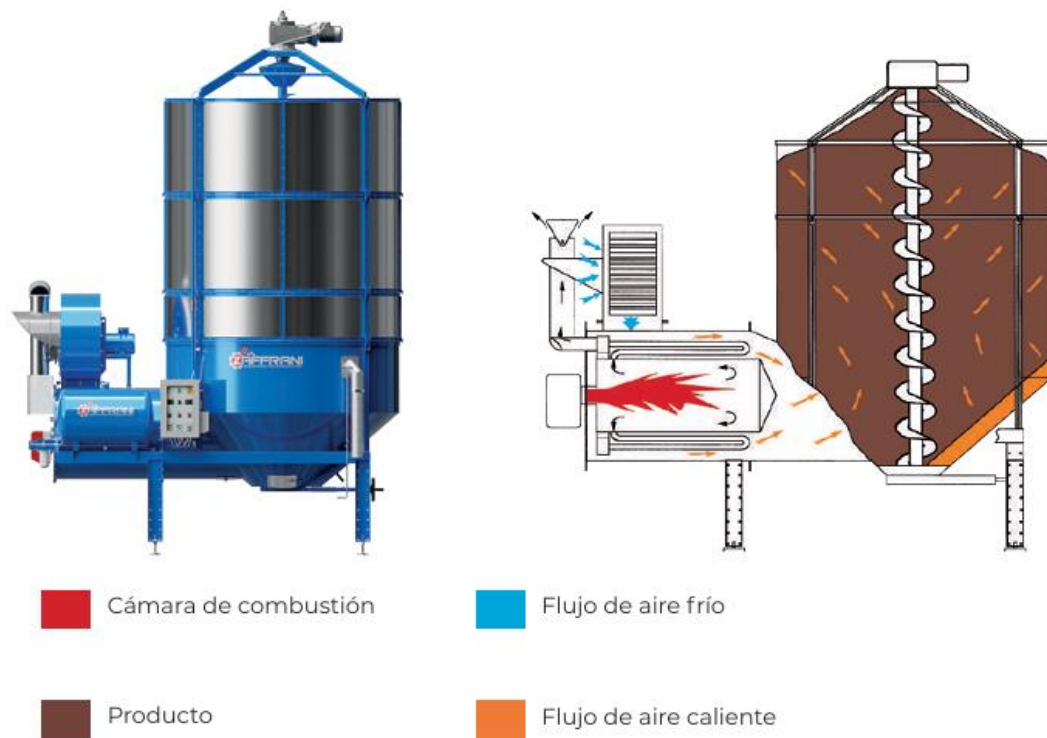


Figura 85. Esquema operativo del secadero 50EN de Zaffrain (Zafrani, 2024).

El flujo de aire ingresa centralmente a la base cónica del secadero y se distribuye uniformemente gracias al deflector. Las patas son regulables en altura para facilitar la descarga del producto desde el secadero

Para ajustar el aire de entrada tiene una válvula que permite ajustar manualmente el flujo de aire que ingresa al ventilador. Además, contiene un indicador de nivel de carga que emite una señal acústica cuando se alcanza el límite de capacidad.

Las características de la máquina son las siguientes:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 2,00 m
 - Altura: 3,70 m
 - Largo: 3,70 m
- **Rendimiento:** 2.500 kg/h
- **Fabricación:** acero inoxidable

Para realizar la fase de enfriado se van a utilizar los silos que se utilizan para el secado, pero el aire que se incorporará es aire a 10°C. Para ello, la instalación irá dotada de un

sistema de refrigeración móvil que toma aire externo y lo convierte en aire frío con temperatura y humedad controlada (**figura 86**).



Figura 86. Esquema de acople a el silo del refrigerador GC 40 Europe (Frigortec, 2024).

Las características del equipo vienen determinadas por los dos equipos que se va a necesitar para el enfriado, el silo 50EN de Zaffrani y el refrigerador GC 40 de la marca FrigorTEC (**tabla 46**).

Tabla 46. Características del silo 50EN y del refrigerador GC 40.

	Silo 50EN	Refrigerador GC 40
Dimensiones		
○ Ancho (m)	2,00	0,95
○ Alto (m)	3,79	1,57
○ Largo (m)	3,70	2,05
Rendimiento (kg/h)	2.500	-
Fabricación	Acero inoxidable	-

6.1.2. ETAPAS DE PELADO

Fase 1: Pelado térmico

Como hemos indicado anteriormente para seguir las mejores técnicas disponibles (MTDs) y reducir en lo que se pueda el uso de agua se va a usar un escaldador de inyección de vapor. El escalado a vapor además de producir una menor aportación de humedad a la almendra que se traduce en un ahorro aún mayor, evita una etapa posterior de secado.

El objetivo es reblandecer el tegumento para conseguir su desprendimiento de manera sencilla. Para ello se utilizará un *blancher* de banda continua modelo MX-B1000 de la marca Maxia (**figura 87**). El equipo tiene una banda que transporta el producto al ritmo que se programe, además cuenta con una bomba de aire que permite que el producto este en movimiento y logre un escaldado uniforme (Maxia, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 1,00 m
 - Altura: 1,30 m
 - Largo: 3,60 m
- **Rendimiento:** 1.000 kg/h
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304



Figura 87. Escaldador de banda continua de inyección de vapor. MAIXA MX-B1000 (Maixa, 2024).

El tegumento que se ha ablandado tras el proceso de escaldado se extrae a través de un limpiador rotativo donde se separa las partículas de menor tamaño que el producto pueda estar adherida a su superficie, o sueltas. En el tambor giratorio, los granos se frotan entre sí para eliminar el polvo u otras impurezas de la superficie del grano (**figura 88**).

Las características de la máquina no se especifican debido a la política de privacidad de la empresa de fabricación.



Figura 88. Limpiador rotativo Incus (Incus, 2024).

Fase 2: Selección y calibrado

Para realizar esta fase se ha seleccionado la misma maquinaria que en la etapa de selección y calibrado que en el caso anterior (etapa de descascarado – fase 5: selección y calibrado).

Fase 3: Enfriado

Para realizar la fase de enfriado se va a utilizar los silos que se utilizan para el secado, pero solamente se utilizara en este caso para enfriar debido a que durante las fases de escaldado y extracción de tegumento no se ha producido un aumento de humedad.

6.1.3. ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

6.1.3.1. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE PALITOS

Fase 1: Cortado

Para obtener los bastones/palitos se va a utilizar un cortador Model CC de la marca Urschel® (**figura 89**).



Figura 89. Urschel® Modelo CC (Issuu, 2024).

El producto entra en el impelente giratorio [1] y se mantiene contra la superficie interior del conjunto de cabezal de corte por efecto de la fuerza centrífuga. El conjunto de cabeza de corte se compone de ocho estaciones de corte fijas e individuales. Las rebanadora o tiras se producen a medida que el producto pasa a través de cada cuchilla [2] de una manera fluida y sin interrupciones (**figuras 90 y 91**) (Issuu, 2024).

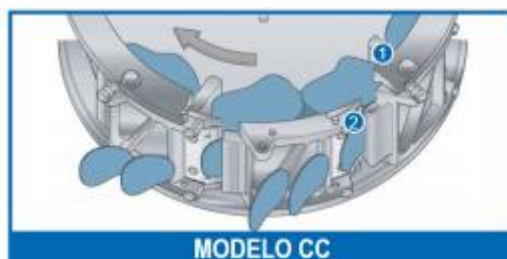


Figura 90. Cabezal de corte Model CC Urschel® (Issuu, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 0,90
 - Altura: 0,77 m

- Largo: 1,31 mm
- **Rendimiento:** 2.000 kg/h
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

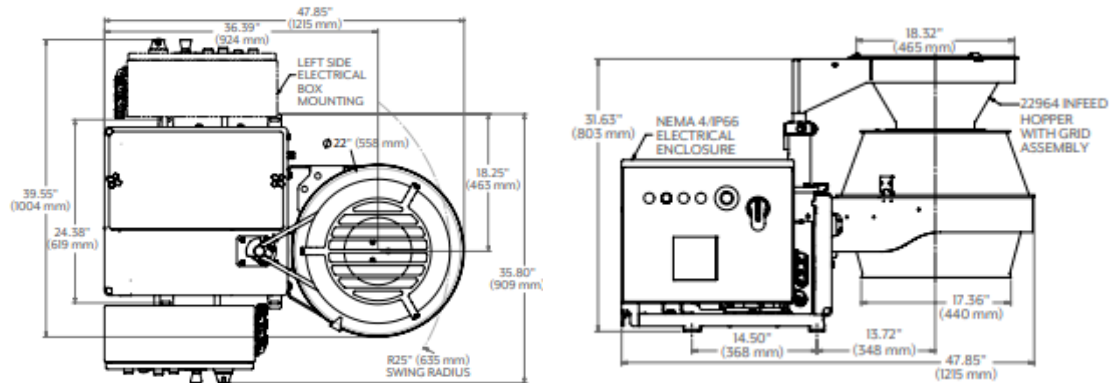


Figura 91. Esquema y dimensiones del modelo CC Urshel® (Urshel, 2024).

Fase 2: Selección y calibrado

La tamizadora industrial Zeus FTI-0550 (**figuras 92 y 93**) es una tamizadora industrial circular que admite hasta cuatro tamices de Ø550 (cinco separaciones simultáneas). El fondo dispone de una salida lateral por donde se descarga el producto obtenido. En este caso para que el proceso se automatice se colocaran los tamices con salida de producto, por lo que, a medida que el producto va entrando, también va saliendo, siendo un proceso continuo (Filtra Vibración, 2024).

Se va a utilizar para la selección y calibrado de láminas, palitos y harina, dependiendo del grosos del producto se utiliza un tamiz de diámetro distinto.



Figura 92. Tamizadora Zeus FTI-0550 (Filtra Vibración, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ø: 0,71 m
 - Altura: 0,75 m
- **Rendimiento:** 300 kg/h
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

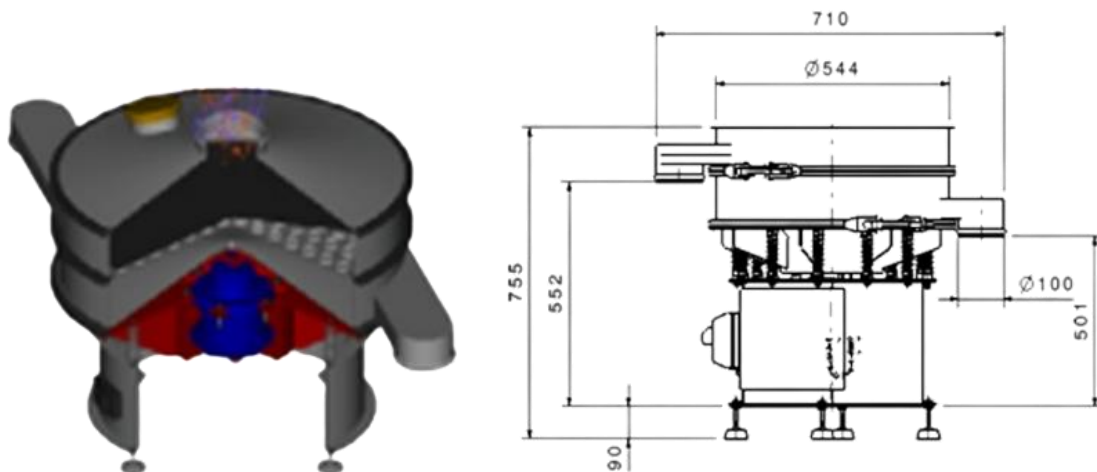


Figura 93. Esquema y dimensiones de tamizadora Zeus FTI-0550 (Filtra Vibración, 2024).

6.1.3.2. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS

Fase 1: Laminado

Se utilizará la descrita en la fase 1 de etapa de elaboración de láminas (Apartado 6.1.3.1)

Fase 2: Selección y calibrado

Se utilizará la descrita en la fase 2 de etapas de elaboración de láminas (Apartado 6.1.3.2)

6.1.3.3. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE CUBOS

Fase 1 y 2: Troceado y, selección y calibrado

La fase 1 (troceado) y fase 2 (selección y calibrado) se va a realizar en el mismo equipo de la marca Mejisa con la trituradora- clasificadora F-TC (**figuras 94 y 95**). La máquina esta provista de un motor-reductor para el giro de los rodillos trituradores y de dos vibradores para las cribas y tamices. El triturador dispone de un mando giratorio para la regulación de la obertura entre rodillos, y así conseguir el grano que se desee (Mejisa, 2024b).



Figura 94. Trituradora-Clasificadora F-TC (Mejisa, 2024b).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 0,80 m
 - Altura: 1,39 m
 - Largo: 2,33 m
- **Rendimiento:** 1.000 kg/h

- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

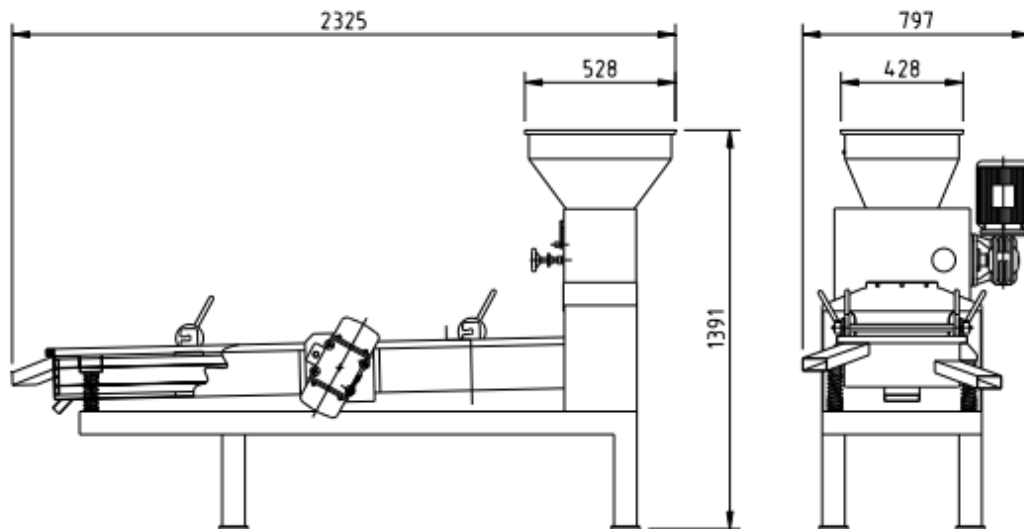


Figura 95. Esquema y dimensiones de la Trituradora-Clasificadora F-TC (Mejisa, 2024b).

6.1.3.4. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA

Fase 1: Refinado

La maquinaria seleccionada es la refinadora TF-R-400-220 de la marca Mejisa (**figuras 96 y 97**). La máquina contiene un cabezal triturador con rodillos dentados, donde se vierten la pita de almendra sin trocear, eliminando pasos intermedios de troceado. Después se vierte en la tolva, donde habrá tres rodillos, dos regulables y uno fijo. El ajuste de la separación entre los dos rodillos regulables determinará el tamaño de la harina de almendra obtenida (Mejisa, 2024).



Figura 96. Refinadora TF-R (Mejisa, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 1,21 m
 - Altura: 1,90 m
 - Largo: 1,17 m
- **Rendimiento:** 500 kg/h
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

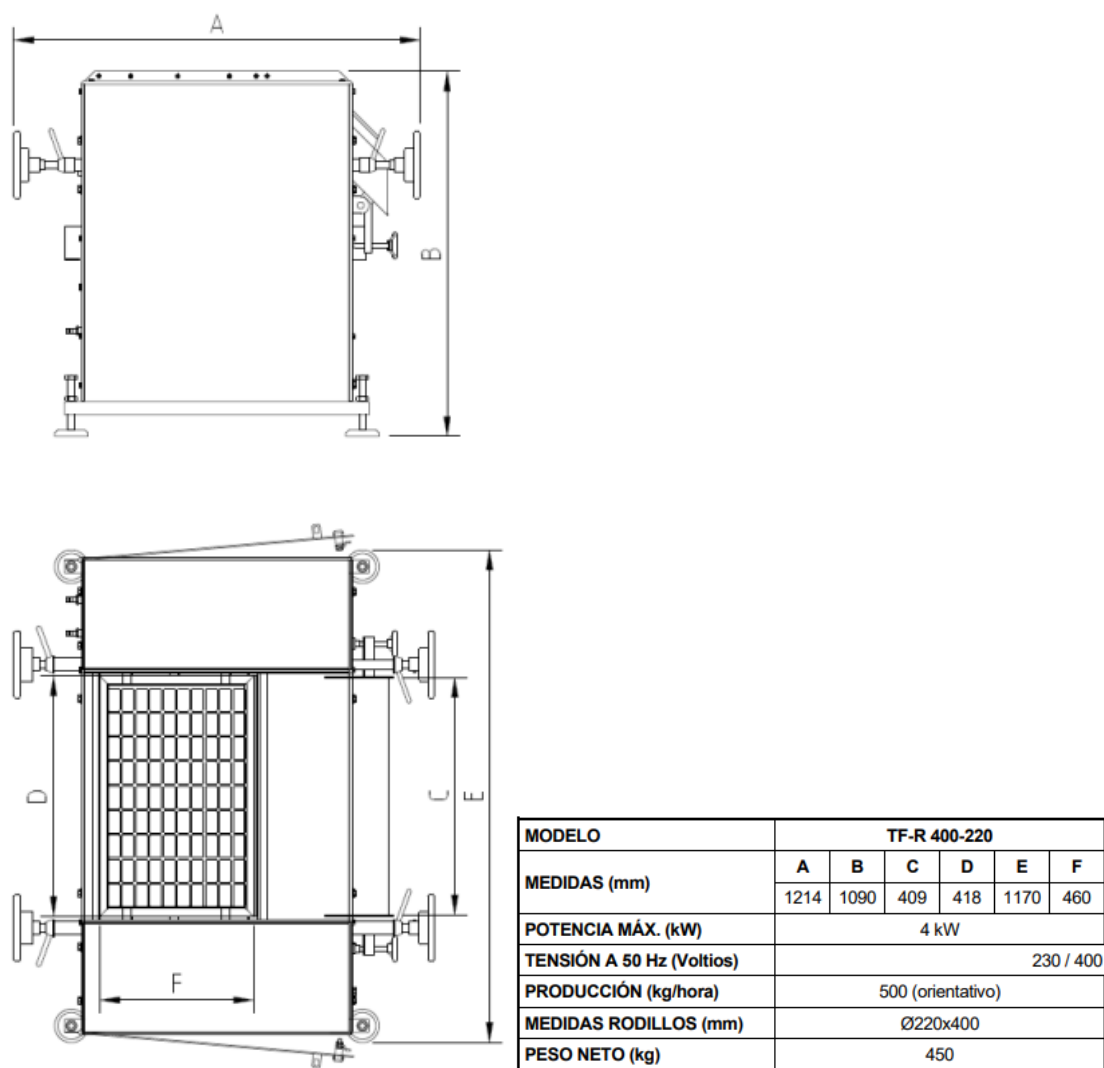


Figura 97. Esquema y dimensiones de la refinadora TF-R-400-220 (Mejisa, 2024).

Fase 2: Tamizado

Se utilizará la descrita en la fase 2 de etapas de elaboración de láminas.

6.1.4. ETAPAS DE CONTROL, PESADO, ENVASADO Y ETIQUETADO

Fase 1: Pesado, envasado y etiquetado

Para el formato pequeño de 0,25- 1 Kg se utilizará la máquina de pesado NEWTEC 2009PC (**figura 98**). Cuenta con nueve cabezales de pesado, con tolvas vibratorias para una distribución óptima de los productos a los cabezales de pesaje (NEWTEC, 2024) (**figura 99**).

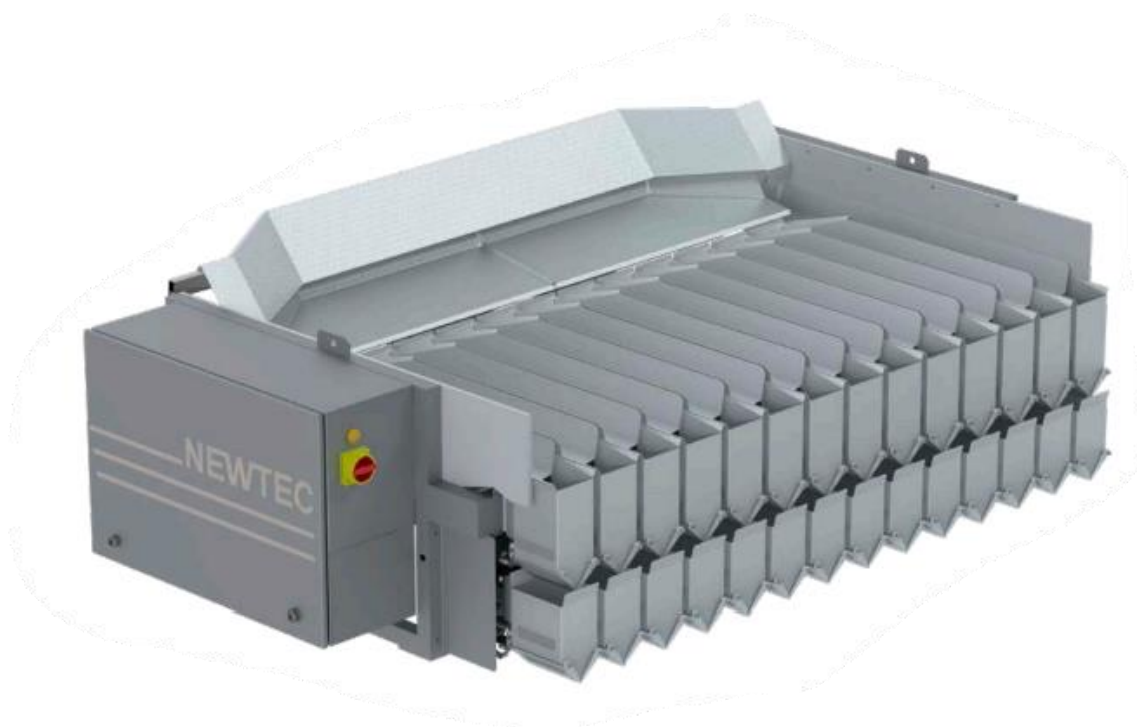


Figura 98. Pesaje de alimentos procesado NEWTEC 2009PC (NEWTEC, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 1,93 m
 - Altura: 1,37 m
 - Largo: 0,72 m
- **Rendimiento:** 60 paquetes/min
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

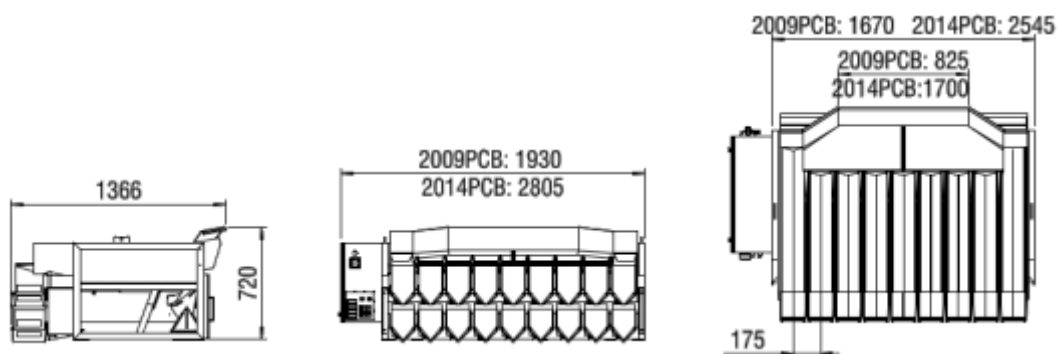


Figura 99. Esquema y dimensiones de pesado de alimentos procesados NEWTEC 2009PC (NEWTEC, 2024).

El envasado en paquetes de los formatos de pequeño tamaño (250-1.000 g) en bolsas se va a realizar en una máquina envolvente vertical (VFFS) VTI 200 (**figura 100**). Permite realizar tres soldaduras, dos transversales y una longitudinal (Ulma, 2024). El film irá en bobinas que ya vendrán con toda la información del etiquetado como se observa en el diseño de la **figura 44**. El envasado se va a realizar en vacío, por lo que previo al termosellado se va a extraer el aire.



Figura 100. Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 marca ULMA Packaging (Ulma, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 0,80 m
 - Altura: 1,90 m
 - Largo: 1,00 m
- **Rendimiento:** 70 paquetes/min
- **Fabricación:** acero inoxidable 18/18 calidad AISI-304

Fase 2: Detector de metales

La fase de detección de metales es un punto crítico de control (**tabla 35**) por lo que la elección de la maquinaria es muy importante para afianzar que el producto es seguro para los consumidores. La máquina seleccionada es un detector de metales MFS11 de la marca Prisma (**figuras 101 y 102**). El detector de metales va dotado de cinta transportadora por la que pasa el producto ya envasado.



Figura 101. Detector de metales MFS11 (Prisma, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 0,94 m
 - Altura: 1,18 m
 - Largo: 0,77 m
- **Rendimiento:** 90 paquetes/min
- **Fabricación:** acero inoxidable IP54-IP65

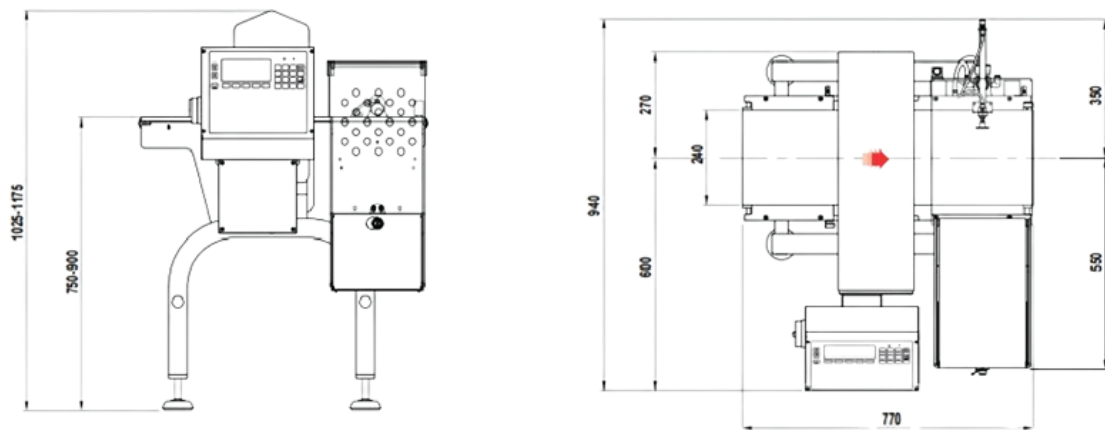


Figura 102. Esquema y dimensiones del detector de metales MFS11 (Prisma, 2024).

6.1.5. MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES

En este apartado se describe la maquinaria necesaria para poder transportar la almendra de una fase a otra (de una máquina a otra). Para ello se tiene que tener en cuenta que la entrada del producto de las máquinas se encuentra a diferente altura que la salida del producto de la anterior máquina (**tabla 47**), por lo que se tienen que utilizar elevadores.

Tabla 47. Altura de entrada y salida de cada máquina utilizada en las diferentes fases.

Etapas	Fase	Altura (m)	
		Entrada	Salida
Etapas de descascarado	2: Mojado	3,30	1,65
	3: Descascarado	2,13	0,50
	4: Selección y calibrado	1,75	0,99
	5: Secado y enfriado	3,70	1,00
Etapas de pelado	1: Pelado térmico	1,30	0,75
	2: Selección y calibrado	1,75	0,99
	3: Enfriado	3,70	1,00
Etapas de elaboración de palitos	1: Cortado	0,77	0,50
	2: Selección y calibrado	0,76	0,55-0,50
Etapas de elaboración de láminas	1: Laminado	0,77	0,50
	2: Selección y calibrado	0,76	0,55-0,50

Tabla 47. *Altura de entrada y salida de cada máquina utilizada en las diferentes fases (cont.)*

Etapa	Fase	Altura (m)	
		Entrada	Salida
Etapas de elaboración de cubos	1: Troceado	1,39	0,75
	2: Selección y calibrado		
Etapas de elaboración de almendra molida	1: Refinado	1,90	0,60
	2: Tamizado	0,76	0,55-0,50

Se van a utilizar cintas transportadoras elevadoras para poder automatizar el paso de una fase a otra. La cinta elegida se puede regular para diferentes alturas, teniendo en cuenta que la altura máxima que hay que elevar es entre la salida de la fase de selección y calibrado a la fase de secado y enfriado. Para transportar el producto de una fase a otra se va a utilizar es un elevador de banda L4545-52R de la marca Camprodón. El transportador de banda inclinada está fabricado con bastidor formado por un perfil extrusionado de aluminio anodizado de sección L-45x45 mm (Camprodón, 2024). Las diferentes posiciones constructivas de la banda permiten el paso a las distintas fases adaptando a el desnivel entre las alturas de salida de una fase y la entrada a la siguiente (*figura 103*).

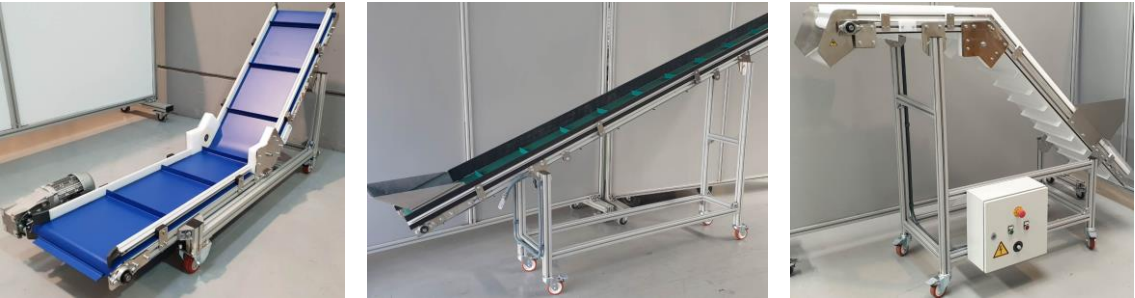


Figura 103. *Diferentes formas constructivas del elevador de banda L4545-52R (Camprodón, 2024).*

Como se observa en la **figura 103**, en algunos casos será necesario utilizar patas de 45x45 que permite una regulación de la inclinación.

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**
 - Ancho: 0,45 m
 - Altura: según la posición constructiva
 - Largo: 0,50 – 6 m
- **Ángulo estándar:** 30° - 45° - 60°
- **Fabricación:** aluminio

Además, hay productos secundarios y el producto terminado que se va a tener que trasladar a los almacenes correspondientes o en el caso de la cáscara a la zona donde se dará el secado al sol. Por esto se va a necesitar transpaletas manuales para trasladar los distintos productos que se irán almacenando en sacos de distintos tamaños en el caso de los residuos y paletizados en el caso del producto final. Se ha elegido la transpaleta manual 2t AM 20 de la marca Junfheincrich (**figura 104**). Se tendrán tres máquinas para trasladar los distintos productos.



Figura 104. Transpaleta manual 2t AM 20 (Junfheincrich, 2024).

Las características de la máquina son:

- **Dimensiones estándar:**

- Ancho: 0,54 m
 - Altura: 1,30 m
 - Largo: 1,54 m
- **Altura máxima de elevación:** 200 mm
- **Fabricación:** acero templado

6.2. SIMULACIÓN DE SISTEMA CON ESPERA

La simulación de sistema con esperas permite el estudio de la congestión permitiendo un flujo de trabajo eficiente y rentable. Para ello se va a utilizar la teoría de colas que evalúa el flujo de materia que se quiere producir (obtenido en el balance de materia) y la capacidad productiva de la maquinaria elegida (rendimientos). Con ello evaluaremos si el rendimiento de una máquina es más bajo que el flujo másico que se quiere producir y con ello, la necesidad de que en esa fase se necesite varias maquinarias para evitar los cuellos de botella o esperas entre fases.

Para realizar el sistema se necesita conocer las siguientes variables:

- λ : número de llegadas por unidad de tiempo. En este caso, serán los kg de almendra/h que entran en la agroindustria para producirse.
- μ : kg/h que puede producir una máquina (rendimiento)
- Ser: número de máquinas en cada fase
- Nodo: fase

Los cálculos se van a realizar a través de una red de colas abierta o red de Jackson, que cumple las siguientes características:

- El flujo másico de almendra puede entrar y salir por cualquier fase
- Las llegadas a cualquier fase siguen un proceso de Poisson
- El tiempo de servicio de cualquiera máquina es exponencial. Puede haber una o varias máquinas en cada fase
- El tamaño de las colas debe ser infinito
- El flujo másico procesado en una fase puede ir a otra fase con una probabilidad de terminada (se puede observar en la **tabla 48, 49 y 50** en las relaciones de la parte final de la tabla)

Se va a realizar tres redes de Jackson donde se estudiará en conjunto las etapas de descascarado, repelado y disminución de tamaño. Se realizará una única red de Jackson para el estudio de elaboración de láminas y palitos debido a que las fases, máquinas y flujos másicos son iguales en los dos productos. Otra red para la obtención de cubitos y finalmente para la obtención de almendra molida.

Los resultados que nos dará la red de Jackson son:

- L: número medio de almendras procesadas en el sistema (kg)
- W: tiempo medio de espera de los clientes (en este caso en horas)
- Lq: número medio de almendra en la cola (esperando a ser tratadas en cada fase)
- Wq: tiempo medio de espera en cola (tiempo de espera a ser tratado en cada fase)
- ρ : factor de utilización o intensidad. El sistema estará saturado si el porcentaje es mayor que 100%.

6.2.1. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS Y PALITOS

Las fases que intervienen en la producción de láminas y bastones se encuentran enumeradas en la columna de nodo de la **tabla 48**. El flujo másico que entra desde fuera del sistema se da solamente en la fase de pre-limpia y mojado (nodo A) y es de 531,46 kg/h (obtenido del balance de masa).

Tras esa fase los flujos másicos se dan entre nodos con la relación que se ve en la parte final de la **tabla 48**. Cuando la probabilidad es menor de 1,00 es debido a que se produce una salida del producto fuera del sistema. Un ejemplo sería en la fase de descascarado (nodo B) que la relación que pasa del nodo B al nodo C es de 0,27 debido a que aproximadamente el 27% de la almendra es pita que es lo que se procesa en la siguiente etapa y el resto (la cáscara) sale de las etapas de elaboración de láminas y palitos.

Para comenzar a estudiar la saturación del sistema se comenzará instalando en cada fase una sola maquinaria.

Los datos que se introducen para realizar la red de colas de Jackson para las etapas de elaboración de láminas y palitos son los siguientes (**tabla 48**).

Tabla 48. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de láminas y palitos.

λ	μ	Ser	Nodo	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1	A.2
531,46	1800	1	A: Mojado	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	1	B: Descascarado	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	1	C: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	2500	1	D: Secado y enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1000	1	E: Escalado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	300	1	F: Extracción de tegumento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00
0	260	1	G: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00
0	2500	1	H: Enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
0	2000	1	A.1: Cortado/laminado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0	300	1	A.2: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Se observa en la **figura 105** que el nodo B (fase de descascarado) se encuentra con un factor de utilización del 204,41%, por lo que la máquina se encuentra saturada y sería necesario para trabajar ese flujo másico una capacidad productiva mayor o instalar varias máquinas en dicha fase. Por ello se va a estudiar la posibilidad de poner dos máquinas en la fase de descascarado.

Node Performance Measures

Node	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1	A.2
γ	531,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
μ	1800	260	260	2500	1000	300	260	2500	2000	300
Servers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
λ	531,46	531,46	143,4942	140,6243	118,1244	118,1244	115,7619	113,4467	113,4467	113,4467
ρ	29,53%	204,41%	55,19%	5,62%	11,81%	39,37%	44,52%	4,54%	5,67%	37,82%
L	0,418954		1,231649	0,059602	0,133947	0,649479	0,802576	0,047536	0,060134	0,608119
Lq	0,123699		0,679748	0,003353	0,015822	0,255731	0,357337	0,002157	0,003411	0,229964
W	0,000788		0,008583	0,000424	0,001134	0,005498	0,006933	0,000419	0,00053	0,00536
Wq	0,000233		0,004737	2,38E-05	0,000134	0,002165	0,003087	1,9E-05	3,01E-05	0,002027

Figura 105. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con una máquina (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).

El factor de utilización cuando se produce con dos máquinas es de 102,20% (**figura 106**), por lo que el sistema sigue estando saturado y se tiene que estudiar la posibilidad de tener que instalar una tercera máquina para el descascarado.

Node Performance Measures										
Node	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1	A.2
γ	531,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
μ	1800	260	260	2500	1000	300	260	2500	2000	300
Servers	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
λ	531,46	531,46	143,4942	140,6243	118,1244	118,1244	115,7619	113,4467	113,4467	113,4467
ρ	29,53%	102,20%	55,19%	5,62%	11,81%	39,37%	44,52%	4,54%	5,67%	37,82%
L	0,418954		1,231649	0,059602	0,133947	0,649479	0,802576	0,047536	0,060134	0,608119
Lq	0,123699		0,679748	0,003353	0,015822	0,255731	0,357337	0,002157	0,003411	0,229964
W	0,000788		0,008583	0,000424	0,001134	0,005498	0,006933	0,000419	0,00053	0,00536
Wq	0,000233		0,004737	2,38E-05	0,000134	0,002165	0,003087	1,9E-05	3,01E-05	0,002027

Figura 106. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con dos máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).

Con tres máquinas para realizar el proceso de descascarado se obtiene un factor de utilización del 68,14%, por lo que el sistema ya no se encuentra saturado en ninguna de las fases (**figura 107**). Por lo que en todas las fases se necesitara una máquina menos en el caso de la etapa de descascarado que se necesitarán tres.

System Performance Measures										
Total number in the network (L)				7,051071						
Total sojourn time through the network (W)				0,013267						
Node Performance Measures										
Node	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1	A.2
γ	531,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
μ	1800	260	260	2500	1000	300	260	2500	2000	300
Servers	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
λ	531,46	531,46	143,4942	140,6243	118,1244	118,1244	115,7619	113,4467	113,4467	113,4467
ρ	29,53%	68,14%	55,19%	5,62%	11,81%	39,37%	44,52%	4,54%	5,67%	37,82%
L	0,418954	3,039075	1,231649	0,059602	0,133947	0,649479	0,802576	0,047536	0,060134	0,608119
Lq	0,123699	0,994998	0,679748	0,003353	0,015822	0,255731	0,357337	0,002157	0,003411	0,229964
W	0,000788	0,005718	0,008583	0,000424	0,001134	0,005498	0,006933	0,000419	0,00053	0,00536
Wq	0,000233	0,001872	0,004737	2,38E-05	0,000134	0,002165	0,003087	1,9E-05	3,01E-05	0,002027

Figura 107. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de láminas y bastones con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).

6.2.2. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE CUBITOS

Teniendo en cuenta que las etapas de descascarado (nodos A, B, C y D) y las etapas de repelado (nodos E, F, G y H) son iguales en cualquiera de las tres elaboraciones se empezará a estudiar el Jackson con los datos obtenidos anteriormente (una máquina para todas las fases exceptuando el nodo B que se necesitarán tres máquinas). Se estudiará si la capacidad productiva del nodo A.1 es suficiente o si se necesita la instalación de otra máquina más. Los datos que se introducen a la red de Jackson son los siguientes (**tabla 49**):

Tabla 49. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de cubitos.

λ	μ	Ser	Nodo	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1
531,46	1800	1	A: Mojado	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	3	B: Descascarado	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	1	C: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	2500	1	D: Secado y enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1000	1	E: Escalado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
0	300	1	F: Extracción de tegumento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00
0	260	1	G: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00
0	2500	1	H: Enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0	1000	1	A.1: Troceado y, selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Se observa en la **figura 108** que el sistema no se encuentra saturado en ninguna de las fases, necesitando solamente una máquina en el nodo A.1.

System Performance Measures

Total number in the network (L)	6,510781
Total sojourn time through the network (W)	0,012251

Node Performance Measures

Node	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1
γ	531,46	0	0	0	0	0	0	0	0
μ	1800	260	260	2500	1000	300	260	2500	1000
Servers	1	3	1	1	1	1	1	1	1
λ	531,46	531,46	143,4942	140,6243	118,1244	118,1244	115,7619	113,4467	113,4467
ρ	29,53%	68,14%	55,19%	5,62%	11,81%	39,37%	44,52%	4,54%	11,34%
L	0,418954	3,039075	1,231649	0,059602	0,133947	0,649479	0,802576	0,047536	0,127964
Lq	0,123699	0,994998	0,679748	0,003353	0,015822	0,255731	0,357337	0,002157	0,014517
W	0,000788	0,005718	0,008583	0,000424	0,001134	0,005498	0,006933	0,000419	0,001128
Wq	0,000233	0,001872	0,004737	2,38E-05	0,000134	0,002165	0,003087	1,9E-05	0,000128

Figura 108. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de cubitos con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).

6.2.3. ETAPAS DE ELABORACIÓN DE ALMENDRA MOLIDA

En este caso se producen dos flujos de entrada al sistema, el explicado anteriormente (531,46 kg/h al nodo A) y el flujo másico que entra a la fase de refinado de las etapas de selección y calibrado de la elaboración de otros productos (12,64 kg/h). Además, se puede observar en la relación de flujo de nodo a nodo que se tiene en cuenta la recirculación en la etapa de tamizado al refinado. Para realizar el Jackson se parte de los resultados obtenido en los casos anteriores (tres máquinas para el nodo B y una máquina para el resto de fases). Los datos que se introducen a la red de Jackson se recogen en la **tabla 50**.

Tabla 50. Datos de tasa de llegada (λ), tasa de servicio (μ), número de maquinaria (Ser.), nodo (fases) y rendimientos de las etapas de elaboración de cubitos.

λ	μ	Ser	Nodo	A	B	C	D	E	F	G	H	A.1	A.2
531,46	1800	1	A: Mojado	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	3.	B: Descascarado	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	260	1	C: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	2500	1	D: Secado y enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1000	1	E: Escaldado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	300	1	F: Extracción de tegumento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00
0	260	1	G: Selección y calibrado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00
0	2500	1	H: Enfriado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
12,64	1000	1	A.1: Refinado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0	300	1	A.2: Tamizado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Como se observa en la **figura 109** el sistema no se encuentra saturado por lo que con una máquina para la fase de refinado y una máquina para la fase de tamizado sería suficiente.

System Performance Measures

Total number in the network (L)	7,252093
Total sojourn time through the network (W)	0,013329

Node Performance Measures

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
γ	531,46	0	0	0	0	0	0	0	12,64	0
μ	1800	260	260	2500	1000	300	260	2500	1000	300
Servers	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
λ	531,46	531,46	143,4942	140,6243	118,1244	118,1244	115,7619	113,4467	126,0867	126,0867
ρ	29,53%	68,14%	55,19%	5,62%	11,81%	39,37%	44,52%	4,54%	12,61%	42,03%
L	0,418954	3,039075	1,231649	0,059602	0,133947	0,649479	0,802576	0,047536	0,144278	0,724997
Lq	0,123699	0,994998	0,679748	0,003353	0,015822	0,255731	0,357337	0,002157	0,018192	0,304708
W	0,000788	0,005718	0,008583	0,000424	0,001134	0,005498	0,006933	0,000419	0,001144	0,00575
Wq	0,000233	0,001872	0,004737	2,38E-05	0,000134	0,002165	0,003087	1,9E-05	0,000144	0,002417

Figura 109. Resultados de la red de Jackson en las etapas de elaboración de almendra molida con tres máquinas (Servers) en la fase de descascarado (nodo B).

6.3. ESQUEMA DE LA MAQUINARIA REQUERIDA

En las **figuras 110, 111 y 112** se recogen las diferentes maquinarias que se utilizan en las distintas fases y las cintas transportadoras/elevadoras que se necesita para la automatización del procesado. En el caso de la fase de descascarado se especifica la necesidad de utilizar tres maquinarias para evitar las esperas como se ha establecido en el epígrafe 6.2.3.

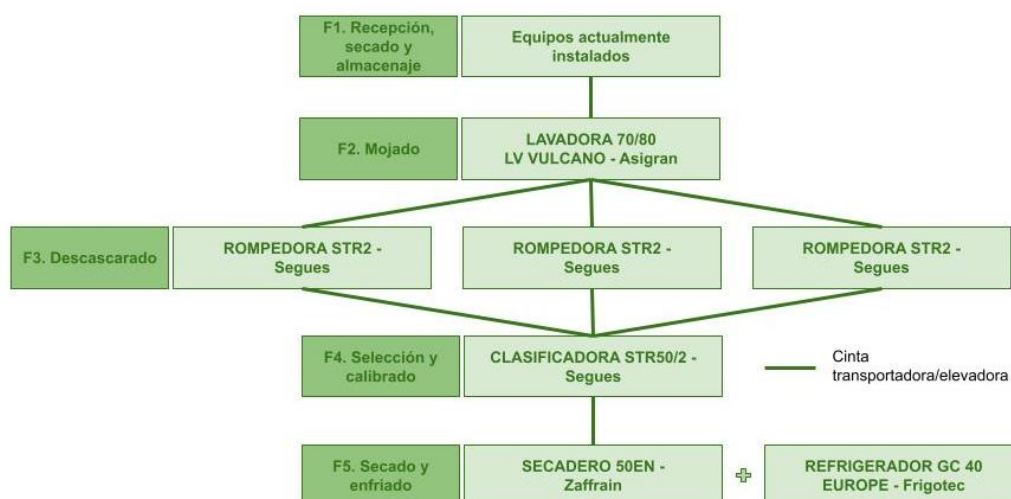


Figura 110. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de descascarado.

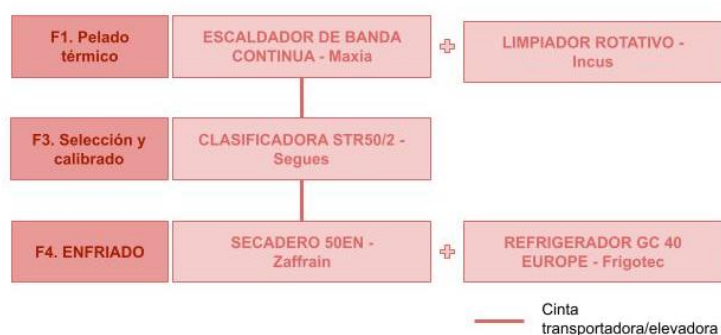


Figura 111. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de repelado.



Figura 112. Esquema de la maquinaria y fases para las etapas de reducción de tamaño.

7. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

7.1. DISTRIBUCIÓN DE TRABAJO

Como se ha indicado anteriormente, se va a trabajar al año un total de 252 días, ya que se han excluido los días que son fiesta nacional, autonómica y local. La jornada laboral será de 8 horas de lunes a viernes.

La fase de secado tras el descascarado, es el proceso que necesita 6 horas para conseguir la humedad óptima para su conservación. Durante las 8 horas de la jornada laboral, se realizarán las fases previas al secado. Una vez terminada la jornada laboral, se realizará la fase de secado, donde se introducirá un flujo de calor a 32 °C durante 6 horas, así al día siguiente se utilizará la almendra a la que se ha realizado la etapa de descascarado el día anterior.

Otro factor que tenemos que tener en cuenta es que se va a distinguir entre la variedad Marcona y el resto de variedades. La variedad Marcona debido a su demanda por sus características organolépticas, se va a procesar individualmente y solamente se va a realizar la etapa de descascarado y posteriormente se envasará y etiquetará para su comercialización.

Teniendo en cuenta estas características que limitan la distribución de trabajo, se utilizará un día a la semana para realizar la etapa de descascarado de la almendra variedad Marcona y el resto de días se procesarán el resto de variedades. En esos cuatro días que se procesan el resto de variedades, se utilizará un día para cada tipo de elaboración de productos de reducción de tamaño: palitos, láminas, cubos y almendra molida, la última donde se utilizará los restos retirados de las fases de selección y calibrado de la obtención de los diferentes productos obtenidos durante los días de esa semana. Como se puede observar en el diagrama de Gannt, se deja un día para el descascarado de la almendra Marcona y el resto de días para el descascarado del resto de las variedades. Teniendo en cuenta que hay un día que no se realizará etapas de reducción de tamaño, ya que no habrá almendra descascarada, éste se empleará para la limpieza de la maquinaria (**figura 113**). En total se realizará cada producto 4 veces al mes.



Figura 113. Diagrama de Gantt de la distribución de trabajo semanal.

Como las etapas de elaboración de palitos y láminas son las mismas y no se va a elaborar los dos productos al mismo tiempo, solo se necesitará una máquina de cada tipo para realizar las dos etapas. Aunque la tamizadora Zeus Feti-0550 se utilice en las etapas de palitos, láminas y almendra molida, se tendrán dos máquinas iguales, una para las etapas de palitos y láminas y otra para la etapa de elaboración de almendra molida.

7.2. NECESIDADES DEL PRODUCTO

En este apartado se van a calcular las necesidades de materia prima y productos auxiliares (envases del producto final).

7.2.1. MATERIAS PRIMAS

Para la obtención de cada producto solo se utiliza la materia prima que es la almendra con cáscara. Cada día se va a procesar 3.500 kg de almendra con cáscara. Dependiendo de la línea en la se esté trabajando se va a producir los siguientes productos finales:

- Almendra entera variedad Marcona: 913,12 kg/día
- Palitos: 885,68 kg/día
- Laminas: 885,68 kg/día
- Cubos: 885,68 kg/día
- Almendra molida: 1.016,40 kg/día

Al día se obtiene 3.180,40 kg de cáscara de almendra que posteriormente se usarán como biomasa para el secado. La cáscara de almendra que se va a utilizar como biomasa al día para la fase de secado es de 31,08 kg.

7.2.2. PRODUCTOS AUXILIARES

Envases:

Dependiendo del producto y el consumidor final se va a utilizar un formato de envasado diferente. Cuando el destino final es la venta al por menor, la almendra entera de la variedad Marcona y la almendra molida se va a envasar en bolsas de 1 kg. El resto de productos se envasarán en formatos de 250 gr. Cuando va destinada a industrias pasteleras se van a envasar en sacos de 25 kg la almendra de variedad Marcona y la almendra molida. El resto de productos se envasará en sacos de menor tamaño (12,5 kg) ya que el uso final de las láminas, palitos y cubos es decorativo.

Para efectuar los cálculos de las necesidades de cada tipo de formato de bolsa se va a estimar que la producción de cada mes es para cada tipo de consumidor final.

- Venta al por menor:

$$913,12 \frac{kg \text{ de almendra Marcona}}{día} \times \frac{1 \text{ bolsa}}{1 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 3.653 \frac{bolsas}{mes}$$

$$885,68 \frac{kg \text{ de láminas}}{día} \times \frac{1 \text{ bolsa}}{0,25 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 14.171 \frac{bolsas}{mes}$$

La producción mensual y el formato es el mismo en las láminas, palitos y cubos. Por lo que para cada producto se necesitan 14.171 bolsas.

$$1.016,40 \frac{kg \text{ almendra molida}}{día} \times \frac{1 \text{ bolsa}}{1 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 4.067 \frac{bolsas}{mes}$$

Se necesitarán 7.720 bolsas de formato de 1 kg y 42.513 bolsas de formato de 250 gr.

- Venta a industria pastelera:

$$913,12 \frac{kg \text{ de almendra Marcona}}{día} \times \frac{1 \text{ saco}}{25 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 146 \frac{sacos}{mes}$$

$$885,86 \frac{kg \text{ de láminas}}{día} \times \frac{1 \text{ saco}}{12,50 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 284 \frac{sacos}{mes}$$

La producción mensual y el formato es el mismo en las láminas, palitos y cubos. Por lo que para cada producto se necesitan 284 sacos.

$$1.016,40 \frac{kg \text{ almendra molida}}{día} \times \frac{1 \text{ saco}}{25 \text{ kg}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 163 \frac{sacos}{mes}$$

Se necesitarán 309 sacos de formato de 25 kg y 852 sacos de formato de 12,50 gr.

Pallets:

El pallet más común en la industria para el almacenamiento es el pallet europeo. Tiene unas medidas de 1.200 x 800 x 145 mm. Es un pallet de madera, que se va a usar para

colocar el producto final antes de llevarlo al almacén y también se usará para transportar volúmenes grandes y pesados.

Cajas de cartón: para facilitar el almacenaje y el transporte a las industrias se utilizan cajas de cartón de embalaje.

Big bag:

Para recoger las cáscaras que se obtienen en el descascarado y trasladarlas hasta la zona de secado se utilizaran sacas de 1.000 kg que tienen unas dimensiones de 100 x 100 x 200 cm. Como las sacas solo se van a utilizar para recoger y transportar hasta la zona de secado donde allí se procederá a su descarga para extenderlas, se necesitarán 3 sacas, y se cambiarán cada 15 días o cuando se produzca una rotura de ellas. Es por ello, que se estima que se necesitarán 6 sacas al mes.

Para los residuos que se producen en las zonas de selección y calibrado como el volumen que se produce es mucho menor se utilizaran sacas de 100 kg con unas dimensiones de 45 x 45 x 45 cm con asas para facilitar su traslado. En las máquinas de selección y calibrado de las etapas de descascarado y de repelado hay que tener en cuenta que se hacen diferenciaciones, ya que unas se rechazan por color anómalo (y no vuelven a la línea de procesado) y otras por rotura que esas se utilizan en la fase de refinado para la obtención de almendra molida. Es por ello que en esas fases se necesitaran que estén dos sacas a la vez mientras trabaja la máquina.

Fase de selección y calibrado – Etapa de descascarado:

$$1,45 \frac{kg \text{ rechazo por color anómalo}}{h} \times \frac{8 h}{1 \text{ día}} \times \frac{21 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ big bag}}{100 kg} \approx 3 \frac{sacas}{mes}$$

Fase de selección y calibrado – Etapa de repelado

$$1,17 \frac{kg \text{ rechazo por color anómalo}}{h} \times \frac{8 h}{1 \text{ día}} \times \frac{21 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ big bag}}{100 kg} \approx 2 \frac{sacas}{mes}$$

Mientras que en el caso de las sacas que almacenan las que han sido rechazadas por rotura y se utilizaran en la fase de refinado se vaciaran el día de la semana que se produzca almendra molida, y posteriormente se volverán a utilizar. Se estima que cada mes se tendrán que cambiar. Por lo que se necesitarán 2 sacas cada mes. En el resto de fases de selección y calibrado para obtener palitos, láminas y cubos solamente se necesitará una saca, se vaciará el día de la semana que se produzca almendra molida, y posteriormente se volverán a utilizar. Se renovarán cada mes.

Se necesitarán entre todas las fases de selección y calibrado 9 sacas de 100 kg cada mes.

Film enfardado: sirve para asegurar las cargas sobre el pallet mediante la utilización de film plástico.

7.3. MANO DE OBRA

Para calcular el dimensionado también es importante saber la mano de obra necesaria para que calcular el espacio para favorecer el flujo y el ambiente de trabajo. La mano necesaria en la industria consta de:

- *Director gerente*: encargado de toda la fábrica. Realizará las funciones de todos los aspectos económicos-financieros, así como la venta y distribución del producto final.
- *Encargado*: responsable del proceso de producción, así como de las operaciones de compra de materias primas y productos auxiliares. Esta persona llevará el control desde que la almendra entra en la industria hasta la obtención del producto terminado.
- *Operarios*: habrá cinco tipos de operarios cuyas funciones serán las siguientes:
 - *Recepcionista*: una persona se encargará de la recepción de la materia prima y realizar el albarán de recepción de la materia. Además, de otros ayudar a el departamento administrativo.
 - *Administrativo*: llevará la organización de la empresa en cuanto a tramitación y elaboración de documentos, llevará la contabilidad de la empresa y atención a las visitas o consultas.
 - *Operarios de la línea de procesado*: se encargarán de que todo funcione correctamente en la línea productiva y en caso de algún fallo avisar al encargado. Habrá un operario que se encargará en colocar el producto envasado y etiquetado en los palets para trasladarlos al almacén de productos terminados.
 - *Carretillero*: un carretillero se encargará de trasladar los palets del producto envasado y paletizado hasta el almacén de productos terminados.
 - *Personal de limpieza*: hay dos personas encargadas de la limpieza de la industria.

Actualmente en la empresa ya están trabajando un director gerente, un encargado y un operario de línea. La ampliación de la industria creará cinco puestos de trabajo nuevos.

7.4. LAYOUT

La distribución en planta (*layout*) tiene como objetivo de optimizar el uso del espacio, el esfuerzo, el flujo de materiales y la seguridad de los trabajadores. Las ventajas de una buena distribución:

- Reducción del riesgo y aumento de la seguridad del personal y productos
- Incremento de la producción: mayor producción a un coste igual o menor, menor necesidad de mano de obra-hora y reducción de horas de maquinaria
- Ahorro del área ocupada (áreas de producción, almacenamiento y servicios)
- Reducción del movimiento de materiales
- Disminución de los retrasos de producción
- Acortamiento del transporte durante la fabricación.
- Reducción del trabajo administrativo e indirecto, logrando una supervisión más fácil

Además de la zona de procesado, la industria tiene las siguientes zonas:

- Oficinas
- Vestuarios y baños masculinos y femeninos
- Comedor/área de descanso
- Muelle de expedición
- Almacén de los productos finales
- Almacén de los productos auxiliares
- Almacén del producto terminado
- Almacén de residuos
- Cuarto de limpieza
- Aparcamientos

No se indica el muelle de recepción ni el almacén/silos de la materia prima debido a que, ya está instalado en la actualidad. Se van a tener que tener en cuenta para la distribución de la planta ya que es el punto de inicio del procesado. Para almacenar las cáscaras de almendra y que se realice el secado solar se tiene que tener en cuenta el espacio necesario para un porche que evite que en periodos de lluvias la cáscara no capte humedad y permita la entrada del sol para que se realice el secado.

7.4.1. REQUIERIMIENTO DE ESPACIO MÍNIMO EN LA ZONA DE PROCESADO

Para calcular el espacio mínimo en la zona de procesado se va aplicar el método de Guerchet, el cual permite determinar las áreas requeridas para el puesto de trabajo, por lo que es necesario conocer el número y tamaño de las máquinas y equipos imprescindibles para la producción (Plua, S., et al., 2023).

La superficie total (S_T) requerida se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_T = S_s + S_g + S_e$$

Donde:

- Superficie estática (S_s): superficie ocupada físicamente por la maquinaria y demás instalaciones
- Superficie de gravitación (S_g): superficie utilizada por los operarios que están trabajando en el equipo y por la materia que se está procesando. Se obtiene mediante el producto de la superficie estática y el número de accesos del equipo (n)

$$S_g = S_s \times n$$

- Superficie de evolución (S_e): superficie necesaria entre los distintos puestos de trabajo para el movimiento fluido del personal y materia. Para su cálculo se utiliza el coeficiente de evolución (k) en función del tipo de industria, que se recogen en la **tabla 53**. Se obtiene mediante el producto k con la suma de la superficie estática y la superficie de gravitación

$$S_e = (S_s + S_g) \times k$$

Tabla 51. Coeficiente de evolución en función del tipo de industria (Plua. S, et al., 2023).

Tipo de industria	k
Gran industria, manutención mediante puente grúa	0,05-0,15
Trabajo en cadena, con transportador mecánico (En los cálculos realizados se ha utilizado una k= 0,25)	0,10-0,25
Textil. Hilado	0,05-0,25
Textil. Tejido	0,5-1
Relojería, joyería	0,75-1
Pequeña mecánica	1,5-2
Industria mecánica	2-3

Aplicando el método Guerchet a los equipos, se obtiene los resultados que se pueden observar en la **tabla 52**.

Tabla 52. Resultados obtenidos para cada zona de la industria siguiendo el método Guerchet.

Fase	Dimensiones (m)	Accesos (n)	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	St (m ²)
Zona de descascarado (151,87 m²)						
Pre-limpia y mojado	A: 3,54 L: 6,96	1	24,64	24,64	12,32	61,60
Descascarado (x 3 máquinas)	A: 1,05 L: 2,05	2	2,15	4,31	1,62	8,08 24,24
Selección y calibrado	A: 1,45 L: 4,34	2	6,30	12,60	4,73	23,63
Secado y enfriado	A: 2,95 L: 5,75	1	16,96	16,96	8,48	42,40
Zona de pelado (94,53 m²)						
Pelado térmico	A: 1,00 L: 3,60	2	3,60	7,20	2,70	13,50
	A: 1,50 L: 4,00	1	6,00	6,00	3,00	15,00
Selección y calibrado	A: 1,45 L: 4,34	2	6,30	12,60	4,73	23,63
Secado y enfriado	A: 2,95 L: 5,75	1	16,96	16,96	8,48	42,40

Tabla 52. Resultados obtenidos para cada zona de la industria siguiendo el método Guerchet (cont.).

Fase	Dimensiones (m)	Accesos (n)	Ss (m²)	Sg (m²)	Se (m²)	St (m²)
Zona de reducción de tamaño (18,27 m²)						
Etapas de elaboración de palitos y láminas (4,45 m²)						
Cortado	A: 0,90	1	1,18	1,18	0,59	2,95
Laminado	L: 1,31					
Selección y calibrado	Ø: 0,71	2	0,40	0,80	0,30	1,50
Etapas de elaboración de cubos (7,01 m²)						
Troceado	A: 0,80	2	1,87	3,74	1,40	7,01
Selección y calibrado	L: 2,33					
Etapas de elaboración almendra molida (6,81 m²)						
Refinado	A: 1,21	2	1,42	2,83	1,06	5,31
	L: 1,17					
Tamizado	Ø: 0,71	2	0,40	0,80	0,30	1,50
Zona de control, envasado y etiquetado (9,22 m²)						
Pesado	A: 1,93	1	1,39	1,39	0,70	3,48
	L: 0,72					
Envasado y etiquetado	A: 0,80	2	0,80	1,60	0,60	3,00
	L: 1,00					
Detector de metales	A: 0,94	2	0,73	1,46	0,55	2,74
	L: 0,77					
S _T de la zona de procesado: 273,89 m²						

7.4.2. DIMENSIONADO DE LA INDUSTRIA

El resto de las zonas de la industria no se calcula el espacio con el método Guerchet. Se recoge en la **tabla 53** la superficie del resto de las zonas de la empresa.

Tabla 53. Dimensiones necesarias para cada zona.

Zonas	Superficie (m ²)
Oficinas	20,00
Vestuarios/baños	50,00

Tabla 53. Dimensiones necesarias para cada zona (cont.).

Zonas	Superficie (m ²)
Comedor/área de descanso	15,00
Muelle de expedición	70,00
Almacén de los productos terminados	70,00
Almacén de los productos auxiliares	50,00
Almacén de los residuos	50,00
Cuarto de limpieza	12,00
Secadero solar/almacén de cáscara de almendra	100,00
Aparcamientos	150,00

Para garantizar el movimiento entre las distintas zonas (pasillos) se va a aumentar la superficie en un 15,00%. Además, con previsión de que en un futuro el volumen de producción pueda aumentar, la zona de producción y los almacenes se dimensionara un 30,00% más que la superficie calculada. Finalmente se obtiene la superficie necesaria de la industria que se recoge en la **tabla 54**, teniendo en cuenta también la superficie ya instalada en la actualidad.

Tabla 54. Espacio necesario de la agroindustria.

Zonas	Superficie (m2)	Procesos productivos (30,00 %)	Espacio para movimiento (15,00%)	Total (m2)
Zona interior (755,29 m²)				
Oficinas	20,00	-	3,00	23,00
Vestuarios/baños	50,00	-	7,50	57,50
Comedor/área de descanso	15,00	-	2,25	17,25
Almacén de los productos terminados	70,00	21,00	10,50	101,50
Almacén de los productos auxiliares	50,00	15,00	7,50	72,50
Almacén de los residuos	50,00	15,00	7,50	72,50
Cuarto de limpieza	12,00	-	1,90	13,90
Zona de procesado	273,89	82,17	41,08	397,14

Tabla 54. Espacio necesario de la agroindustria (cont.).

Zonas	Superficie (m ²)	Procesos productivos (30,00 %)	Espacio para movimiento (15,00%)	Total (m ²)
Zona de exterior (401,00 m²)				
Secadero solar/almacén de cáscara de almendra	100,00	30,00	15,00	145,00
Aparcamiento	150,00	-	22,50	175,50
Muelle de expedición	70,00	-	10,50	80,50
Zona ya instalada en la actualidad (1.726,21 m²)				
de las cuales zona de recepción y almacenaje (878,59 m²)				
Superficie mínima total de la agroindustria: 2.882,50 m²				

Este será el espacio mínimo que necesitaría para la industria, pero en búsqueda de que la nave sea lo más rectangular posible y teniendo en cuenta la orografía del terreno la industria contará con una nave de 770,00 m², con 35,00 m de longitud y 22,00 metros de luz. Por otro lado, el porche donde se realizará la fase de secado solar para las cáscaras de almendra tendrá los mismos metros de longitud de la nave y 4,15 metros de lado, teniendo finalmente una zona final de 145,25 m². La industria constará finalmente con todas las zonas una superficie total de 2.897,46 m².

7.4.3. DISTRIBUCIÓN CON MARCO LAYOUT

Para la distribución en planta se va a desarrollar con un Excel denominado *layout*. Se va a realizar el *layout* con las zonas de interior y dos puntos fijos: las instalaciones que ya hay en la actualidad (zona de recepción y almacenaje de la materia prima) y el muelle de expedición. Además de indicar las dimensiones de la nave (35 x 22 m) (**figura 114**).

Layout Data

Problem Name:	Production
Number Depts.:	8
Fixed Points:	2
Dimension:	m



Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	35	35
Width-m	22	22
Area-sq.m	770	770

Figura 114. Información sobre las dimensiones y departamento del Excel Layout.

A continuación, se indica los departamentos y la superficie de cada uno de ellos (**figura 115**).

Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	Oficina	V	23	23
Dept. 2	Vestuario/Baños	V	57,5	58
Dept. 3	Comedor/Area de descanso	V	17,25	18
Dept. 4	A. Productos terminados	V	101,5	102
Dept. 5	A. Productos auxiliares	V	72,5	73
Dept. 6	A. Residuo	V	72,5	73
Dept. 7	Cuarto de limpieza	V	13,9	14
Dept. 8	Zona de procesado	V	397,14	398

Figura 115. Información sobre los departamentos.

Se tiene que relacionar la necesidad de que los departamentos estén unidos es por ello que se darán valores de 1(sin importancia), 10 (ordinaria), 100 (importante), 1.000 (muy importante), 10.000 (especialmente importante) y 100.000 (absolutamente necesario) dependiendo de la necesidad de que las distintas zonas estén cerca. Se indicará en una tabla en forma de matriz con los valores de relación entre las distintas zonas como se observa en la **figura 116**. Se establece que el coste del movimiento entre las distintas zonas es el mismo entre todos ellos.

Flow Matrix

		TO							
FROM		Oficina	Vestuario/Baños	Area de descanso	A. Productos terminados	A. Productos auxiliares	A. Residuo	Cuarto de limpieza	Z. Procesado
Oficina		0	1	1	1	1	1	1	10
Vestuario/Baños		1	0	1	1	1	1	1	100
Area de descanso		10	10	0	1	1	1	1	10
A. Productos terminados		1	1	1	0	1	1	1	1000
A. Productos auxiliares		1	1	1	1	0	1	1	1000
A. Residuo		1	1	1	1	1	0	1	1000
Cuarto de limpieza		1	1	1	1	1	1	0	1
Z. Procesado		1	1	1	1000	1000	1000	1	0

Fixed Points

	Almacen producto inicial	Muelle de expedición
x-Prop.	0,5	1
y-Prop.	1	0
	1	1
	1	1
	1	1
	1	100000
	100	1
	100	10000
	1	1
	100000	1

Figura 116. Relación de deporte y costes de movimientos.

El programa optimiza la distribución en planta minimizando los costes en movimientos. Como los costes entre los departamentos se ha establecido como hemos visto anteriormente de forma simbólica con un valor de 1 en todos los departamentos, se tiene en cuenta la necesidad de algunas zonas de que estén unidas favoreciendo el flujo de material, la seguridad del personal y la higiene en todo el proceso.

Las coordenadas de los distintos departamentos se pueden observar en la **figura 117** y se puede observar la distribución en planta obtenida por el programa en la **figura 118**.

Facility Layout

Problem Name:	Production	Method:	Sequence
Number Depts.:	8	Layout:	Aisle
Length(cells):	35	Fill Departments:	No
Width(cells):	22	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	770	Number Aisles:	5
Cost:	7273211	Dept. Width:	5

Department	Color	Area-required	Area-defined	x-centroid	y-centroid	Sequence
Oficina	1	23	23	2,36956525	2,326087	1
Vestuario/Baños	2	58	58	2,51724148	10,3965521	2
Almacén/Area de descarga	3	18	18	2,5	18	3
Productos terminados	4	102	102	3,77450991	28,666666	4
Productos auxiliares	5	73	73	7,5	22,5	5
A. Residuo	6	73	73	7,48630142	7,89726019	6
Cuarto de limpieza	7	14	14	11,5	1	7
Zona de procesamiento	8	398	398	15,9623117	17,5452271	8

Figura 117. Coordenadas de las distintas zonas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	1	1	1	1	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
2	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
3	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	1	1	1	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
11	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
12	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
13	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
14	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
15	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
16	2	2	2	2	2	5	5	5	5	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
17	2	3	3	3	3	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
18	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
19	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
20	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
21	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
22	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
23	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
24	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
25	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
26	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
27	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
28	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
29	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
30	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0
31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0
32	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0
33	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0
34	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0

Figura 118. Distribución en planta de los departamentos obtenidos con el Excel marco Layout.

Con el objetivo de facilitar la construcción y hacer las zonas lo más rectangulares posibles se reajustado los espacios para adaptar a las dimensiones de la nave y se ha añadido espacio de pasillo en las zonas que tiene que estar conectadas, quedando finalmente las superficies de cada zona recogidas en la **tabla 55**.

Tabla 55. Dimensiones finales de cada zona de la industria.

Zonas	Superficie (m²)
1 – Oficinas	24,00
2 - Vestuarios/baños	58,00
3 - Comedor/área de descanso	12,00
4 - Almacén de los productos terminados	102,00
5 - Almacén de los productos auxiliares	72,00
6 - Almacén de los residuos	72,00
7 - Cuarto de limpieza	12,00
8 - Zona de procesado	398,00
0 – Pasillo	20,00
TOTAL	770,00

La distribución en planta final se observa en la **figura 119**.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
13	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
14	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
15	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
18	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
27	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
28	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
29	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
30	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
32	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
33	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
34	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2

1	Oficinas	4	A. Producto terminado	7	Cuarto de limpieza
2	Vestuarios	5	A. Productos auxiliares	8	Zona de procesado
3	Área de descanso	6	A. Residuos	0	Pasillo

Figura 119. Distribución final en planta

8. VIABILIDAD ECONÓMICA

8.1. GASTOS DE INVERSIÓN

Los gastos de inversión (I_0) son aquellos gastos que se realizan para iniciar la actividad, es decir, la adquisición de la parcela, la construcción de la nave, instalaciones y la maquinaria descrita en el Apartado 6.

El precio del suelo en el polígono de los Lindazos es de 37,67 €/m². Teniendo en cuenta la superficie que se requiere para la ampliación de las instalaciones actuales, se necesita adquirir la parcela colindante que cuenta con una superficie de 1.352,98 m². La adquisición de la parcela conllevará una inversión de 50.969,18 €.

Para poder determinar el coste se ha estudiado el presupuesto de varios proyectos de construcciones agroindustriales. Finalmente se ha tomado como valor de referencia de la obra civil el Proyecto Fin de Carrera de Marta Casado Martínez: “Ingeniería básica de una fábrica de zumo ecológico de manzana y pera en el término municipal de Moros (Zaragoza)”. El proyecto tiene un presupuesto del total en **obra civil e instalaciones** (sin maquinaria ni adquisición de terreno) de 530.017,32 € (sin IVA) para 968 m². Por lo que se estima un coste de 547,54 €/m². El gasto final en obra civil e instalaciones asciende a **421.604,69 €**.

El coste de las licencias de obra se va a estimar en un 8,00% del coste de la obra civil e instalaciones. Por lo que se estima un coste de 33.728,38 €.

Para estimar los costes de seguridad y salud, se toma como referencia el Proyecto Fin de Carrera de Víctor Javier Saénz Soria: “Industria de elaboración de frutas mínimamente procesadas”. El valor de referencia es de 28.576,45 € para 1.950 m², por lo que el precio unitario se establece en 14,65 €/m². El gasto en salud y seguridad del proyecto se estima en 11.280,50 €.

Para estimar los costes de las instalaciones contra incendios, se toma como referencia el Proyecto Fin de Carrera de Sofia Nieves Calvo: “Proyecto de diseño y construcción de una fábrica de cerveza artesanal en el municipio de Sallent de Gállego (Huesca)”. El valor de referencia es de 1.025,60 € para 798 m², por lo que el precio unitario se establece en 1,29 €/m². El gasto en las instalaciones contra incendios es de 989,61 €.

El gasto en maquinaria se recoge en la **tabla 56** que se observa a continuación:

Tabla 56. Precio de la maquinaria.

Maquinaria	Ud	Precio unitario (€)	Precio sin IVA (€)	Precio con IVA (+ 21,00%, €)
Lavadora 70/80 LV Vulvano – Asigran	1	23.120,00 €	23.120,00 €	27.975,20 €
Rompedora STR2 -Segues	3	17.120,00 €	51.360,00 €	62.145,60 €
Clasificadora STR50/2 – Segues	1	12.650,00 €	12.650,00 €	15.306,50 €
Secadero 50EN – Zaffrain	2	15.000,00 €	30.000,00 €	36.300,00 €
Refrigerador GC 40 Europe – Frigotec	2	3.500,00 €	7.000,00 €	8.470,00 €
Escaldador de banda continua – Maxia	1	22.000,00 €	22.000,00 €	26.620,00 €
Limpiador rotativo – Incus	1	12.780,00 €	12.780,00 €	15.463,80 €
Cortadora Model CC – Urschel ®	1	8.950,00 €	8.950,00 €	10.829,50 €
Tamizadora Zeus FTI-0550 – Filtra Vibración	2	9.876,00 €	19.752,00 €	23.899,92 €
Trituradora – Clasificadora F-TC – Mejisa	1	16.325,00 €	16.325,00 €	19.753,25 €
Refinadora TF-R-400-220 – Mejisa	1	9.630,00 €	9.630,00 €	11.652,30 €
Pesadora 2009PC – NEWTEC	1	25.000,00 €	25.000,00 €	30.250,00 €
Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 - ULMA Packaging	1	9.390,00 €	9.390,00 €	11.361,90 €
Detector de metales MFS11 -Prisma	1	11.756,00 €	11.756,00 €	14.224,76 €
Elevador de banda L4545-52R – Camprodon	23	4.500,00 €	103.500,00 €	125.235,00 €
Transpaleta manual 2t AM – Jungheinrich	3	782,00 €	2.346,00 €	2.838,66 €
TOTAL				442.326,39

En la **tabla 57** se recogen todos los gastos de inversión:

Tabla 57. Gastos de inversión.

Tipo de gasto	Total (€)
Obra civil e instalaciones	421.604,69
Salud y seguridad	11.280,50
Gastos generales (13 %)	56.275,08
Beneficio industrial (6 %)	25.973,11
Maquinaria	349.437,85
Terreno	50.969,18
Licencias de obra	33.728,38
TOTAL (sin IVA)	949.268,79
IVA (21 %)	199.346,45
TOTAL con IVA	1.148.615,23

El gasto de inversión total ascienda a **1.148.615,23 €**.

8.2. COSTES

La Real Academia Española define coste como el gasto realizado para la obtención o adquisición de una cosa o de un servicio (RAE, 2024). Se puede diferenciar entre los gastos ordinarios o extraordinarios.

Los gastos ordinarios son aquellos que, además de ser necesarios, se caracterizan por ser previsibles y periódicos. Mientras que los gastos extraordinarios son aquellos que no están planificados y que ocurren de manera inesperada.

8.2.1. COSTES ORDINARIOS

Los costes ordinarios son aquellos que tienen lugar debido al desarrollo normal de la empresa. Los gastos ordinarios son los siguientes:

Costes de las instalaciones de recepción, secadero y almacenaje: los gastos anuales que se han recogido en los últimos años. En ellos está incluido la energía eléctrica, consumo de agua, mantenimiento (obra e instalaciones y maquinaria), entre otros. El coste de las instalaciones de recepción, secado y almacenaje que hay instaladas en la actualidad son aproximadamente de **64.360,00 €**.

Personal: como hemos especificado anteriormente la empresa va a contar con el siguiente personal y va a conllevar el coste que se recoge en la **tabla 57**.

Tabla 58. Costes de personal.

Puesto	Nº personal	Salario (€/mes)	Pagas	Total (€/año)
Directo gerente	1	2.500,00	14	35.000,00
Encargado	1	1.750,00	14	24.500,00
Administrativo	1	1.200,00	14	16.800,00
Recepcionista	1	1.100,00	14	15.400,00
Operarios de línea	2	1.200,00	14	33.600,00
Carretilleros	1	1.100,00	14	15.400,00
Personal de limpieza	2	1.090,00	14	30.520,00
TOTAL SIN S.S				171.220,00
S.S (35,00 %)				59.927,00
TOTAL CON S.S				231.147,00

Se estima un coste de mano de obra de **231.174,00 €/año**.

Materia prima: en este caso la única materia prima que se va a adquirir es la almendra. El precio de la almendra fluctúa anualmente para hacer el cálculo se va hacer una estimación del precio medio de la almendra, diferenciando entre Marcona y el resto de variedades se hará una media entre todas ellas. El precio que viene marcado en las lonjas es el precio que se paga en el mercado que es de la almendra ya en pita. Para ajustarlo al precio que se le pagará al proveedor que es la almendra con cáscara se tiene que hacer una relación a través del rendimiento de la almendra. El rendimiento varía con la variedad, siendo el rendimiento de la variedad *Marcona* del 25,00% y el rendimiento del resto de las variedades suele ser del 29,00%.

El precio de mercado de la variedad *Marcona* suele estar en torno al 5,34 €/kg de pita.

$$3.500 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{día}} \times \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \\ = 168.000,00 \text{ kg de almendra con cáscara/año}$$

$$168.000,00 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{año}} \times \frac{25 \text{ kg de pita}}{100 \text{ kg de almendra con cáscara}} \times \frac{5,34 \text{ €}}{1 \text{ kg}} \\ = 224.280,00 \text{ €/año}$$

Por lo que se estima un costo anual en adquisición de almendras de variedad *Marcona* de 224.800,00 €

Del resto de variedades se va a necesitar 714.000,00 kg/año y el precio medio en las lonjas va aproximadamente 4,20 €/kg de almendra pita.

$$714.000,00 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{año}} \times \frac{29 \text{ kg de pita}}{100 \text{ kg de almendra con cáscara}} \times \frac{4,20 \text{ €}}{1 \text{ kg}} \\ = 869.652,00 \text{ €}$$

Por lo tanto, los costes de la materia prima se estiman en **1.093.932,00 €/año**.

Materiales auxiliares:

Para los envases hay que diferenciar entre los distintos formatos y el etiquetado viene impreso en el envase con el que se va a comercializar. Se recoge las cantidades de los distintos materiales auxiliares y los costes en la **tabla 59**.

Tabla 59. Coste de los materiales auxiliares.

Envase	Ud./año	Precio unitario (€/Ud)	Precio total (€/año)
Bolsas 1,00 kg	46.320	0,15	6.948,00 €
Bolsas 250 gr	255.078	0,1	25.507,80 €
Sacos 25,00 kg	1.854	0,22	407,88 €
Sacos 12,50 kg	5.112	0,13	664,56 €
Palets	1.000	3,5	3.500,00 €
Big bag 1000 kg	72	4,51	324,72 €
Big bag 100 kg	105	6,15	645,75 €
Cajas de cartón	3.000	0,15	450,00 €
Film enfardado	2.000	6,45	12.900,00 €
TOTAL			51.348,71 €

Los costes estimados para los materiales auxiliares son de **51.348,71 €/año**.

Consumo de agua:

El consumo de agua se va a deber principalmente por la fase de mojado y fase de escaldado. A menor medida al consumo por uso del personal (servicios, vestuarios) y el lavado de los equipos. El coste de todo el consumo de agua se puede observar en la **tabla 60**.

Tabla 60. Conste de consumo de agua.

Uso	Consumo (m³/tiempo)			Precio unitario (€/m³)	TOTAL, sin IVA (€/año)	TOTAL, con IVA (€/año)
	Diario	Mensual	Anual			
Lavadora	1,46	30,66	367,92	1,06	390,00	471,89
Escaldador	0,80	16,80	201,60	1,06	213,70	258,57
Lavado equipos	-	-	300,00	1,06	318,00	384,78
Uso personal	0,35	7,35	88,20	1,06	93,49	113,13
TOTAL						1.228,37

A este coste variable por el consumo de agua se tiene que sumar el coste fijo que establece la compañía que se estima en 10,40 €/mes, lo que hace una cuantía anual de 124,80 €/año. El coste de agua se estima en **1.353,17 €/año**.

Saneamiento: el agua utilizada para el proceso como por el uso personal va a ir a la red de saneamiento municipal. La tasa de saneamiento y alcantarillado municipal es de 0,15 €/m³. Por lo que se estima el coste de saneamiento de aguas en 143,66 €/año.

Energía eléctrica: el consumo eléctrico va a venir marcado principalmente por el consumo de las máquinas e instalaciones eléctrica (luminaria, ordenadores, impresora, y otros equipos de uso rutinario en la industria).

En la **tabla 61** se va a recoger la potencia de los equipos de la línea de procesado para estimar el consumo eléctrico en un año.

Tabla 61. Consumo eléctrico de los equipos de la línea de procesado.

Maquinaria	Potencia (kW)	Unidades	Total (kW)
Lavadora 70/80 LV Vulvano – Asigran	12,09	1	12,09
Rompedora STR2 -Segues	1,87	3	5,61
Clasificadora STR50/2 – Segues	3,74	2	7,48
Secadero 50EN – Zaffrain	2,43	2	4,86
Refrigerador GC 40 Europe – Frigotec	4,20	2	8,40
Escaldador de banda continua – Maxia	12,05	1	12,05
Limpiador rotativo – Incus	0,70	1	0,70
Cortadora Model CC – Urschel ®	3,70	1	3,70
Tamizadora Zeus FTI-0550 – Filtra Vibración	0,53	2	1,06
Trituradora – Clasificadora F-TC – Mejisa	1,70	1	1,70
Refinadora TF-R-400-220 – Mejisa	4,00	1	4,00
Pesadora 2009PC – NEWTEC	1,50	1	1,50
Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 - ULMA Packaging	0,50	1	0,50
Detector de metales MFS11 -Prisma	0,65	1	0,65
Elevador de banda L4545-52R – Camprodon	0,45	23	10,35
Transpaleta manual 2t AM – Jungheinrich	0,00	3	0,00
TOTAL			74,65

Los equipos no trabajan todas las jornadas por lo que se va a estimar el consumo dependiendo de las horas de trabajo de cada máquina (**tabla 62**).

Tabla 62. Consumo eléctrico anual de los equipos.

Maquinaria	Potencia (kW)	Hora/año	Total (kW)
Lavadora 70/80 LV Vulvano – Asigran	12,09	2.016	24.373,44
Rompedora STR2 -Segues	5,61	2.016	11.309,76
Clasificadora STR50/2 – Segues	7,48	2.016	15.078,00
Secadero 50EN – Zaffrain	4,86	1.512	7.348,32
Refrigerador GC 40 Europe – Frigotec	8,40	1.512	12.700,80
Escaldador de banda continua – Maxia	12,05	2.016	24.292,80
Limpiador rotativo – Incus	0,70	2.016	1.411,20
Cortadora Model CC – Urschel®	3,70	786	2.908,20
Tamizadora Zeus FTI-0550 – Filtra Vibración	1,06	786	833,16
Trituradora – Clasificadora F-TC – Mejisa	1,70	384	652,80
Refinadora TF-R-400-220 – Mejisa	4,00	384	1.536,00
Pesadora 2009PC – NEWTEC	1,50	2.016	3.024,00
Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 - ULMA Packaging	0,50	2.016	1.008,00
Detector de metales MFS11 -Prisma	0,65	2.016	1.310,40
Elevador de banda L4545-52R – Camprodon	10,35	2.016	20.865,60
Transpaleta manual 2t AM – Jungheinrich	0,00	-	0,00
TOTAL			128.652,48

En este proyecto no se ha calculado la instalación eléctrica por lo que se va hacer una aproximación de otro proyecto como se ha hecho para el cálculo de la obra civil e instalaciones. En una nave de 1.950 m² el consumo de referencia de la instalación eléctrica fue de 18,60 kW. El consumo de por m² se estima en 0,01 kW/m², por lo que para este proyecto se estima un consumo de 7,70 kW. Como no todas las salas van a tener el mismo uso se va a utilizar un coeficiente de simultaneidad de 0,75. Las de horas de consumo anuales son 2.016. El consumo anual de instalaciones eléctrica es de 11.105,06 kW.

Se va a estimar que el consumo de otros equipos (ordenadores, impresoras, basculas, etc.) es de 21.000, 00 kW anualmente.

El consumo energético anual se estima en 160.759,22 kW. El precio el kW se va a estimar en 0,11 €/kWh. Por lo que el coste en energía eléctrica se estima anualmente en **20.898,70 €**.

Mantenimiento de maquinaria: se va a estimar un coste de mantenimiento y conservación de la maquinaria necesario para evitar el deterioro por su funcionamiento. Para el cálculo se va a considerar un 2,50 % del coste total de la maquinaria con IVA. Por lo que se estima que el coste anual de mantenimiento de maquinaria es de **11.058,16 €**

Mantenimiento de obra civil e instalaciones: se va a estimar un coste de mantenimiento y conservación de la obra civil e instalaciones necesario, como en el caso anterior, para evitar el deterioro debido a su uso. Para el cálculo se va a considerar un 3,00 % del coste total de la obra. El coste de la obra civil e instalaciones con IVA es de 635.973,80 €. Por lo que se estima que el coste anual para el mantenimiento de la obra civil e instalaciones es de **19.079,21 €**.

Mantenimiento de las instalaciones contra incendios: en la industria habrá 8 extintores de 6 kg, que se cambiarán anualmente. El precio de la botella se estima en 35,00 €, por lo que el cambio de las botellas es de 280,00 €. Además, del gasto de la revisión por un técnico cualificado que será de 50,00 €. El coste de mantenimiento de las instalaciones contra incendios es de **330,00 €**.

Seguros: se va a contar con un seguro para la maquinaria y otro seguro para las instalaciones. Se va a estimar que entre los dos seguros el coste anual es de **13.500,00 €**.

Otros costes: dentro de estos costes estará la tarifa de telefonía e internet, productos de limpieza, impuestos de recogida de basuras, material de oficina, entre otros. Se va a estimar que el coste de estos gastos anualmente es de **8.000,00 €**.

8.2.2. COSTES EXTRAORDINARIOS

Estos costes son inusuales o excepcionales en comparación con los gastos regulares como puede ser reparaciones de las maquinarias. No se van a tener en cuenta en el

estudio de viabilidad, debido a que el tiempo de estudio es menor que la vida útil de las máquinas.

En la **tabla 63** se recogen todos los costes anuales.

Tabla 63. Costes anuales de la industria.

Tipo de coste	Total (€)
COSTES ORDINARIOS (1.515.150,61 €)	
Instalaciones de recepción, secadero y almacenaje	64.360,00
Personal	231.147,00
Materia prima	1.093.932,00
Material auxiliar	51.348,71
Consumo de agua	1.353,17
Saneamiento	143,66
Energía eléctrica	20.898,70
Mantenimiento de maquinaria	11.058,16
Mantenimiento de obra civil e instalaciones	19.079,21
Mantenimiento de instalaciones contra incendios	330,00
Seguros	13.500,00
Otros costes	8.000,00
COSTES EXTRAORDINARIOS (-)	
TOTAL (1.515.150,61 €)	

8.3. INGRESOS

Al igual que en el caso de los costes, se diferencian los ingresos ordinarios, que son recurrentes y predecibles, y los ingresos extraordinarios, que son esporádicos y no se puede anticipar con regularidad.

8.3.1. INGRESOS ORDINARIOS

Los ingresos ordinarios son aquellos que se generan de manera regular y recurrente a través de su actividad principal. En este caso los ingresos ordinarios se van a percibir de los productos elaborados. Además, cómo la cáscara de almendra que se obtiene es mayor que la que se utiliza se venderá a empresas para hacer pellets.

Los precios pueden fluctuar dependiendo de las campañas o el mercado, pero se va estimar con el precio medio de los mercados que se recogen en la **tabla 64**.

Tabla 64. Ingresos de los productos acabados.

Productos	Precio (€/ud)	Ud/año	Ventas anuales (€)
Venta al por menor (1.006,323,48 €)			
Marcona repelada (1 kg)	6,75	21.918	147.946,50 €
Láminas (250 gr)	2,7	85.026	229.570,20 €
Palitos (250 gr)	2,55	85.026	216.816,30 €
Cubitos (250 gr)	2,98	85.026	253.377,48 €
Almendra molida (1 kg)	6,5	24.402	158.613,00 €
Venta al por mayor (906.665,40 €)			
Marcona repelada (25 kg)	150,45	876	131.794,20
Láminas (12,50 kg)	127,8	1.704	217.771,20
Palitos (12,50 kg)	118,2	1.704	201.412,80
Cubitos (12,50 kg)	125,4	1.704	213.681,60
Almendra molida (25 kg)	145,2	978	142.005,60
TOTAL			1.912.988,88

Los ingresos que proviene de la venta de productos acabados son de 1.912.988,88 €.

En la etapa de secado se utiliza 5,18 kg/h. Por lo que al año se utiliza:

$$5,18 \frac{kg \text{ de cáscara}}{h} \times \frac{6 h}{1 \text{ día}} \times \frac{21 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 7.832,16 \frac{kg \text{ de cáscara}}{\text{año}}$$

Se utiliza solamente el 1,17 % de la cáscara que se obtiene. Se va a almacenar la cantidad de cáscara necesaria para el secado de dos años, es decir, 15.664,32 kg por si algún año no hay producción de almendras. Por lo que hay un excedente anual de cáscara de 650.018,56 kg de cáscara Se va a vender la cáscara a 0,15 €/kg. Se estima unos ingresos anuales de 131.003,71 €.

Los ingresos ordinarios anuales son de **2.010.491,66 €**.

8.3.2. INGRESOS EXTRAORDINARIOS

En los ingresos extraordinarios está el valor residual de las instalaciones y la maquinaria a final de la vida útil del proyecto. Por lo que estos ingresos se añadirán en el año 20, es decir, cuando se finaliza el análisis.

El valor residual de la maquinaria es del 10% del valor de adquisición, por lo que asciende a 44.232,39 €. En el caso de las instalaciones se va a considerar que se va a producir una depreciación anual de 25.000,00 €, que al final de la vida útil, la depreciación acumulada será de 500.000,00 €. El valor residual final de las instalaciones será de 135.973,80 €.

Los ingresos extraordinarios a tener en cuenta al final de la vida útil de estudio del proyecto serán de **180.206,19 €**.

Tabla 65. Ingresos anuales de la industria.

Tipo de ingreso	Total (€)
INGRESOS ORDINARIOS (1.912.988,88 €) – Anuales	
Venta al por menor	1.006.323,48
Venta al por mayor	906.665,40
Venta de la cáscara	97.502,78
INGRESOS EXTRAORDINARIOS (180.206,19 €) – Final de vida útil	
Valor residual maquinaria	44.232,39
Valor residual obra civil	135.976,65

8.4. ANALÍISIS FINANCIERO

Una vez planteada la industria alimentaria se va a estudiar si el proyecto presentado es viable económicamente, es decir, si es rentable o no. Para ello se van a calcular los siguientes parámetros económicos:

Flujos de caja o cash Flow (F): se obtiene de restar los gastos anuales a los ingresos.

Factor de actualización (r): se obtiene a partir del coste de oportunidad (k) y se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{1}{(1 + r)^t}$$

Valor Actual Neto (VAN): es el valor actual/presente de los flujos efectivos menos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo neto la diferencia entre ingresos periódicos y los egresos periódicos (Roberto Mete, M., 2014). Se va a calcular con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + k)^t}$$

Donde:

- F_t : flujos de caja en cada periodo t
- n: número de periodo de tiempo
- k: es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión. Se va a estudiar para un tipo de interés del 2,00, 5,00 y 8,00%.

Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida genera beneficios

- VAN = 0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización en principio, indiferente
- VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que no es económicamente viable y no sería una buena inversión

Tasa Interna de Retorno (TIR): se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. El la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del VAN, hace que este sea igual a 0 (Roberto Mete, M., 2014), es decir:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- TIR > k: el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida en inversión
- TIR = k, el proyecto no generara ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización en principio, indiferente
- TIR < k: el proyecto no alcanza la rentabilidad mínima para ser viable

Para obtener el TIR se va a utilizar la función *Solver* de Excel para obtener un valor VAN igual o cerca de cero, variando la tasa mínima de rentabilidad.

Plazo de recuperación (PayBack): hace referencia a un periodo de tiempo que transcurre hasta recuperar la inversión realizada. Es decir, corresponde al año en el cual el VAN pasa de tener un valor negativo a positivo.

Para poder calcular estos parámetros hay que calcular la inversión inicial, los costes y gastos de producción y los ingresos de la agroindustria, para establecer los flujos de caja a lo largo de un año. Para el estudio de viabilidad de la industria se va a tener en cuenta una vida útil de 20 años (n).

Tabla 66. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
0				1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	485.628,48 €	- 662.986,86 €
2	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	476.106,36 €	- 186.880,50 €
3	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	466.770,94 €	279.890,44 €
4	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	457.618,57 €	737.509,00 €
5	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	448.645,65 €	1.186.154,65 €
6	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	439.848,68 €	1.626.003,33 €
7	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	431.224,19 €	2.057.227,53 €
8	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	422.768,82 €	2.479.996,35 €
9	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	414.479,23 €	2.894.475,58 €
10	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	406.352,19 €	3.300.827,77 €
11	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	398.384,50 €	3.699.212,27 €

Tabla 66. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
12	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	390.573,04 €	4.089.785,31 €
13	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	382.914,74 €	4.472.700,05 €
14	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	375.406,61 €	4.848.106,67 €
15	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	368.045,70 €	5.216.152,36 €
16	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	360.829,12 €	5.576.981,48 €
17	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	353.754,04 €	5.930.735,52 €
18	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	346.817,68 €	6.277.553,20 €
19	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	340.017,33 €	6.617.570,53 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		675.547,24 €	454.623,93 €	7.072.194,46 €

Tabla 67. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
0				1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	471.753,38 €	- 676.861,95 €
2	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	449.288,94 €	- 227.573,02 €
3	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	427.894,22 €	200.321,21 €
4	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	407.518,31 €	607.839,52 €
5	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	388.112,68 €	995.952,19 €
6	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	369.631,12 €	1.365.583,31 €
7	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	352.029,64 €	1.717.612,95 €
8	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	335.266,32 €	2.052.879,27 €
9	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	319.301,26 €	2.372.180,53 €
10	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	304.096,44 €	2.676.276,97 €
11	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	289.615,65 €	2.965.892,62 €
12	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	275.824,43 €	3.241.717,05 €

Tabla 67. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
13	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	262.689,94 €	3.504.406,99 €
14	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	250.180,89 €	3.754.587,88 €
15	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	238.267,52 €	3.992.855,40 €
16	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	226.921,44 €	4.219.776,84 €
17	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	216.115,66 €	4.435.892,50 €
18	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	205.824,44 €	4.641.716,94 €
19	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	196.023,27 €	4.837.740,21 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		675.547,24 €	254.606,65 €	5.092.346,86 €

Tabla 68. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
0				1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	458.649,12 €	-689.966,22 €
2	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	424.675,11 €	-265.291,10 €
3	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	393.217,70 €	127.926,60 €
4	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	364.090,46 €	492.017,06 €
5	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	337.120,80 €	829.137,85 €
6	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	312.148,89 €	1.141.286,74 €
7	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	289.026,75 €	1.430.313,49 €
8	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	267.617,36 €	1.697.930,84 €
9	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	247.793,85 €	1.945.724,69 €
10	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	229.438,75 €	2.175.163,44 €
11	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	212.443,29 €	2.387.606,73 €

Tabla 68. Cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
12	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	196.706,75 €	2.584.313,48 €
13	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	182.135,88 €	2.766.449,35 €
14	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	168.644,33 €	2.935.093,68 €
15	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	156.152,16 €	3.091.245,84 €
16	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	144.585,33 €	3.235.831,17 €
17	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	133.875,31 €	3.369.706,48 €
18	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	123.958,62 €	3.493.665,10 €
19	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	114.776,50 €	3.608.441,59 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		675.547,24 €	144.937,45 €	3.753.379,04 €

Tabla 69. Cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	346.157,38 €	- 802.457,96 €
2	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	241.903,90 €	- 560.554,05 €
3	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	169.048,82 €	- 391.505,23 €
4	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	118.135,77 €	- 273.369,46 €
5	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	82.556,39 €	- 190.813,07 €
6	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	57.692,58 €	- 133.120,49 €
7	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	40.317,10 €	- 92.803,39 €
8	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	28.174,65 €	- 64.628,74 €
9	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	19.689,19 €	- 44.939,55 €
10	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	13.759,32 €	- 31.180,23 €
11	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	9.615,38 €	- 21.564,85 €
12	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	6.719,48 €	- 14.845,37 €

Tabla 69. Cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
13	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	4.695,75 €	- 10.149,62 €
14	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	3.281,51 €	- 6.868,11 €
15	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	2.293,21 €	- 4.574,90 €
16	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	1.602,55 €	- 2.972,35 €
17	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	1.119,91 €	- 1.852,44 €
18	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	782,62 €	- 1.069,82 €
19	2.010.491,66 €		1.515.150,61 €		495.341,05 €	546,92 €	- 522,90 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		675.547,24 €	521,24 €	- 1,66 €
						TIR	43,09 %

La comparativa del valor actual neto (VAR), el TIR obtenido y el plazo de recuperación en los tres casos se recoge en la **tabla 70**.

Tabla 70. Resultados obtenidos en el análisis financiero.

VAN acumulado (2,00 %)	7.072.194,46 €
VAN acumulado (5,00 %)	5.092.346,86 €
VAN acumulado (8,00 %)	3.753.379,04 €
TIR	43,09 %
PayBack	3 años (en los tres casos)

Conclusiones:

- En los tres casos de estudio con diferentes costes de oportunidad, se obtiene un Valor Actual Neto (VAN)>0, por lo que el proyecto es viable a los costes de oportunidad estudiados.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenido, 43,09 %, es bastante superior a los costes de oportunidad, por lo que, nos asegura que el proyecto es viable.
- En los tres casos el *PayBack* se produce al tercer año, por lo que en el segundo año ya se empezaran a tener beneficios.

8.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Las variables que pueden afectar a la viabilidad del proyecto es la variación en el precio de las materias primas, el descenso de la producción local de almendra y la necesidad de importar almendras de otras regiones, y la variación del precio del producto final. Es por ello que se van a estudiar los siguientes escenarios:

- **Supuesto 1:** el precio de la almendra aumenta en un 35,00 %, por lo que el precio de la variedad *Marcona* en pita es de 7,21 €/kg y el resto de las variedades es de 5,67 €/kg.

Variedad *Marcona*:

$$168.000,00 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{año}} \times \frac{25 \text{ kg de pita}}{100 \text{ kg de almendra con cáscara}} \times \frac{7,21 \text{ €}}{1 \text{ kg}} \\ = 302.778,00 \text{ €/año}$$

Resto de variedades:

$$714.000,00 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{año}} \times \frac{29 \text{ kg de pita}}{100 \text{ kg de almendra con cáscara}} \times \frac{5,67 \text{ €}}{1 \text{ kg}} \\ = 1.174.030,20 \text{ €/año}$$

El coste de materias primas es de 1.476.808,20 €/año.

- **Supuesto 2:** debido a las inclemencias meteorológicas produciendo heladas tardías, no hay producción de almendra de la zona por lo que se estudia la posibilidad de traer almendra de América. El precio de la almendra se estima en 4,96 €. Pero no se va a poder diferenciar entre variedades y se tendrá que vender los productos un 30% más barato. Además, se debe tener en cuenta el coste de importarlas, que se estimará en un 5,00% del coste de la materia prima.

$$882.000,00 \frac{\text{kg de almendra con cáscara}}{\text{año}} \times \frac{29 \text{ kg de pita}}{100 \text{ kg de almendra con cáscara}} \times \frac{4,96 \text{ €}}{1 \text{ kg}} \\ = 833.280,00 \text{ €/año}$$

$$833.280 \frac{\text{€}}{\text{año}} \times \frac{3}{100} = 24.998,40 \text{ €/año coste de importación}$$

Los productos terminados de la variedad *Marcona*, al no haber se producirá para hacer palitos, láminas, cubos y almendra molida.

Tabla 71. Precio y nº de productos del supuesto 2.

Productos	Precio (€/ud)	Ud/año	Ventas anuales (€)
Venta al por menor (751.079,25 €)			
Láminas (250 gr)	1,89	106.282	200.872,98 €
Palitos (250 gr)	1,79	106.282	189.713,37 €
Cubitos (250 gr)	2,09	106.282	221.704,25 €
Almendra molida (1 kg)	4,55	30.503	138.788,65 €
Venta al por mayor (678.063,12 €)			
Láminas (12,50 kg)	89,46	2.130	190.549,80 €
Palitos (12,50 kg)	82,74	2.130	176.236,20 €
Cubitos (12,50 kg)	87,78	2.130	186.971,40 €
Almendra molida (25 kg)	101,64	1.223	124.305,72 €
- TOTAL			1.429.142,37 €

- **Supuesto 3:** disminución de un 20,00 % de la venta de los productos terminados

$$1.912.988,88 \frac{\text{€}}{\text{año}} \times 80\% = 1.530.391,10 \text{ €/año}$$

- **Supuesto 4:** disminución de un 20,00 % de la venta de los productos terminados y un aumento del 10,00 % del precio de la materia prima.

Los ingresos de los productos terminados van a ser, como en el caso anterior, de 1.530.391,10 €/año. El coste de la materia prima será de 1.624.543,81 €/año.

Tabla 72. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	110.259,66 €	- 1.038.355,68 €
2	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	108.097,70 €	- 930.257,97 €
3	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	105.978,14 €	- 824.279,83 €
4	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	103.900,14 €	- 720.379,69 €
5	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	101.862,88 €	- 618.516,81 €
6	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	99.865,57 €	- 518.651,24 €
7	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	97.907,42 €	- 420.743,82 €
8	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	95.987,67 €	- 324.756,15 €
9	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	94.105,56 €	- 230.650,59 €
10	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	92.260,35 €	- 138.390,24 €
11	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	90.451,32 €	- 47.938,92 €

Tabla 72. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
12	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	88.677,77 €	40.738,85 €
13	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	86.938,99 €	127.677,84 €
14	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	85.234,30 €	212.912,14 €
15	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	83.563,04 €	296.475,18 €
16	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	81.924,55 €	378.399,73 €
17	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	80.318,19 €	458.717,92 €
18	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	78.743,32 €	537.461,24 €
19	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	77.199,33 €	614.660,57 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.898.026,81 €		292.671,04 €	196.959,22 €	811.619,80 €

Tabla 73. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	107.109,38 €	- 1.041.505,95 €
2	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	102.008,94 €	- 939.497,02 €
3	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	97.151,37 €	- 842.345,65 €
4	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	92.525,11 €	- 749.820,54 €
5	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	88.119,15 €	- 661.701,38 €
6	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	83.923,00 €	- 577.778,38 €
7	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	79.926,67 €	- 497.851,71 €
8	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	76.120,64 €	- 421.731,07 €
9	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	72.495,85 €	- 349.235,22 €
10	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	69.043,66 €	- 280.191,56 €
11	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	65.755,87 €	- 214.435,69 €
12	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	62.624,64 €	- 151.811,05 €

Tabla 73. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
13	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	59.642,51 €	- 92.168,54 €
14	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	56.802,39 €	- 35.366,15 €
15	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	54.097,52 €	18.731,37 €
16	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	51.521,44 €	70.252,81 €
17	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	49.068,04 €	119.320,86 €
18	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	46.731,47 €	166.052,33 €
19	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	44.506,16 €	210.558,49 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.898.026,81 €		292.671,04 €	110.304,64 €	320.863,12 €

Tabla 74. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-1.044.481,22 €
2	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-948.060,73 €
3	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-858.782,51 €
4	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-776.117,48 €
5	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-699.575,79 €
6	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-628.703,86 €
7	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-563.081,70 €
8	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-502.320,44 €
9	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-446.060,01 €
10	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-393.967,03 €
11	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-345.732,78 €
12	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-301.071,44 €

Tabla 74. Supuesto 1: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
13	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-259.718,35 €
14	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-221.428,44 €
15	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-185.974,83 €
16	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-153.147,41 €
17	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-122.751,66 €
18	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-94.607,44 €
19	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		112.464,85 €	112.464,85 €	-68.547,97 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.898.026,81 €		292.671,04 €	292.671,04 €	- 5.755,93 €

Tabla 75. Supuesto 1: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	104.196,04 €	- 1.044.419,30 €
2	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	96.535,18 €	- 947.884,12 €
3	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	89.437,57 €	- 858.446,54 €
4	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	82.861,81 €	- 775.584,74 €
5	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	76.769,52 €	- 698.815,22 €
6	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	71.125,15 €	- 627.690,07 €
7	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	65.895,78 €	- 561.794,29 €
8	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	61.050,89 €	- 500.743,40 €
9	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	56.562,21 €	- 444.181,19 €
10	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	52.403,56 €	- 391.777,63 €
11	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	48.550,67 €	- 343.226,97 €
12	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	44.981,05 €	- 298.245,92 €

Tabla 75. Supuesto 1: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
13	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	41.673,88 €	- 256.572,03 €
14	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	38.609,87 €	- 217.962,16 €
15	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	35.771,14 €	- 182.191,02 €
16	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	33.141,12 €	- 149.049,90 €
17	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	30.704,47 €	- 118.345,43 €
18	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	28.446,97 €	- 89.898,47 €
19	2.010.491,66 €		1.898.026,81 €		495.341,05 €	26.355,45 €	- 63.543,02 €
20	2.010.491,66 €	180.206,19 €	1.898.026,81 €		675.547,24 €	63.543,00 €	- 0,02 €
						TIR	7,93 %

Tabla 76. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	242.302,10 €	-906.313,24 €
2	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	237.551,08 €	-668.762,16 €
3	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	232.893,22 €	-435.868,94 €
4	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	228.326,68 €	-207.542,26 €
5	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	223.849,69 €	16.307,43 €
6	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	219.460,48 €	235.767,91 €
7	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	215.157,33 €	450.925,24 €
8	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	210.938,56 €	661.863,81 €
9	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	206.802,51 €	868.666,32 €
10	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	202.747,56 €	1.071.413,88 €
11	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	198.772,12 €	1.270.185,99 €
12	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	194.874,63 €	1.465.060,62 €

Tabla 76. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
13	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	191.053,55 €	1.656.114,17 €
14	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	187.307,41 €	1.843.421,58 €
15	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	183.634,71 €	2.027.056,29 €
16	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	180.034,03 €	2.207.090,32 €
17	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	176.503,95 €	2.383.594,27 €
18	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	173.043,09 €	2.556.637,36 €
19	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	169.650,09 €	2.726.287,45 €
20	1.526.645,16 €	180.206,19 €	1.279.497,01 €		427.354,33 €	287.597,22 €	3.013.884,67 €

Tabla 77. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	235.379,18 €	-913.236,15 €
2	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	224.170,65 €	-689.065,50 €
3	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	213.495,86 €	-475.569,64 €
4	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	203.329,39 €	-272.240,25 €
5	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	193.647,04 €	-78.593,21 €
6	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	184.425,75 €	105.832,54 €
7	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	175.643,57 €	281.476,11 €
8	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	167.279,59 €	448.755,70 €
9	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	159.313,90 €	608.069,60 €
10	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	151.727,52 €	759.797,12 €
11	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	144.502,40 €	904.299,52 €
12	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	137.621,33 €	1.041.920,86 €

Tabla 77. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
13	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	131.067,94 €	1.172.988,79 €
14	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	124.826,61 €	1.297.815,40 €
15	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	118.882,48 €	1.416.697,88 €
16	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	113.221,41 €	1.529.919,30 €
17	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	107.829,92 €	1.637.749,21 €
18	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	102.695,16 €	1.740.444,37 €
19	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	97.804,91 €	1.838.249,28 €
20	1.526.645,16 €	180.206,19 €	1.279.497,01 €		427.354,33 €	161.065,35 €	1.999.314,64 €

Tabla 78. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	228.840,87 €	-919.774,46 €
2	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	211.889,70 €	-707.884,77 €
3	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	196.194,17 €	-511.690,60 €
4	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	181.661,26 €	-330.029,34 €
5	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	168.204,87 €	-161.824,46 €
6	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	155.745,25 €	-6.079,21 €
7	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	144.208,57 €	138.129,36 €
8	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	133.526,45 €	271.655,81 €
9	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	123.635,60 €	395.291,42 €
10	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	114.477,41 €	509.768,83 €
11	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	105.997,60 €	615.766,43 €

Tabla 78. Supuesto 2: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
13	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	90.875,86 €	804.788,22 €
14	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	84.144,31 €	888.932,53 €
15	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	77.911,40 €	966.843,93 €
16	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	72.140,19 €	1.038.984,12 €
17	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	66.796,47 €	1.105.780,59 €
18	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	61.848,58 €	1.167.629,18 €
19	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	57.267,21 €	1.224.896,38 €
20	1.526.645,16 €	180.206,19 €	1.279.497,01 €		427.354,33 €	91.688,11 €	1.316.584,49 €

Tabla 79. Supuesto 2: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €	- 1.148.615,34 €
1	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	204.047,31 €	- 944.568,02 €
2	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	168.462,95 €	- 776.105,07 €
3	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	139.084,25 €	- 637.020,82 €
4	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	114.828,97 €	- 522.191,85 €
5	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	94.803,64 €	- 427.388,21 €
6	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	78.270,58 €	- 349.117,64 €
7	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	64.620,76 €	- 284.496,87 €
8	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	53.351,37 €	- 231.145,50 €
9	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	44.047,28 €	- 187.098,22 €
10	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	36.365,76 €	- 150.732,46 €
11	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	30.023,84 €	- 120.708,62 €
12	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	24.787,90 €	- 95.920,73 €

Tabla 79. Supuesto 2: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
13	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	20.465,07 €	- 75.455,66 €
14	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	16.896,11 €	- 58.559,54 €
15	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	13.949,55 €	- 44.609,99 €
16	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	11.516,85 €	- 33.093,14 €
17	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	9.508,40 €	- 23.584,74 €
18	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	7.850,20 €	- 15.734,54 €
19	1.526.645,16 €		1.279.497,01 €		247.148,14 €	6.481,19 €	- 9.253,35 €
20	1.526.645,16 €	180.206,19 €	1.279.497,01 €		427.354,33 €	9.252,49 €	- 0,86 €
						TIR	21,12 %

Tabla 80. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	110.532,62 €	-1.038.082,71 €
2	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	108.365,32 €	-929.717,40 €
3	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	106.240,51 €	-823.476,89 €
4	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	104.157,36 €	-719.319,53 €
5	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	102.115,06 €	-617.204,47 €
6	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	100.112,80 €	-517.091,67 €
7	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	98.149,81 €	-418.941,86 €
8	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	96.225,30 €	-322.716,56 €
9	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	94.338,53 €	-228.378,03 €
10	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	92.488,75 €	-135.889,28 €
11	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	90.675,25 €	-45.214,03 €
12	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	88.897,30 €	43.683,28 €

Tabla 80. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
13	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	87.154,22 €	130.837,50 €
14	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	85.445,31 €	216.282,81 €
15	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	83.769,91 €	300.052,73 €
16	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	82.127,37 €	382.180,09 €
17	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	80.517,03 €	462.697,12 €
18	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	78.938,26 €	541.635,38 €
19	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	77.390,45 €	619.025,83 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		292.949,47 €	197.146,59 €	816.172,43 €

Tabla 81. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	107.374,55 €	-1.041.240,79 €
2	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	102.261,47 €	-938.979,31 €
3	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	97.391,88 €	-841.587,43 €
4	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	92.754,17 €	-748.833,26 €
5	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	88.337,31 €	-660.495,95 €
6	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	84.130,77 €	-576.365,19 €
7	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	80.124,54 €	-496.240,64 €
8	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	76.309,09 €	-419.931,56 €
9	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	72.675,32 €	-347.256,24 €
10	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	69.214,59 €	-278.041,64 €
11	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	65.918,66 €	-212.122,99 €
12	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	62.779,67 €	-149.343,31 €

Tabla 81. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
13	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	59.790,17 €	-89.553,14 €
14	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	56.943,02 €	-32.610,13 €
15	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	54.231,44 €	21.621,31 €
16	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	51.648,99 €	73.270,31 €
17	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	49.189,52 €	122.459,83 €
18	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	46.847,16 €	169.306,99 €
19	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	44.616,34 €	213.923,33 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		292.949,47 €	110.409,57 €	324.332,90 €

Tabla 82. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	104.391,92 €	-1.044.223,42 €
2	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	96.659,19 €	-947.564,23 €
3	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	89.499,25 €	-858.064,98 €
4	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	82.869,67 €	-775.195,31 €
5	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	76.731,18 €	-698.464,13 €
6	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	71.047,39 €	-627.416,74 €
7	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	65.784,62 €	-561.632,12 €
8	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	60.911,68 €	-500.720,44 €
9	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	56.399,71 €	-444.320,73 €
10	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	52.221,95 €	-392.098,78 €
11	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	48.353,66 €	-343.745,12 €

Tabla 82. Supuesto 3: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
12	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	44.771,91 €	-298.973,21 €
13	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	41.455,47 €	-257.517,74 €
14	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	38.384,69 €	-219.133,05 €
15	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	35.541,38 €	-183.591,67 €
16	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	32.908,69 €	-150.682,98 €
17	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	30.471,01 €	-120.211,97 €
18	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	28.213,90 €	-91.998,08 €
19	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	26.123,98 €	-65.874,10 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		292.949,47 €	62.851,78 €	-3.022,32 €

Tabla 83. Supuesto 3: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	104.424,50 €	-1.044.190,84 €
2	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	96.719,52 €	-947.471,32 €
3	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	89.583,06 €	-857.888,27 €
4	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	82.973,16 €	-774.915,11 €
5	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	76.850,97 €	-698.064,14 €
6	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	71.180,51 €	-626.883,63 €
7	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	65.928,45 €	-560.955,18 €
8	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	61.063,91 €	-499.891,28 €
9	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	56.558,30 €	-443.332,98 €
10	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	52.385,13 €	-390.947,85 €
11	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	48.519,89 €	-342.427,96 €
12	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	44.939,84 €	-297.488,12 €

Tabla 83. Supuesto 3: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
13	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	41.623,95 €	-255.864,17 €
14	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	38.552,72 €	-217.311,45 €
15	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	35.708,10 €	-181.603,35 €
16	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	33.073,37 €	-148.529,98 €
17	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	30.633,05 €	-117.896,93 €
18	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	28.372,79 €	-89.524,14 €
19	1.627.893,89 €		1.515.150,61 €		112.743,28 €	26.279,30 €	-63.244,84 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.515.150,61 €		292.949,47 €	63.245,19 €	0,35 €
						TIR	7,96 %

Tabla 84. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.284,39 €	-1.145.330,95 €
2	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.219,99 €	-1.142.110,96 €
3	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.156,85 €	-1.138.954,11 €
4	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.094,95 €	-1.135.859,16 €
5	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.034,27 €	-1.132.824,89 €
6	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.974,77 €	-1.129.850,12 €
7	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.916,44 €	-1.126.933,67 €
8	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.859,26 €	-1.124.074,42 €
9	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.803,19 €	-1.121.271,22 €
10	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.748,23 €	-1.118.522,99 €
11	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.694,34 €	-1.115.828,65 €
12	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.641,51 €	-1.113.187,14 €

Tabla 84. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 2,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 2%	VAN acumulado 2%
13	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.589,72 €	-1.110.597,42 €
14	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.538,94 €	-1.108.058,48 €
15	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.489,16 €	-1.105.569,33 €
16	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.440,35 €	-1.103.128,98 €
17	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.392,50 €	-1.100.736,48 €
18	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.345,59 €	-1.098.390,89 €
19	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.299,60 €	-1.096.091,30 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.624.543,81 €		183.556,27 €	123.528,11 €	-972.563,19 €

Tabla 85. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.190,55 €	-1.145.424,79 €
2	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.038,62 €	-1.142.386,17 €
3	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.893,92 €	-1.139.492,25 €
4	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.756,12 €	-1.136.736,13 €
5	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.624,87 €	-1.134.111,26 €
6	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.499,88 €	-1.131.611,38 €
7	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.380,84 €	-1.129.230,55 €
8	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.267,46 €	-1.126.963,08 €
9	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.159,49 €	-1.124.803,59 €
10	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.056,66 €	-1.122.746,94 €
11	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.958,72 €	-1.120.788,22 €
12	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.865,45 €	-1.118.922,77 €

Tabla 85. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 5,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 5%	VAN acumulado 5%
13	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.776,62 €	-1.117.146,15 €
14	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.692,02 €	-1.115.454,14 €
15	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.611,44 €	-1.113.842,69 €
16	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.534,71 €	-1.112.307,98 €
17	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.461,63 €	-1.110.846,36 €
18	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.392,03 €	-1.109.454,33 €
19	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.325,74 €	-1.108.128,59 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.624.543,81 €		183.556,27 €	69.180,43 €	-1.038.948,17 €

Tabla 86. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00%.

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.101,92 €	-1.145.513,42 €
2	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.872,15 €	-1.142.641,27 €
3	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.659,40 €	-1.139.981,87 €
4	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.462,41 €	-1.137.519,46 €
5	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.280,01 €	-1.135.239,46 €
6	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	2.111,12 €	-1.133.128,34 €
7	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.954,74 €	-1.131.173,60 €
8	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.809,94 €	-1.129.363,66 €
9	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.675,87 €	-1.127.687,79 €
10	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.551,73 €	-1.126.136,05 €
11	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.436,79 €	-1.124.699,26 €
12	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.330,36 €	-1.123.368,90 €

Tabla 86. Supuesto 4: cálculo del Valor Actual Neto para un coste de oportunidad del 8,00% (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN 8%	VAN acumulado 8%
13	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.231,82 €	-1.122.137,09 €
14	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.140,57 €	-1.120.996,52 €
15	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	1.056,08 €	-1.119.940,43 €
16	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	977,86 €	-1.118.962,58 €
17	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	905,42 €	-1.118.057,16 €
18	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	838,35 €	-1.117.218,80 €
19	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	776,25 €	-1.116.442,55 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.624.543,81 €		183.556,27 €	39.381,67 €	-1.077.060,88 €

Tabla 87. Supuesto 4: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.145.265,26 €
2	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.141.915,19 €
3	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.138.565,11 €
4	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.135.215,03 €
5	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.131.864,96 €
6	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.128.514,88 €
7	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.125.164,80 €
8	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.121.814,73 €
9	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.118.464,65 €
10	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.115.114,58 €
11	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.111.764,50 €
12	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.108.414,42 €

Tabla 87. Supuesto 4: cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR) (cont.).

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
0				1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €	-1.148.615,34 €
1	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.145.265,26 €
2	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.141.915,19 €
3	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.138.565,11 €
4	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.135.215,03 €
5	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.131.864,96 €
6	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.128.514,88 €
7	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.125.164,80 €
8	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.121.814,73 €
9	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.118.464,65 €
10	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.115.114,58 €
11	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.111.764,50 €
12	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.108.414,42 €

	Ingresos Ordinarios	Ingresos extraordinarios	Costes ordinarios	Gasto inversión inicial	Flujo caja	VAN	VAN acumulado
13	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.105.064,35 €
14	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.101.714,27 €
15	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.098.364,20 €
16	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.095.014,12 €
17	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.091.664,04 €
18	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.088.313,97 €
19	1.627.893,89 €		1.624.543,81 €		3.350,08 €	3.350,08 €	-1.084.963,89 €
20	1.627.893,89 €	180.206,19 €	1.624.543,81 €		183.556,27 €	183.556,27 €	-901.407,62 €
							TIR No hay solución

Se comparan los resultados de los diferentes supuestos en la **tabla 88**.

Tabla 88. Comparación de los resultados del análisis de sensibilidad.

Supuesto		Estudio económico	1	2	3	4
VAN acumulado (€)	2 %	7.072.194,46 €	811.619,80	3.013.884,67	816.172,43	-972.563,19
	5 %	5.092.346,86 €	320.862,12	1.999.314,64	324.332,90	-1.038.948,17
	8 %	3.753.379,04 €	-5.755,93	1.316.584,49	-3.022,32	-1.077.060,88
PayBack (años)	2 %	3	12	5	12	+ 20
	5 %	3	15	6	14	+ 20
	8%	3	+ 20	7	+ 20	+ 20
TIR (%)		43,09	7,93	21,12	7,96	Sin solución

Conclusiones:

Supuesto 1: un aumento del 35,00 % de las materias primas afectaría que el VAN será positivo si el coste de oportunidad es inferior a 7,93 %. Se llegaría a recuperar la inversión, y hacer beneficios en cuando los costes de oportunidad de 2,00 % y 5,00 %, en 12 y 15 años, respectivamente. No se recuperaría la inversión a final de la vida útil de estudio cuando el coste de oportunidad es del 8,00 %.

Supuesto 2: en el caso de que se tenga que importar el total de la producción de almendra de procedencia americana, el VAN es positivo para los costes de oportunidad estudiados. El TIR es bastante superior, por lo que seguiría siendo viable aun teniendo en cuenta que los ingresos serían inferiores y que habría un nuevo coste por la importación. La empresa tendría beneficios en el 5, 6 y 7 años, cuando los costes de oportunidad son 2,00, 5,00 y 8,00%, respectivamente.

Supuesto 3: si se produce una disminución de las ventas del producto terminado en un 20,00%, el VAN sería positivo cuando el coste de oportunidad es de 2,00 y 5,00%. El TIR es de 7,96 %, por ello el VAN del 8,00 % es negativo. Daría beneficios en el año 12 cuando el coste de oportunidad es del 2,00 % y en el año 14, cuando el coste de oportunidad es del 5,00 %. No se recuperaría la inversión a final de la vida útil de estudio cuando el coste de oportunidad es del 8,00 %.

Supuesto 4: en este caso no sería viable a ningún coste de oportunidad. Es por ello, que no hay ninguna solución del TIR.

En general, se concluye que se podría asumir un aumento de los costes de la materia prima en un 35,00 % dependiendo del coste de oportunidad. Al igual que un aumento de los costes en un 20,00 %, siempre que se tenga en cuenta los costes de oportunidad. Es inviable asumir un aumento del coste de materias primas y un descenso de las ventas.

El estudio demuestra que, aunque se tardaría algunos años más en recuperar la inversión, sería viable producir con almendra de procedencia americana, aunque el precio de los productos sea menor y se asuma un coste de importación, ya que el precio de la almendra es menor.

9. PLANOS

Plano 1: Localización de la planta de secado, almacenaje y procesado de almendra.

Plano 2: Emplazamiento de la agroindustria proyectada junto a las instalaciones preexistentes de almacenamiento.

Plano 3: Distribución en planta y dimensiones de la industria.

Plano 4: Localización en planta de la maquinaria, haciendo distinción entre las distintas etapas y fases.

Plano 5: Flujo en planta de la almendra, cáscara, residuos, productos auxiliares, productos terminados y personal.



UTM HUSO 30
X: 607.921 m
Y: 4.588.047 m



LOCALIZACIÓN	Nº: 1 S/E
PROYECTO: DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE DERIVADOS DE LA ALMENDRA EN LA LOCALIDAD DE ANIÑÓN (ZARAGOZA)	
ARÉVALO RODRIGO, ALICIA	

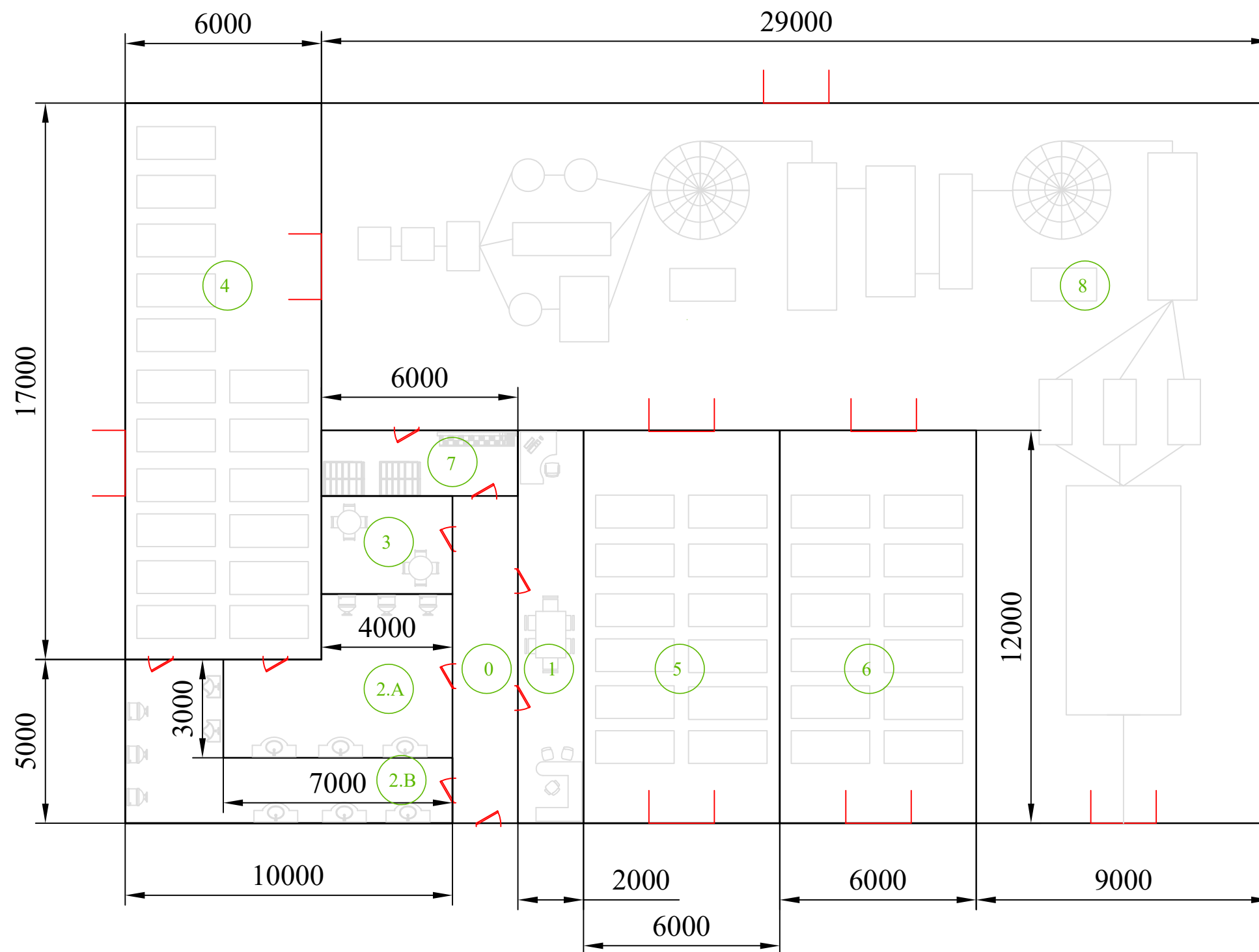


EMPLAZAMIENTO

Nº: 2
E:1:250

PROYECTO: DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE DERIVADOS DE LA ALMENDRA EN LA LOCALIDAD DE ANIÑÓN (ZARAGOZA)

ARÉVALO RODRIGO, ALICIA



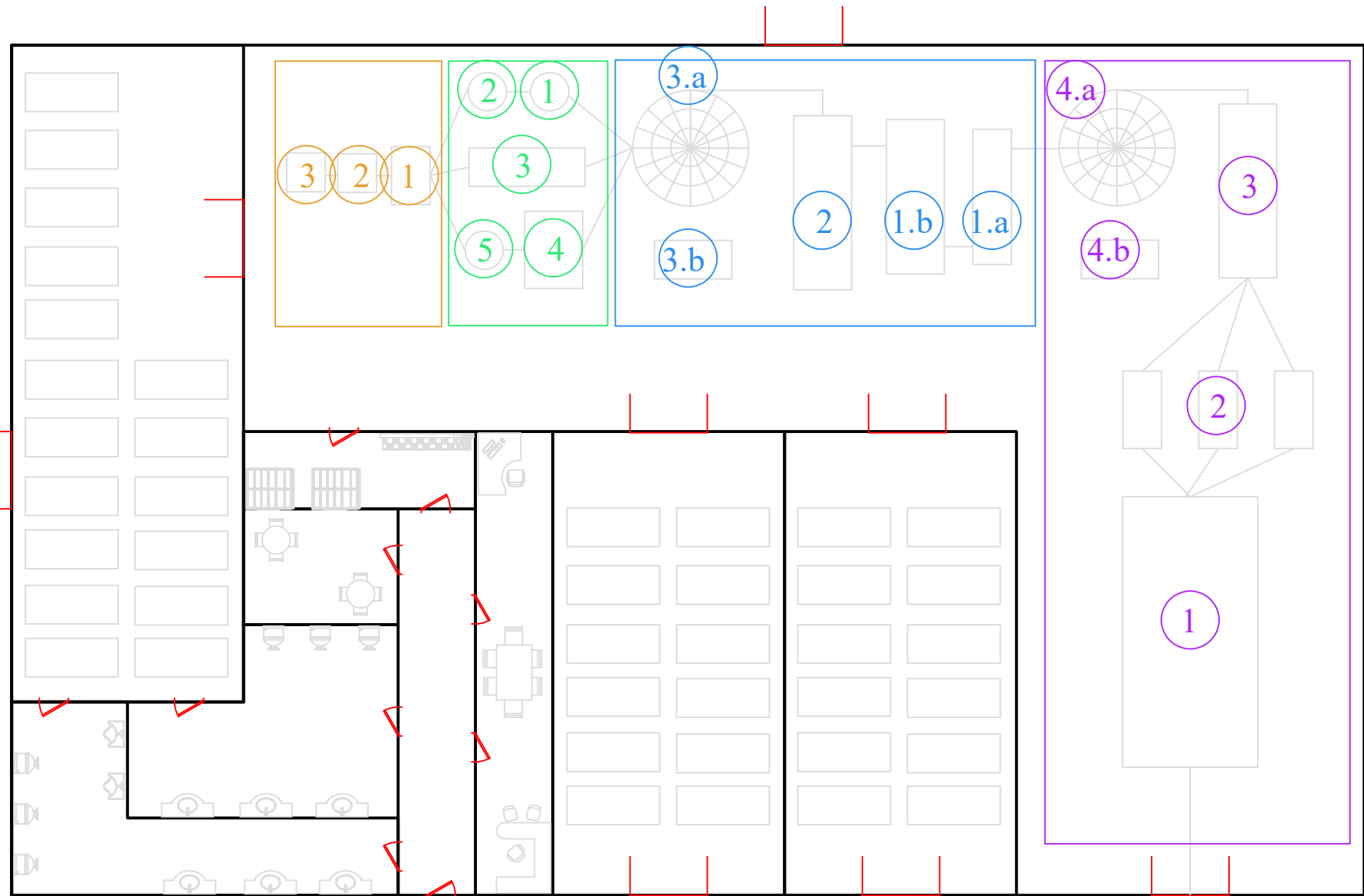
1	Oficina
2	A. Vestuarios femeninos
2	B. Vestuarios masculinos
3	Área de descanso
4	Almacén productos terminados
5	Almacén productos auxiliares
6	Almacén residuos
7	Cuarto de la limpieza
8	Zona de procesado
0	Pasillo

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACOTADO

Nº: 3
E:1:150

PROYECTO: DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE DERIVADOS DE LA ALMENDRA EN LA LOCALIDAD DE ANIÑÓN (ZARAGOZA)

ARÉVALO RODRIGO, ALICIA



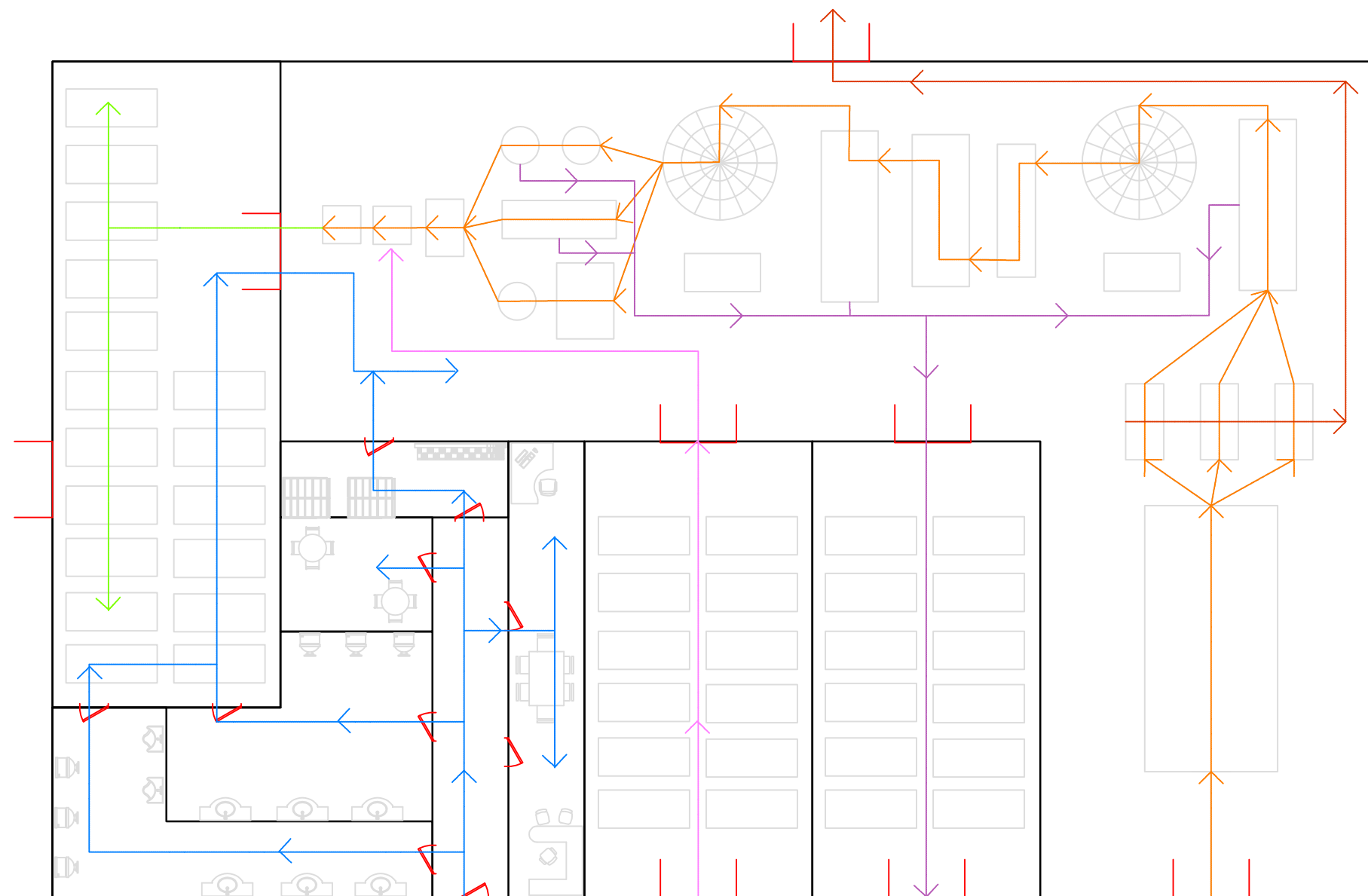
ETAPAS DE DESCASCARADO		
1	Mojado	Lavadora 70/80 LV VULCANO - <i>Asigran</i>
2	Descascarado	Rompedora STR2 - <i>Segues</i>
3	Selección y calibrado	Clasificadora STR50/2 - <i>Segues</i>
4.a	Secado y enfriado	Secadero 50 EN - <i>Zaffrain</i>
4.b	Secado y enfriado	Refrigerador GC 40 EUROPE - <i>Frigotec</i>

ETAPAS DE PELADO		
1.a	Pelado térmico	Escalador de banda continua - <i>Maxia</i>
1.b	Pelado térmico	Limpiador rotativo - <i>Incus</i>
2	Selección y calibrado	Clasificadora STR50/2 - <i>Segues</i>
3.a	Enfriado	Secadero 50 EN - <i>Zaffrain</i>
3.b	Enfriado	Refrigerador GC 40 EUROPE - <i>Frigotec</i>

ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO		
1	Cortado/Laminado	Cortadora Model CC - <i>Urschel</i>
2	Selección y calibrado	Tamizadora Zaeus FTI-0550- <i>Filtra Vibración</i>
3	Troceado/Selección y calibrado	Trituradora /Clasificadora F-TC - <i>Mejisa</i>
4	Refinado	Refinadora TF-R-400-0550- <i>Mejisa</i>
5	Selección y calibrado	Tamizadora Zaeus FTI-0550- <i>Filtra Vibración</i>

ETAPAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO		
1	Pesado	Pesaje 2009PC - <i>Newtec</i>
2	Envasado y etiquetado	Envasadora vertical (VFFS) VTI 200 - <i>Ulma Packaging</i>
3	Detector de metales	Detector de metales MFS11- <i>Prisma</i>

ETAPAS, FASES Y MAQUINARIA		Nº: 4 E:1:150
PROYECTO: DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE DERIVADOS DE LA ALMENDRA EN LA LOCALIDAD DE ANIÑÓN (ZARAGOZA)		
ARÉVALO RODRIGO, ALICIA		



Flujo almendras	
Flujo cáscara	
Flujo productos auxiliares	
Flujo residuos	
Flujo productos terminados	
Flujo personal	

FLUJO EN PLANTA

Nº: 5
E:1:150

PROYECTO: DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA ELABORACIÓN DE DERIVADOS DE LA ALMENDRA EN LA LOCALIDAD DE ANIÑÓN (ZARAGOZA)

ARÉVALO RODRIGO, ALICIA

10. BIBLIOGRAFÍA

AgroBioHeat (2022) “Guía de Biocombustibles sólidos de origen agroindustrial”. *AgroBioHeat*. Disponible en: <https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2022/04/agrobioheat-guia-2022-ES-small.pdf> [Consultado: 14/02/2024]

Asigran (2024) “Lavadora de Almendra. 70/80 LVA Vulcano/Titanium” *Asigran* Disponible en: <https://asigran.com/wp-content/uploads/2022/01/Lavadora-de-Almendra-70-80-LVA-Vulcano.pdf> [Consultado: 25/10/2024]

California almonds (2024) “Oxidación lipídica y transferencia de Aceite.” Disponible en: <https://www.almendras.mx/herramientas-y-recursos/calidad-y-seguridad-alimentaria/oxidacion-lipidica-y-transferencia-de-aceite#:~:text=La%20oxidaci%C3%B3n%20lip%C3%ADica%20es%20una,y%20un%20olor%20%E2%80%9Crancio%E2%80%9D.> [Consultado: 09/02/2024]

Camprodón (2024) “Elevador de banda L4545-52R” *Camprodón*. Disponible en: <https://camprodón.biz/producto/elevador-de-banda-l4545-52r/> [Consultado 09/12/2024]

CartaTV (2021) “Aniñón inaugura un secadero con capacidad para un millón de kilos de almendra” *CartaTV*. Disponible en: <https://www.cartv.es/aragonnoticias/zaragoza/aninon-inaugura-un-secadero-con-capacidad-para-un-millon-de-kilos-de-almendras-4836> [Consultado: 28/10/2024]

Da, C., et al. (2014) “Quality comparison of almond oil extracted with different processes and correlation analysis of quality indexes” *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2, p. 47-52

Filtra Vibración (2024) “Zeus FTI-0550. Tamizadora industrial circular” *Filtra*. Disponible en: <https://filtra.com/wp-content/uploads/2015/06/FLT-ZEUS-FTI0550.pdf> [Consultado 02/11/2024]

Food and Agriculture Organization (2024) “Secado de granos y secadoras. Capítulo V- Optimización de secadoras” *FAO*. Disponible en: <https://www.fao.org/4/x5028s/X5028S06.htm> [Consultado: 16/10/2024]

Frigortec (2024) “GRANIFRIGOR™ Europe” *FrigorTec*. Disponible en: <https://www.frigortec.com/es/p/granifrigor/europe> [Consultado: 12/11/2024]

Gobierno de Aragón (2024). “Marca c’alial: Repostería”. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/marca-c-alial-reposteria> [Consultado: 22/02/2024]

González, M. y Palacios, M. (2023). “Variedades de almendro: Guara”. Disponible en: <https://synergynuts.upct.es/variedades/almendro-guara/> [Consultado: 08/02/2024]

Guerra, E., y Zúñiga, M. (2003) “Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, Vitis vinífera, por prensado en frío” Disponible en: <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/download/277/279> [Consultado: 03/05/2024]

Hernández, S., y Zacconi, F. (2009) “Aceites de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación” *SciELO*. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/NHpkSG6KDzhdsZLfDbkGFpv/?format=pdf&lang=es> [Consultado: 03/05/2024]

IAEA (2022). “Optimización del control de plagas de los alimentos mediante la irradiación”. *Organismo Internacional de Energía Atómica*. Disponible en: <https://www.iaea.org/es/bulletin/optimizacion-del-control-de-plagas-de-los-alimentos-mediante-la-irradiacion> [Consultado: 03/05/2024]

IDEA (2008) “Biomasa: Industria” *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. Disponible en: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10980_biomasa_industria_a2008_a_402485e2.pdf [Consultado: 03/05/2024]

Incus (2024) “Limpiador rotativo” *Incus*. Disponible en: <https://incus.es/es/machines/limpiador-rotativo/> [Consultado:13/12/2024]

InfoAgro (2024) “El cultivo de la almendra”. Disponible en: https://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/almendro.htm [Consultado: 07/02/2024]

Interempresas (2024) “Almendra, *Amygdalus communis/Rosaceae*”. Disponible en: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Poscosecha-Almendra.html> [Consultado: 05/03/2024]

Issuu (2024) “Urschel® Model CC” *Issuu*. Disponible en: https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/150119_ficha_tecnica_cc_l2538sp_ccf [Consultado: 12/11/2024]

Jungheinrich (2024) “Transpaletas manuales” *Jungheinrich*. Disponible en: <https://www.jungheinrich.es/productos/carretillas-nuevas/transpaletas/transpaletas-manuales/am-20-821358> [Consultado: 03/01/2024]

Maluenda, M^a.J (2020) “Perspectivas del sector de frutos secos (almendras, nueces y pistachos a nivel mundial”. Disponible en: <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2021/11/frutossecosc.pdf> [Consultado: 19/02/2024]

Marmol, X. (2024) “La evolución de la historia del maquillaje” *NUS*. Disponible en: <https://www.nus.agency/blog/historia-del-maquillaje> [Consultado: 04/05/2024]

Maxia (2024) “Blancher de banda continua, 1.000 kg/hr” *Maxia*. Disponible en: https://maxia.mx/wp-content/uploads/2023/09/Blancherbandacont_compressed.pdf [Consultado: 04/11/2024]

Mecánica Jijonencia, S.A. Mejisa (2024) “Refinadora TF-R” *Mejisa*. Disponible en: <https://mejisa.com/wp-content/uploads/2022/05/Folleto-Refinadora-TF-R-H.pdf> [Consultado: 02/11/2024]

Mecánica Jijonencia, S.A. Mejisa (2024b) “Trituradora-Clasificadora F-TC” *Mejisa*. Disponible en: <https://mejisa.com/wp-content/uploads/2021/07/es-trituradora-clasificadora-f-tc.pdf> [Consultado: 05/11/2024]

Mendiola, J., et al. (2007) “Use for compressed fluid for sample preparation: Food applications.” *Journal of Chromatography*. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17353022/> [Consultado: 03/05/2024]

Mercasa (2022) “Alimentación en España 2022. Producción, industria, distribución y consumo”. Disponible en: https://www.mercasa.es/wp-content/uploads/2022/12/AEE_2022_WEB.pdf [Consultado: 22/02/2024]

Meteoblue (2024) “Archivo meteorológico Anión” *Meteoblue*. Disponible en: [Archivo meteorológico Anión - meteoblue](#) [Consultdo: 18/09/2024]

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA (2024) “Almendra”. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/almendra_tcm30-103046.pdf [Consultado: 07/02/2024]

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA (2024). “Frutos de cáscara”. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/ca/agricultura/temas/producciones->

[agricolas/frutas-y-hortalizas/Informacion_subsectorial.aspx#:~:text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20media%20de,mil%20en%20el%20a%C3%B1o%202021.">agricolas/frutas-y-hortalizas/Informacion_subsectorial.aspx#:~:text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20media%20de,mil%20en%20el%20a%C3%B1o%202021.](#) [Consultado: 19/02/2024]

MITECO (2023) “Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono”. *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf [Consultado: 23/04/2024]

Muncharaz Pou, M. (2017).” El almendro. ManuelTécnico”. *Ediciones Mundi-Prensa*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. (2024) “FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería”. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> [Consultado: 22/02/2024]

Plua S., et al. (2023) “Estimación de la superficie requerida y distribución de planta de una industria metalmecánica” *Innovation & Development in Enginnering in Applied Sciences (IDEAS)* Disponible en: <http://doi.org/10.53358/ideas.v4i2.876> [Consultado: 26/12/2024]

Prisma (2024) “Detector de metales MFS11” *Prisma industriale*. Disponible en: https://www.prismaindustriale.com/pub/catalogo-prodotti-allegati/F81_PRISMA_MFS11_SPA_rev.002_LQ.pdf [Consultado: 12/11/2024]

Real Academia Española (2024). “Coste” *RAE*. Disponible en: <https://dle.rae.es/coste> [Consultado: 03/01/2025]

Roberto Mete, M. (2014) “Valor Actual Neto y tasa de retorno: su utilidad como herramienta para el análisis y evaluación de proyectos de inversión” *Sicelo*. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf [Consultado: 02/01/2024]

Segues (2024) “Líneas rompedoras – clasificadoras” *Segues*. Disponible en: <https://segues.es/wp-content/uploads/2021/08/LINEAS-ROMPEDORAS-Rompedoras-Clasificadoras-ES.pdf> [Consultado: 28/10/2024]

SINGEAR (2024) “Encuestas productivas”. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/encuestas-productivas> [Consultado: 29/02/2024]

Socias, R. et al. (2014) “Frutos secos. Almendro y pistachero”. *CITA*. Disponible en: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2693/1/2014_243.pdf [Consultado: 14/02/2024]

Socias, R., et al. (2019) “¿Qué variedades de almendro se plantan?” *CITA*. Disponible en: <https://rica.chil.me/post/c2bfque-variedades-de-almendro-se-plantan-rafel-socias-264668> [Consultado: 24/02/2024]

Synergy Nuts (2024). “Precio Almendra”. *Synergy Nuts*. Disponible en: <https://synergynuts.upct.es/precio-almendra/#:~:text=En%20las%20diferentes%20lonjas%20se.7%2C5%20%E2%82%AC%2Fkg>. [Consultado: 08/02/2024]

Ulma (2024) “Envolvedora vertical (VFFS) VTI 200” *Ulma Packaging*. Disponible en: https://www.ulmapackaging.com/es/maquinas-de-ensado/vertical-vffs/vti-200?_gl=1*abh9pd*_up*MQ..&gclid=Cj0KCQiAire5BhCNARIsAM53K1hH5QGS6hJiXq2uJuOUDHE0pJV7aTXR43kbLUqD3F5Pv6LAlpnxV5IaAiAEEALw_wcB [Consultado: 08/11/2024]

Urschel (2024) “Urschel® MODEL CC” *Urschel*. Disponible en: <https://www.urschel.com/wp-content/uploads/2023/11/fact-sheet-model-cc-english.pdf> [Consultado: 12/11/2024]

Vargas, F. et al. (2009) “Variedades de almendro”. *IRTA*. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/Nuevas%20variedades%20de%20almendro%20IRTA.pdf> [Consultado: 08/02/2024]

Zaffrani (2024) “Secadero para frutos de cáscara leñosa” *Zaffrani*. Disponible en: https://www.zaffrani.it/wp-content/uploads/2023/07/Brochure_Essiccatoio-Nocciole_ES_2023.1_WEB.pdf [Consultado: 01/11/2024]