



escuela  
politécnica  
superior  
de huesca



Universidad  
Zaragoza

## TRABAJO FIN DE GRADO

# DISEÑO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ZUMO DE FRUTA EN LA COMARCA DEL CINCA MEDIO

**AUTOR:** CRISTINA SUELVES MUR

**DIRECTORES:** JOSÉ IGNACIO VILLACAMPA ELFAU

FRANCISCO JAVIER GARCÍA RAMOS

**ENSEÑANZA:** GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

**FECHA:** NOVIEMBRE 2014



escuela  
politécnica  
superior  
de huesca



Universidad  
Zaragoza

## TRABAJO FIN DE GRADO

# DISEÑO DE UNA AGROINDUSTRIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ZUMO DE FRUTA EN LA COMARCA DEL CINCA MEDIO

**DOCUMENTO Nº1**

**MEMORIA**

**AUTOR:** CRISTINA SUELVES MUR

**DIRECTORES:** JOSÉ IGNACIO VILLACAMPA ELFAU

FRANCISCO JAVIER GARCÍA RAMOS

**ENSEÑANZA:** GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL

**FECHA:** NOVIEMBRE 2014

## ÍNDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2.	ANTECEDENTES .....	1
3.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	1
3.1.	Localización .....	1
3.2.	Servicios.....	2
3.3.	Comunicaciones .....	2
3.4.	Urbanización.....	3
4.	ANÁLISIS DEL SECTOR.....	3
5.	PRODUCCIÓN .....	4
5.1.	Justificación .....	4
5.2.	Origen de las materias primas.....	5
5.3.	Nave .....	5
5.4.	Mano de obra empleada.....	5
5.5.	Logística de la producción.....	6
5.6.	Productos y subproductos obtenidos .....	6
6.	PROCESO PRODUCTIVO.....	7
6.1.	Descripción del proceso productivo.....	7
6.1.1.	Recepción .....	8
6.1.2.	Lavado .....	8
6.1.3.	Molienda .....	8
6.1.4.	Tratamiento térmico .....	8
6.1.5.	Tratamiento enzimático .....	9
6.1.6.	Separación sólido- líquido .....	9
6.1.7.	Clarificación .....	9
6.1.8.	Concentración .....	10
6.1.9.	Tanques asépticos .....	10
6.2.	Métodos Analíticos.....	10

7.	BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA .....	11
7.1.	Balance de materia.....	11
7.2.	Balances de energía .....	12
7.2.1.	Intercambiadores de calor .....	12
7.2.2.	Concentración por evaporación .....	13
8.	DIMENSIONADO DE LA MAQUINARIA.....	16
9.	CÁLCULO DE INSTALACIONES.....	16
9.1.	Tuberías y bombas de zumo .....	16
9.2.	Instalación de vapor .....	18
9.3.	Equipo de limpieza .....	19
9.4.	Instalación de refrigeración .....	20
10.	CÁLCULOS ESTRUCTURALES.....	22
10.1.	Descripción de la nave.....	22
10.2.	Cimentaciones.....	23
10.3.	Cubierta y aislamientos.....	24
10.4.	Albañilería .....	24
11.	FONTANERÍA .....	24
12.	INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO .....	26
13.	INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS .....	27
14.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	28
14.1.	Alumbrado.....	28
14.2.	Dimensionado .....	28
15.	PRESUPUESTO .....	29
16.	ESTUDIO ECONÓMICO .....	29
17.	CONCLUSIÓN .....	30

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por finalidad realizar el diseño y cálculo de una industria que estará destinada a la producción de zumo concentrado de manzana.

## 2. ANTECEDENTES

Se redacta el presente proyecto en cumplimiento del Plan de Estudios vigente en la Escuela Politécnica Superior de Huesca para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, por la especialidad de Industrias Agroalimentarias.

## 3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

### 3.1. Localización

La industria de elaboración de zumos se situará en una zona industrial denominada “Sector Binéfar” del término municipal de Albalate de Cinca, localidad perteneciente a la comarca del Cinca Medio, provincia de Huesca.

Concretamente, se encuentra ubicada en el polígono 7, parcela 45 de dicha localidad.



Figura 1. Localización de la zona industrial  
Fuente: Visor Instituto Geográfico Nacional

La parcela cuenta con una superficie de 1,67 ha de las cuales 800 m<sup>2</sup> están ocupados por la nave.



**Figura 2. Ubicación de la industria**

Fuente: Catastro.

### 3.2. Servicios

La zona industrial “Sector Binéfar” cuenta con red de abastecimiento de agua, electricidad y red general de saneamiento, además se dispone de una depuradora de aguas residuales.

### 3.3. Comunicaciones

La industria se situará en la comarca del Cinca por ser una zona productora de frutales tales como manzana, melocotón, cereza y otros. Por otro lado, la zona industrial está bien situada, los municipios colindantes son también productoras frutícolas y además está bien comunicado con algunos núcleos importantes dedicados al sector como Lérida o Fraga.

Las principales vías de comunicación por carretera serían la A-1235 que comunica Alcolea con Albalate de Cinca, la A-1234 que atraviesa el municipio hacia Fraga y Monzón, y la A-1239 que transcurre de Albalate a Binéfar.

La autovía A-22 (comunica Huesca-Lérida) pasa por la localidad de Binéfar, hasta donde hay escasos 20 minutos desde la zona industrial.

La autovía A-2 (comunica Madrid- Barcelona) pasa por la localidad de Fraga, que se encuentra a unos 25 minutos de la zona industrial.

### 3.4. Urbanización

Según las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Albalate de Cinca, las condiciones de edificación en esta zona industrial son:

- Altura máxima hasta arranque de cubierta: 7m
- Superficie máxima zona oficinas y otros usos: 25%
- Retranqueo mínimo frontal: 5m
- Retranqueo mínimo lateral y trasero: 3m
- 

La parcela cuenta con un acceso para vehículos y peatones, que dan a la carretera de Binéfar.

La industria contará con 8 plazas de aparcamiento.

Para más información, consultar el Anejo 6, Justificación Urbanística.

## 4. ANÁLISIS DEL SECTOR

Tanto a nivel nacional como en Aragón, los frutales constituyen una base fundamental en la estructura productiva de la agricultura española, ya que más del 20% del valor de la producción final agraria procede de este subsector.

Aragón es una importante productora de frutas, cuenta con más de 38.000 hectáreas de fruta dulce, distribuidas en las comarcas de Valdejalón, Bajo Cinca y Cinca medio, Calatayud, Aranda, Caspe, Bajo Aragón, Matarraña y La Litera.

A nivel nacional, contamos con frutas y hortalizas de alta calidad reconocida en todo el mundo, ventaja que debe ser aprovechada por los productores de zumos y néctares para comercializar sus productos. Cada español consume de media 20,8 litros de zumo al año.

Hay que tener en cuenta que un alto porcentaje de los zumos españoles se exporta a países como Francia o Reino Unido.

Para más información, consultar en Anejo 1, Análisis del Sector.

## 5. PRODUCCIÓN

### 5.1. Justificación

Se instalará una industria de concentrado de manzana, con el fin de procesar la manzana de la zona, para transportarla en forma de concentrado a otras industrias donde se elaborará el producto final.

El concentrado de manzana es un producto con una gran salida en el mercado ya que las empresas elaboradoras de zumos lo demandan ya no sólo para los zumos de manzana sino también para los tropicales y los de mezclas de frutas. Por otro lado el concentrado también se vende a las empresas de productos alimenticios infantiles (papillas, potitos), empresas de fabricación de mermeladas, de compotas, de yogures y por su puesto para la elaboración de sidra.

La campaña de recogida de manzana, se centra en los meses de Agosto a Octubre, de forma que la industria funcionará a pleno rendimiento durante estos meses.

La industria será capaz de procesar 3360 toneladas al año, si se supone que se trabajará durante 70 días, 8 horas diarias, la producción será de 6 toneladas/hora.

Esta producción podrá variar en función de la oferta y la demanda del producto, así como de la cantidad de materia prima disponible.

## 5.2. Origen de las materias primas

Se adquirirán en primera instancia las materias primas producidas en la comarca del Cinca, dando preferencia a los municipios cercanos a la industria, con el fin de ahorrar en costes de transporte y logística y evitar el deterioro de la materia prima.

No se diferenciará entre las distintas clases de manzanas, sino que se procesarán mezcladas.

Como ya hemos mencionado, nuestro producto principal es el concentrado de manzana, pero podría producirse perfectamente concentrado de pera, sin modificar apenas las instalaciones, u otras frutas adaptando las mismas un poco.

## 5.3. Nave

La industria se instalará en una parcela del polígono, donde se construirá una nave de 20 m de anchura por 40 m de longitud.

A poca distancia de la nave, se instalará la báscula a utilizar para llevar a cabo el pesaje de la materia que entra y sale de la industria.

En el exterior de la nave encontramos también a una distancia prudente, la zona de desechos, donde se conservarán los subproductos.

## 5.4. Mano de obra empleada

Para el desarrollo de la actividad normal, se consideran las siguientes necesidades de personal:

- 1 Encargado
- 2 Operarios
- 1 Técnico de Laboratorio
- 1 Administrativo

## 5.5. Logística de la producción

La recepción de fruta será de carácter diario, a razón de 48.000 kg de fruta al día aproximadamente.

Sólo se almacenará la cantidad necesaria para la producción inmediata ese mismo día, de forma que evitaremos podredumbres de la materia prima. La tolva de recepción será capaz de albergar la producción de 2 días como medida preventiva.

## 5.6. Productos y subproductos obtenidos

Además de obtener como producto principal el concentrado de manzana, obtendremos lo que llamamos bagazo, que estará formado por los restos de pulpa, pepitas y pieles.

Este bagazo puede utilizarse como compost, o como alimento de ganado. Como la industria está situada en una zona donde hay bastantes ganaderías, la pulpa de manzana se destinará principalmente como alimento de ganado.

## 6. PROCESO PRODUCTIVO

### 6.1. Descripción del proceso productivo



Figura 3. Diagrama de bloques del proceso general.

#### **6.1.1. Recepción**

La materia prima llega a la planta en camiones o remolques, que se descargan en la tolva de recepción, tras llevarse a cabo un control de la calidad de la fruta.

La tolva se encuentra a nivel del suelo para facilitar las labores de descarga, y por su interior circula una corriente de agua que arrastra la fruta hasta el foso de elevación para subir a través del elevador hasta el proceso de lavado.

#### **6.1.2. Lavado**

En esta fase se eliminan todas las materias extrañas que puedan contaminar el zumo, además, las frutas en mal estado son expulsadas del proceso.

#### **6.1.3. Molienda**

La fruta es triturada, en un molino de cuchillas fijas. Aquí, la fruta es desmenuzada hasta alcanzar tamaños de entre 4 y 8 mm.

#### **6.1.4. Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico se llevará a cabo mediante un intercambiador de placas, que elevará la temperatura de la masa hasta alcanzar 90 °C, para volver a enfriarse hasta los 55 °C, temperatura a la que la masa entrará a los tanques de licuefacción.

#### 6.1.5. Tratamiento enzimático

Con la finalidad de optimizar la extracción de zumo, y aumentar así su rendimiento, se lleva a cabo una licuefacción enzimática.

Este proceso consiste en la introducción de enzimas, que degradan la pectina presente en las paredes celulares de la fruta, rompiendo la estructura y facilitando la extracción del zumo.

Para llevar a cabo este proceso, se adicionan 125-150 g de enzimas por tonelada de manzana, a unos tanques, donde permanecerán durante 3 horas.

La temperatura óptima de trabajo de las enzimas es de 55 °C.

Tras este tratamiento, la cantidad de zumo retenida en el bagazo es muy pequeña, y es fácil separar los sólidos suspendidos del zumo.

#### 6.1.6. Separación sólido- líquido

Se llevará a cabo mediante una centrífuga horizontal o decanter. Aquí, se separará el zumo obtenido por licuefacción (95%) de la pulpa de manzana, el bagazo residual (5%).

El zumo obtenido por licuefacción, además contiene un 20 % en sólidos suspendidos, valor que se reducirá a un 3% en este proceso.

#### 6.1.7. Clarificación

El proceso de clarificación se lleva a cabo mediante ultrafiltración. Este equipo es capaz de separar moléculas de alto peso molecular, por medio de membranas semipermeables, que sólo son capaces de atravesar los compuestos con bajo peso molecular del zumo y el agua, dejando atrás los sólidos en suspensión que contenía el zumo.

Tras este proceso, el zumo contiene menos de un 1% en sólidos suspendidos.

#### 6.1.8. Concentración

El método más utilizado para llevar a cabo la concentración es la evaporación.

La evaporación es la operación unitaria que se utiliza para la eliminación parcial de agua de un alimento líquido mediante ebullición.

Se utiliza un evaporador de película descendente y tubos largos, que estará formado por tres cuerpos.

Mediante este proceso, se consigue concentrar el zumo de manzana, desde los 12 hasta los 72 °Brix.

#### 6.1.9. Tanques asépticos

El producto que sale del evaporador, se almacenará a una temperatura de 3 °C hasta su expedición. Previo a este almacenamiento, el zumo es enfriado desde los 30 °C, temperatura de salida del evaporador, hasta los 3 °C, temperatura de almacenamiento.

### 6.2. Métodos Analíticos

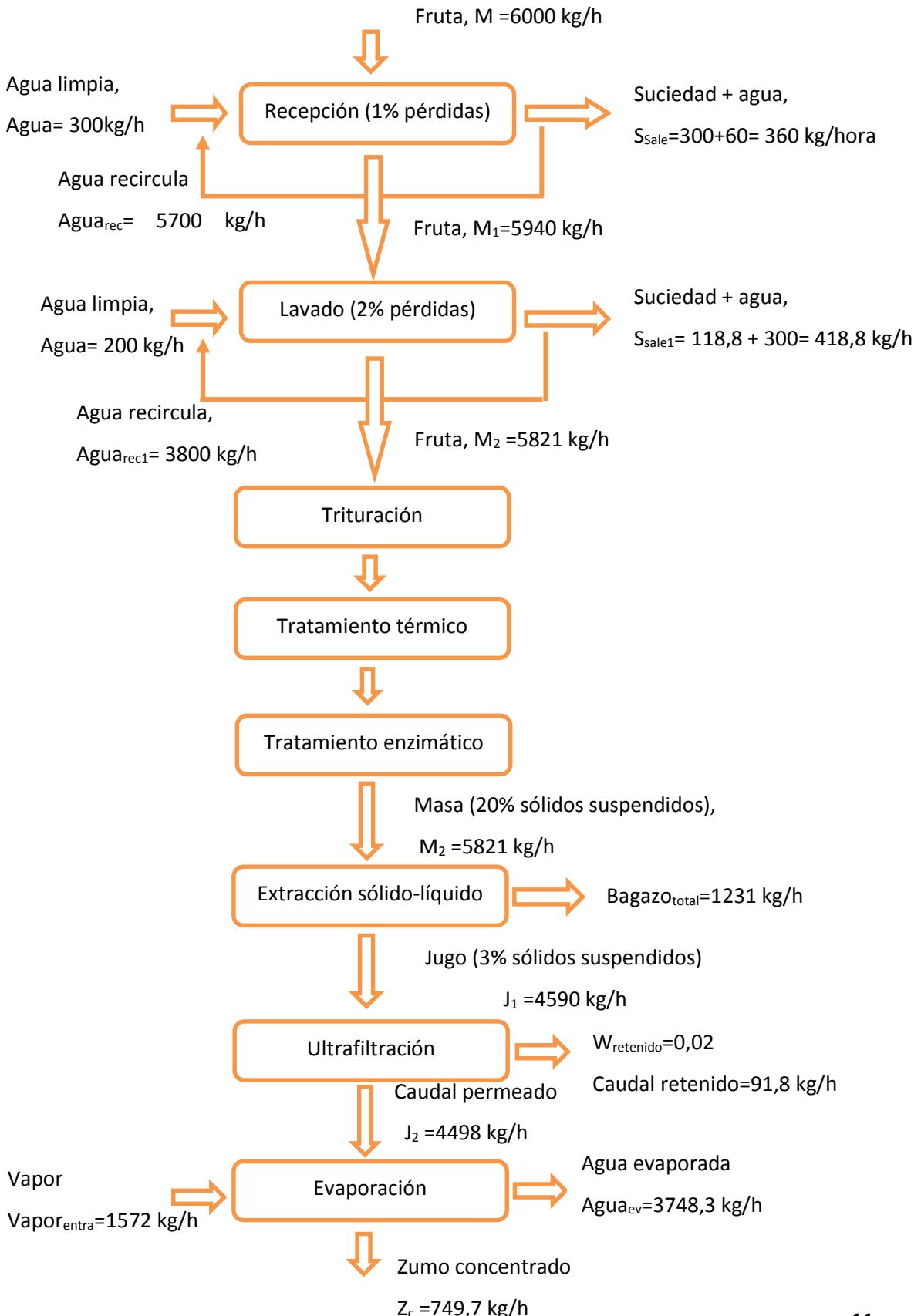
Es necesario llevar a cabo un control tanto de la materia prima como del zumo en distintas zonas del proceso.

En el laboratorio se llevan a cabo distintos muestreos para comprobar el estado del zumo:

- Densidad relativa
- Extracto seco
- Determinación del pH
- Acidez
- Grados Brix
- Azúcares

## 7. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

### 7.1. Balance de materia



En el diagrama anterior se muestra un esquema de los balances de materia del proceso.

## 7.2. Balances de energía

Se detallan en este apartado los cálculos correspondientes a los intercambiadores de calor y a los evaporadores, en función de estos cálculos se dimensionarán estos equipos.

El resto de los equipos se dimensionará en función de su capacidad en el siguiente anexo, correspondiente a dimensionado.

### 7.2.1. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor a utilizar serán intercambiadores de placas colocados en disposición Z. Se ha calculado el área necesaria para cada proceso, para conocer así el número de placas necesarias en cada equipo.

**Tabla 1. Intercambiadores del proceso**

INTERCAMBIADOR	FLUIDO FRÍO	FLUIDO CALIENTE
1	Pulpa manzana ( $20^{\circ}\text{C} \rightarrow 55^{\circ}\text{C}$ )	Pulpa pasteurizada ( $90^{\circ}\text{C} \rightarrow 55^{\circ}\text{C}$ )
2	Pulpa precalentada ( $55^{\circ}\text{C} \rightarrow 90^{\circ}\text{C}$ )	Vapor saturado ( $120^{\circ}\text{C}$ )
3	Agua glicol 30% ( $-5^{\circ}\text{C} \rightarrow 3^{\circ}\text{C}$ )	Concentrado ( $30^{\circ}\text{C} \rightarrow 3^{\circ}\text{C}$ )

Se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 2. Características intercambiadores**

Intercambiador	$N_{placas}$	$N_{canales}$	$\Delta P$ (bar)
		Caliente/frío	Caliente/frío
IT1	27	13/13	0,39/0,47
IT2	17	8/8	0,007/1,27
IT3	11	3/7	0,16/0,019

Tabla 3.Dimensões intercambiadores

Dimensiones	Largo (m)	Ancho(m)	Alto(m)
IT1	0,653	0,52	1,42
IT2	0,560	0,52	1,42
IT3	0,503	0,52	1,42

### 7.2.2. Concentración por evaporación

El evaporador seleccionado es de circulación natural y película descendente de tres efectos.

La evaporación se lleva a cabo a depresión. El objetivo de la evaporación es obtener zumo con una concentración en sólidos solubles de 72 °Brix.

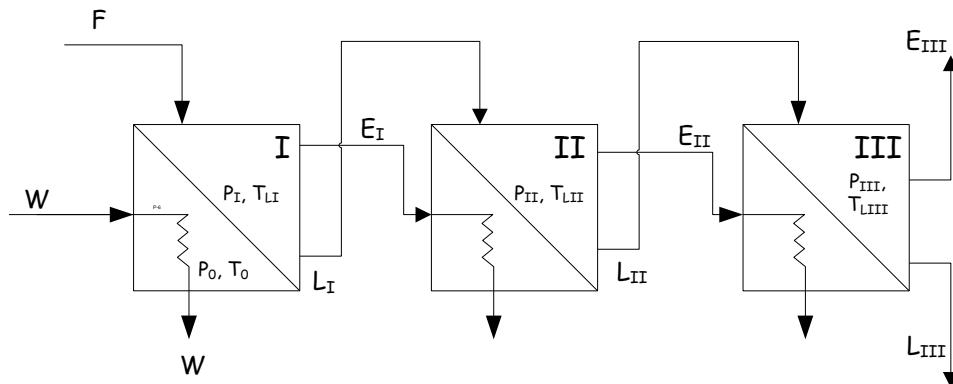


Figura 4. Esquema evaporador de tres efectos

Se obtienen los siguientes resultados

**Tabla 4. Balance de materia a los tres cuerpos.**

$L_1$	3332 kg/h
$E_1$	1166 kg/h
$x_1$	0,162
$L_2$	2070 kg/h
$E_2$	1261 kg/h
$x_2$	0,26
$L_3$	<b>749,7 kg/h</b>
$E_3$	1321 kg/h
$x_3$	0,72

**Tabla 5. Balance de energía al primer efecto**

<b>1<sup>er</sup> EFECTO</b>	
$q_1$	3461 kW
$W$	<b>1572 kg/h</b>
$E_1$	1166 kg/h
$T_1$	89,2 °C
$P_1$	68,02 kPa
$\Delta T_{e1}$	0,07 °C
$L_1$	3332 kg/h
$x_1$	0,162

**Tabla 6.Balance de energía en el segundo efecto.**

<b>2º EFECTO</b>	
$q_2$	2665 kW
$E_2$	1261 kg/h
$T_2$	63,22 °C
$P_2$	23,1 kPa
$\Delta T_{e2}$	0,056 °C
$L_2$	2070 kg/h
$x_2$	0,26

Tabla 7. Balance de energía en el tercer efecto.

<b>3<sup>er</sup> EFECTO</b>	
$q_3$	2963 kW
$E_3$	1321 kg/h
$T_3$	30 °C
$P_3$	4,25 kPa
$\Delta T_{e3}$	0,18 °C
$L_3$	<b>749,7 kg/h</b>
$x_3$	0,72

El área será la misma para los tres evaporadores por economía constructiva.

Se obtiene un área de 44,6 m<sup>2</sup> para cada efecto.

Tabla 8. Resumen resultados evaporador.

<b>AREA DE CADA EFECTO</b>	<b>44,6 m<sup>2</sup></b>
<b>ECONOMÍA TOTAL</b>	2,385
<b>CONCENTRADO OBTENIDO</b>	749,7 kg/h
<b>CONCENTRACIÓN DEL CONCENTRADO</b>	72 °Brix

Los cálculos se detallan en el Anejo 3 correspondiente a Balances de Materia y Energía.

## 8. DIMENSIONADO DE LA MAQUINARIA

Se resume las dimensiones de las distintas máquinas a utilizar en el proceso.

Tabla 9. Dimensiones máquinas del proceso.

MÁQUINA	DIMENSIONES (m)	Cantidad
Báscula	14 x3, h= 1,6	1
Tolva recepción	13 x6 ,h= 2,35	1
Elevador	5 x 1 , h=1,6	1
Lavadora	4 x 1, h= 1,4	1
Molino	0,96 x 0,65, h=1,17	1
Tanques licuefacción	Ø2,5 h=3	3
Decanter	1,15 x1,95 ;h=0,9	1
Ultrafiltración	2,1 x0,9; h=1,2	1
Evaporador	Ø2,6 , h=5,6	3
Intercambiador 1	0,653 x 0,52 ,h=1,42	1
Intercambiador 2	0,56 x 0,52 ,h=1,42	1
Intercambiador 3	0,503 x 0,52 ,h=1,42	1
Tanque aséptico	Ø3,22 , h=4	4
Caldera	3,8 x 2; h=2,4	1

Para más información consultar el anexo 4 correspondiente a Dimensionado.

## 9. CÁLCULO DE INSTALACIONES

### 9.1. Tuberías y bombas de zumo

Todas las tuberías son de acero inoxidable (AISI 316). Las conducciones de fluidos a temperatura diferente a la ambiental están recubiertas de aislante para evitar pérdidas de calor. El aislante se ha calculado según el RITE.

Para el trasiego del zumo a lo largo del proceso se utilizarán bombas de tipo sanitario.

Se han obtenido las siguientes dimensiones para las distintas tuberías y bombas.

Tabla 10. Dimensiones tuberías para zumo.

Tubería	Caudal (kg/h)	Descripción	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\varnothing_{ext}$ (mm)	T <sup>a</sup> (°C)	Aislada	$\varnothing_{ext(m)}$ final	L (m)	$h_{ft}$ (m)
TL1	5821	Molino- IT2	39	42	20	No	52	7	0,96
TL2(x3)	5821	IT2- Tanques licuefacción	39	42	55	Sí	72	8	1,91
TL3(x3)	5821	Tanques licu-Decanter	39	42	55	Sí	72	5	0,6
TL4	4590	Decanter-ultrafiltracion	32	35	50	Sí	65	9	0,9
TL5	4498	Ultra-Evapo	32	35	45	Sí	65	2,3	0,48
TL6	749,7	Evapo-IT3	13	15	30	Sí	45	2,5	1,6
TL7(x4)	749,7	IT3- tanques	13	15	3	Sí	45	20	10,7

Tabla 11. Dimensiones tuberías bagazo

Tubería	Caudal (kg/h)	Descripción	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\varnothing_{ext}$ (mm)	T <sup>a</sup> (°C)	Aislada	$\varnothing_{ext(m)}$ final	L (m)	$h_{ft}$ (m)
TB1	418,8	Lavado-Tolva desecho	32	35	20	No	35	45	6,8
TB2	1231	Decanter-TB1	19	22	30	No	22	5	1,8
TB3	91,8	Ultra-TB1	9,6	12	30	No	12	4	1,2

Tabla 12. Cálculo de bombas de zumo y bagazo

Bomba	Caudal (kg/h)	Descripción	$\phi_{ext}$ (m) final	L (m)	$H_w$ (m)	$N_0$ (W)
B1	5821	Molino- IT2	42	7	22,37	405,1
B2	5821	Tanques licu-Decanter	62	5	1,7	20
B3	4590	Decanter-ultrafiltracion	55	9	1,6	373
B4	4498	Ultra-Evapo	55	18,8	3,18	44,18
B5	749,7	Evapo-IT3-tanque	35	20	10,8	101,2
B6	1741,6	Lavado-Tolva desecho	28	45	35,05	190

Como las potencias obtenidas para las distintas bombas son muy pequeñas, se colocarán bombas centrífugas de 0,75 kW en todos los tramos.

## 9.2. Instalación de vapor

Se utilizará una corriente de vapor en dos puntos del proceso.

- Primer cuerpo del evaporador,  $1572 \frac{kg}{h}$
- Intercambiador 2,  $810 \frac{kg}{h}$

Se han calculado las dimensiones necesarias de las conducciones de vapor.

**Tabla 13. Dimensiones conducciones de vapor**

Tubería	Caudal (kg/h)	Descripción	$\varnothing_{int}$ (mm)	T <sup>a</sup> (°C)	e <sub>adoptado</sub> (mm)	$\varnothing_{ext}$ (mm)
<b>Tv1</b>	810	Caldera-IT2	51	120,2	70	191
<b>Tv2</b>	1572	Caldera-Ev1	72	120,2	70	212
<b>Tv3</b>	1166	Ev1-Ev2	72	89,2	70	212
<b>Tv4</b>	1261	Ev2-Ev3	72	63,22	70	212

**Tabla 14. Dimensiones tuberías de retorno de condensado**

Tubería	Caudal (kg/h)	Descripción	$\varnothing_{int}$ (mm)	T <sup>a</sup> (°C)	e <sub>adoptado</sub> (mm)	$\varnothing_{ext}$ (mm)
<b>Tr1</b>	810	IT2-Caldera	72	120,4	80	232
<b>Tr2</b>	1321	Ev3-Caldera	85	30	50	185

Se instalará una caldera que satisfaga las necesidades totales de vapor (2382 kg/h).

### 9.3. Equipo de limpieza

Es importante llevar a cabo una correcta limpieza de los equipos. Para ello se introduce una corriente de agua que pasa a través de todos los equipos del proceso, así como de las tuberías de trasiego. Posteriormente se introduce una solución detergente, para volver a introducir una corriente de aclarado con agua.

Para impulsar la solución detergente desde el tanque en el que se almacena hasta los equipos se utilizan dos bombas de 1,5 kW cada una.

## 9.4. Instalación de refrigeración

La instalación frigorífica consta de dos partes, la refrigeración de los depósitos asépticos de la bodega, y la refrigeración del zumo concentrado a la salida del evaporador.

La instalación frigorífica estará formada por dos circuitos:

- Circuito primario: refrigerante R-404 A.
- Circuito secundario: agua glicolada (30%).

Las necesidades son las siguientes:

**Tabla 15. Necesidades de agua glicolada para refrigeración**

Necesidades	Caudal agua glicolada ( $m_{glic}$ )	Potencia necesaria ( $Q_{glic}$ )
Depósitos asépticos	909,4 kg/h	31 kW
Intercambiador 3	1340 kg/h	11,94 Kw

En función de los cálculos teóricos realizados, se han seleccionado los componentes del circuito frigorífico.

### Evaporador (enfriador)

- Área,  $5,32 m^2$
- Calor intercambiado,  $Q_e = 44,5 kW$

### Compresor

- Potencia requerida,  $N = 26,6 kW$
- Dimensiones,

Largo	Ancho	Alto
0,7m	0,4m	0,5m

## Condensador

- 2 ventiladores,  $P = 1,5 \text{ kW}$
- Dimensiones,

Largo	Ancho	Alto
0,98m	1,59m	1 m

Además el circuito contará con distintas válvulas que se encargarán de que los distintos componentes funcionen correctamente.

Las dimensiones estimadas para de las tuberías del circuito de refrigeración se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 16. Diámetro estimado tuberías circuito primario

Círculo	Descripción	Diámetro Nominal(mm)
C1-1	Aspiración	51
C1-2	Descarga	39
C1-3	Líquido	39

Tabla 17. Diámetro estimado tuberías del circuito secundario

Círculo	Descripción	Diámetro Nominal (mm)
C2-1	Refrigeración- IT3	39
C2-2	IT3-Refrigeración	39
C2-3	Refrigeración- Tanques	51
C2-4	Tanques- Refrigeración	51
C2-5	Salida refrigeración ,IT3+tanques	63
C2-6	Entrada refrigeración, IT3+tanques	63

Para evitar pérdidas de calor añade un aislante de 40 mm.

Se introducen tres bombas para el agua glicolada de 1kW cada una.

Para más información, consultar el anexo 5 correspondiente a Cálculo de Instalaciones.

## 10. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

### 10.1. Descripción de la nave

La estructura de la nave será metálica con un pórtico tipo a dos aguas. La altura de pilares será de 7 m y la altura hasta cumbre de 8,5 m. Los cálculos se realizan conforme a lo dispuesto en el CTE DB-SE y en la EHE-08.

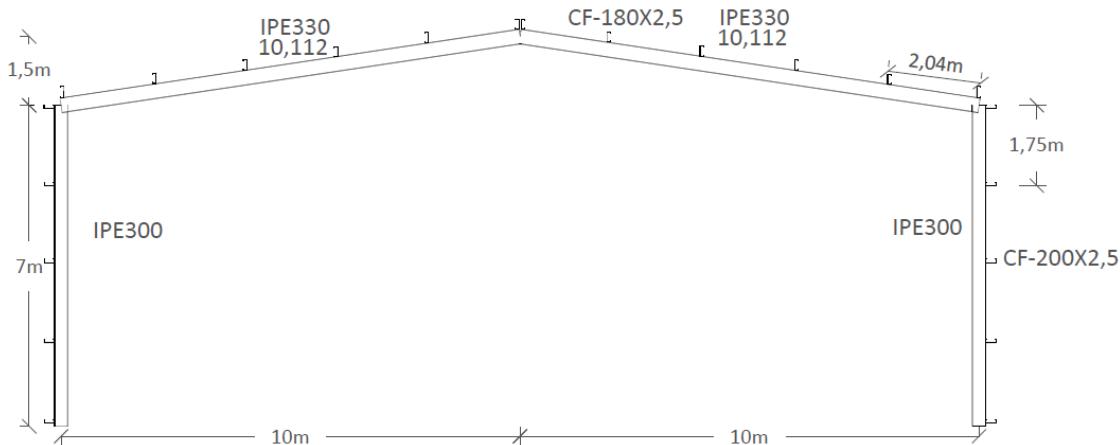
La nave constará de 8 vanos, con una separación de 5m, lo que da una longitud de 40 m. El pórtico tendrá una luz de 20 m, por lo que la nave tendrá una superficie de 800 m<sup>2</sup>.

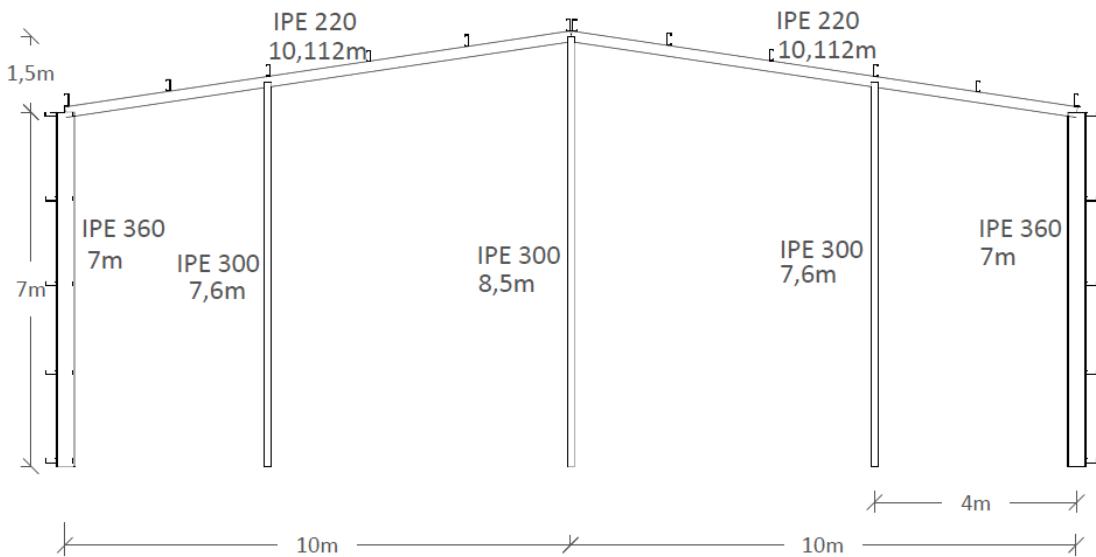
Los pórticos intermedios estarán formados por pilares de perfil IPE-300 y vigas IPE-330.

Los pórticos hastiales, estarán constituidos por pilares IPE-360 en el caso de los extremos y pilares IPE-300 para los hastiales. Las vigas del pórtico hastial tienen perfil IPE-220.

En cuanto a los elementos de las cruces de San Andrés, se utilizarán en los vanos situados en los extremos de la nave, tanto en fachada como en cubierta. Serán perfiles redondos de Ø 18 mm en cubierta, y perfiles angulares de 60x60x6 mm en fachada.

Las correas de cubierta tendrán perfiles CF 180x2,5 con una separación entre correas de 2m, mientras que las correas de fachada tendrán perfiles CF 200x 2,5 con una separación de 1,75m.





**Figura 5. Detalle de la estructura**

## 10.2. Cimentaciones

La cimentación de la nave estará formada por zapatas de hormigón HA-25/B/20/Ila y acero B500 S para el mallazo.

Las zapatas laterales presentan unas dimensiones de 2,10x3,20x1,10 m, las zapatas hastiales de 1,85 x 2,55x 1,10 m, las zapatas en los extremos son de 1,85x2,80x1,10m y por último, las zapatas en el segundo pórtico, tienen unas dimensiones de 2,50x3,60x1,10 m.

Las vigas de atado son de hormigón armado HA-25/P/20/Ila de 0,40x 0,40 m con armadura de acero de 12 mm de diámetro.

Tanto debajo de las zapatas como de las vigas riostras se colocarán 10 cm de hormigón de limpieza HM-20/P/40/Ila. También se colocará una solera de hormigón HA-25/P/20/Ila de 10 cm de espesor armada con mallazo electrosoldado.

### 10.3. Cubierta y aislamientos

Se colocará una cubierta a dos aguas con una pendiente del 15%, formada por panel sándwich de 40 mm de espesor con doble chapa de acero de 0,5 mm de espesor.

### 10.4. Albañilería

Los cerramientos exteriores serán de fábrica de bloques de 30x40x20 cm y el aislamiento se realizará mediante panel sándwich vertical de 80 mm de espesor. Para la separación de las dependencias en el resto de la nave, se utilizarán bloques prefabricados de 20 cm de espesor.

Los tabiques interiores para la zona de oficinas, serán de ladrillo hueco sencillo de 10 cm de espesor.

En la zona social se colocará un falso techo de placas de escayola lisa a una altura de 3 m.

## 11. FONTANERÍA

El abastecimiento de agua se llevará a cabo a partir de la red general de distribución de la zona industrial. La industria contará con instalaciones de agua fría y caliente, para lo cual se instalará un calentador eléctrico ( $P=1\text{ kW}$ ). Para el correcto dimensionado de la instalación se sigue el CTE HS-4.

Las conducciones tanto de agua fría como de agua caliente serán de polietileno reticulado (PE-X). Se utilizarán diferentes diámetros de tuberías en función de las necesidades de cada punto. A lo largo de la línea contaremos con distintos elementos de corte y retención para actuar en caso de problema en una zona determinada sin necesidad de cortar el suministro de toda la nave.

Tabla 18. Necesidades de agua fría y caliente.

Elemento	Aqua fría	Aqua caliente
	Consumo total (l/s)	Consumo total (l/s)
Tolva recepción	1,7	-
Lavadora	1,1	-
Central limpieza	1	-
Limpieza equipos	2	-
Caldera	0,84	-
Lavabo	0,2	0,13
Inodoro	0,2	-
Ducha	0,4	0,2
Fregadero	0,2	0,15
Grifo	1	-
Salida calentador	0,63	-
<b>TOTAL</b>	<b>9,27</b>	<b>0,48</b>

En función de las necesidades de cada tramo y de situación de los distintos puntos se dimensionan las tuberías.

Tabla 19. Dimensionado agua fría.

Tramo	Ø ext	V (m/s)	I (m)	j total (m.c.a)	Tramo	Ø ext	V (m/s)	I (m)	j total (m.c.a)
T0	76	0,8	30	0,51	T15	22	0,75	1	0,03
T1	54	0,9	16	0,34	T16	76	0,8	5,00	0,10
T2	76	0,8	5,6	0,11	T17	22	0,75	1	0,03
T3	54	0,9	6	0,13	T18	54	1,15	3,3	0,14
T4	42	0,95	12,6	0,26	T19	35	0,9	1,5	0,04
T5	28	1,1	1	0,04	T20	54	1,15	2,1	0,09
T6	54	1	2,5	0,05	T21	22	0,75	1	0,03
T7	22	0,75	7	0,24	T22	54	1,1	30,5	1,07
T8	15	1	2,5	0,16	T23	54	1,2	30,6	0,92
T9	22	0,8	3	0,10	T24	42	0,9	1	0,02
T10	15	1	2,5	0,16	T25	54	1	2	0,04
T11	22	0,75	1,8	0,06	T26	42	1,1	2	0,06
T12	15	1	2,5	0,16	T27	35	1	3,5	0,12
T13	15	1	3,2	0,20	T28	28	1,1	6,2	0,33
T14	54	1	3,5	0,09					

Tabla 20. Dimensionado agua caliente.

Tramo	$\varnothing$ ext	V (m/s)	I (m)	jtotal (m.c.a)
Tc1	22	0,9	0,3	0,01
Tc2	18	0,8	1,4	0,06
Tc3	18	0,8	4	0,19
Tc4	12	1	2,1	0,27
Tc5	12	1	5,6	0,73
Tc6	18	1,05	4,3	0,34
Tc7	15	0,9	0,4	0,03
Tc8	15	0,9	1,8	0,11

Para más información consultar el anexo 8 correspondiente a Fontanería.

## 12. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

La instalación de saneamiento consta de tres redes separadas, pluviales, residuales y fecales.

Los cálculos se han realizado conforme al CTE HS-5.

La red de pluviales se encarga de la evacuación del agua de lluvia procedente de la cubierta.

Tanto las bajantes como los colectores serán de PVC.

La red de aguas residuales, se encarga de recoger el agua generada durante las diferentes operaciones de procesado y limpieza de las instalaciones y equipos. Los colectores serán de PVC, y se colocarán arquetas sifónicas para evitar malos olores. Se introduce una arqueta separadora de grasas, antes de derivar el agua residual a la red general que va a depuradora.

Por último, la red de aguas fecales se encarga de recoger el agua de origen fecal. Las tuberías serán de PVC y se colocarán también arquetas sifónicas para evitar malos olores. Previo a la acometida general, se unirán la corriente de aguas fecales a la de aguas residuales.

Desde la acometida general, esta agua será transportada hasta la depuradora de la zona industrial.

## 13. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

La instalación contra incendios cumplirá el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimiento Industriales (RSCIEI) aprobado por el Real Decreto 2267/2004 del 3 de Diciembre.

Mediante las medidas que se establecerán, se pretende evitar la generación de incendios, o en caso de que éstos se produzcan, que se limite su propagación y se facilite su extinción, así como que se eviten o reduzcan los daños personales o materiales producidos por ellos.

La industria ocupa un edificio, que se encuentra a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo, por tanto, se puede considerar que se trata de un edificio de tipo C. El riesgo intrínseco calculado es de tipo BAJO (2).

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en las salidas de evacuación , así como extintores de polvo ABC y extintores de CO<sub>2</sub> para fuegos eléctricos.

**Tabla 21. Distribución de extintores.**

Zona	S (m <sup>2</sup> )	Nº extintores
Proceso	442	3
Máquinas	78	2
Laboratorio	35	1
Oficinas	35	1
Vestuarios y aseos	59,5	1
Almacenamiento zumo	150,5	1
<b>Total</b>		<b>9</b>

La industria está dotada de un sistema de alumbrado de emergencia, así como de una señalización de las salidas de emergencia.

Para más información consultar el anexo 10 correspondiente a Instalación Contra Incendios.

## 14. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica constará de varias redes y cumplirá todos los aspectos del vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Complementarias.

### 14.1. Alumbrado

Para el alumbrado de la industria, se van a utilizar los siguientes tipos de luminarias.

Tabla 22. Tipos de luminarias a utilizar.

Tipo de luminaria	Potencia (W)	$F_L$ (lm)
Fluorescente 2 tubos (a)	36	3250
Fluorescente 2 tubos (b)	58	5400
Vapor de sodio (AP)	150	14000

En función de las necesidades de iluminación de las distintas zonas, se calcula el número de luminarias necesarias, y su distribución en la industria.

### 14.2. Dimensionado

Se dimensiona el cableado a utilizar para los diferentes circuitos, tanto de iluminación como de fuerza conforme al Reglamento ITC BT-19. De la misma forma, se introducen los pertinentes elementos de protección del sistema.

La potencia total demandada por la industria es de 100,02 kW, aunque se prevé un coeficiente de simultaneidad de 0,85.

En el anexo 11, correspondiente a Electricidad de se detallan los cálculos realizados.

## 15. PRESUPUESTO

Se ha estimado el siguiente presupuesto:

Tabla 23. Presupuesto

<b>Obra civil e instalaciones</b>	138328,063 €
<b>Maquinaria</b>	162720,59 €
<b>Seguridad y Salud</b>	10245,89 €
<b>Gastos generales (13%)</b>	40468,29 €
<b>Beneficio industrial (6%)</b>	18677,67 €
<b>Total (sin I.V.A.)</b>	370440,5 €
<b>I.V.A. (21%)</b>	77792,51 €
<b>Total (con I.V.A.)</b>	448233,01 €

Además hay que tener en cuenta el precio del terreno, el coste de licencias y permisos así como los honorarios del equipo de proyectos.

De esta forma, la inversión total que habría que asumir asciende a 447434,43 € (sin IVA)

## 16. ESTUDIO ECONÓMICO

Para analizar la viabilidad económica del proyecto, se analizan una serie de indicadores económicos que reflejan si la inversión es rentable o no.

Se calculan tanto los gastos totales de la industria, como los ingresos generados de forma que, se calculan los flujos de caja.

Hay que tener en cuenta la inversión inicial, que incluye el presupuesto más el valor de compra del terreno en la zona industrial, así como el préstamo que se pide al banco (60% de la inversión inicial).

Con estos datos, se calculan los indicadores económicos que se muestran a continuación.

VAN	TIR	PAYBACK
198.329,95	15,85	9

Según los indicadores obtenidos, el proyecto sería viable y rentable.

Se detallan los cálculos realizados en el anexo 12 correspondiente a Estudio Económico.

## 17.CONCLUSIÓN

Con todo lo anteriormente expuesto, y junto al resto de documentos, planos, pliego de condiciones, presupuesto y estudio de seguridad y salud, se da por finalizado el presente proyecto.

Huesca, Noviembre de 2014

La graduada en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Fdo: Cristina Suelves Mur