



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico  
y Quínico”**

**Integrante: Pedro Martín Fernández**

**Ingeniería Química**

**Legajo: 40.050**



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Introducción”**

# **Índice**

Introducción.....	Página 1
Objetivos.....	Página 5
Especificaciones Técnicas.....	Página 6
Bibliografía.....	Página 8

## Introducción

La Yerba Mate es uno de los cultivos más importantes en Argentina, tanto a nivel industrial como cultural. Dicho cultivo se desarrolla en nuestro país en la provincia de Misiones y en el Noreste de la provincia de Corrientes, a la vez que se extiende a países vecinos como Paraguay y Brasil.

La yerba mate no solo se consume en los países donde se cultiva, sino que la infusión de mate está difundida en otros mercados tales como, Uruguay, Siria, Chile, y Líbano, y en menor medida otros como Estados Unidos o Francia. Resulta importante el mercado de Líbano, donde cada año se extiende el negocio de la comercialización de la Yerba Mate.

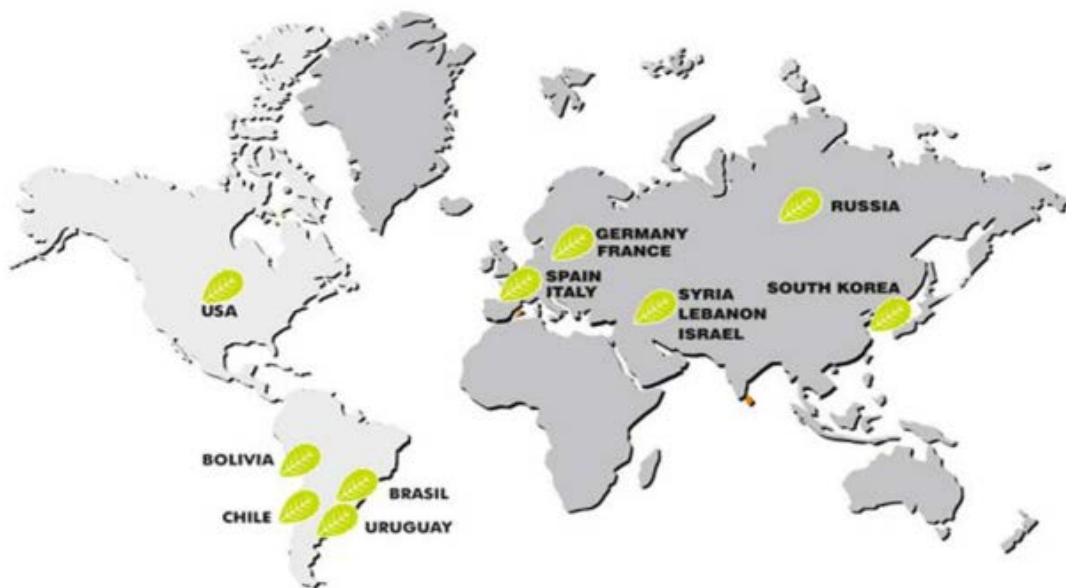


Figura 1

La industria yerbatera incluye diversos productos, tales como las distintas variedades de Yerba Mate y el mate cocido. En la elaboración de dichos productos se utilizan de la planta de Yerba Mate las hojas y en menor medida las ramas más delgadas, que corresponden a la porción del “palo”. Esta última se encuentra limitada en su cantidad por ley (según el “Código Alimentario Argentino”, un kilo de yerba mate con palo tiene que tener al menos un 65% de hojas desecadas, rotas o pulverizadas y no más de un 35 % de palo), y su contenido permite distinguir diversos tipos de productos.

Sin embargo, no se le da ningún uso a la porción más gruesa del tronco de la planta, más allá de utilizarla como combustible sólido. Por lo tanto, resulta interesante conocer las propiedades de esa fracción y a partir de eso intentar valorizar un recurso que se deja de lado y que puede reportar beneficios.

La planta de Yerba Mate se encuentra compuesta por diferentes familias de sustancias, entre las que se destacan compuestos fenólicos, metilxantinas, minerales (como Potasio, Magnesio, Manganeso). Todos estos compuestos aportan diferentes propiedades a la planta, así como tienen diferentes acciones beneficiosas sobre el organismo. Sin embargo, en la realización del presente estudio resulta importante el primer grupo: los compuestos fenólicos.

En cuanto a los compuestos fenólicos, se destaca en la Yerba Mate la presencia de ácidos hidroxicinámicos. Los más comunes son los llamados Ácidos Clorogénicos, una familia de ésteres formados entre el ácido quínico y uno o más residuos de algunos ácidos tales como el trans-cinámico, p-cumárico, ferúlico y cafeico. El ácido 5-cafeoilquínico (ACG) está presente como compuesto mayoritario en el mate y es un éster del ácido quínico con ácido cafeico.

El Ácido Clorogénico es un compuesto fenólico que se encuentra en ciertas especies vegetales, como *Lonicera japonica* Thunb y *Eucommia ulmoides* Oliver. Sin embargo, la cantidad presente en estas fuentes es limitada, lo que provoca que su extracción resulte cara. Por otra parte, el Ácido Clorogénico se encuentra presente en otras fuentes, tales como la manzana, la pera, el tomate, la batata y el café. Entre sus usos más comunes se encuentran: aditivo en bebidas; industria cosmética; productos derivados del té. Además cuenta con

diferentes propiedades farmacológicas beneficiarias para el hombre: hepatoprotectivas, antioxidantes y antifúngicas, y como agente contra el cáncer.

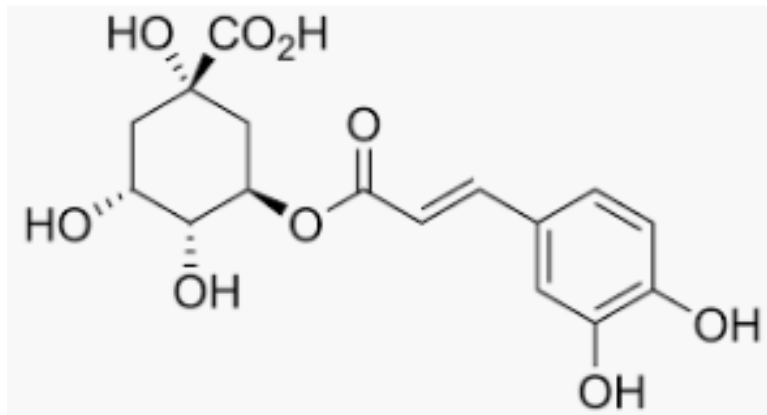


Figura 2 - Ácido Clorogénico

La hidrólisis del Ácido Clorogénico produce cantidades estequiométricas de Ácido Quínico y Ácido Caféico. En cuanto al Ácido Quínico, se lo suele obtener en pequeñas cantidades de la corteza de quina, así como de los granos de café. Su uso más importante es como intermediario en la fabricación de diferentes drogas, especialmente en la producción de Ácido Siquímico, el cual es utilizado como precursor en la síntesis de principios activos para medicamentos contra la gripe, así como en la síntesis de agroquímicos y aminoácidos.

El Ácido Caféico es un ácido hidroxicinámico que se encuentra presente en el té verde, salvado de trigo, higo, calabaza. Es un poderoso antioxidante (por ejemplo cuenta con efectos protectores sobre el  $\alpha$ -tocoferol en las proteínas de baja densidad LDL), estimulante y antiinflamatorio. Se utiliza junto con sus derivados en la fabricación de fármacos antioxidantes e inmunomoduladores. Además, debido a sus propiedades antioxidantes también se utiliza en la fabricación de cremas para el cuidado de la piel, protegiéndola del daño fotooxidativo. Por otra parte, este compuesto cuenta con actividad antimicrobiana según muchos estudios, lo cual puede abrir un campo de aplicación en el cuidado de enfermedades de la piel, tales como el acné.

Estos tres ácidos (Clorogénico, Caféico y Quínico) no se producen en Argentina, por lo tanto deben ser importados para satisfacer el consumo local.

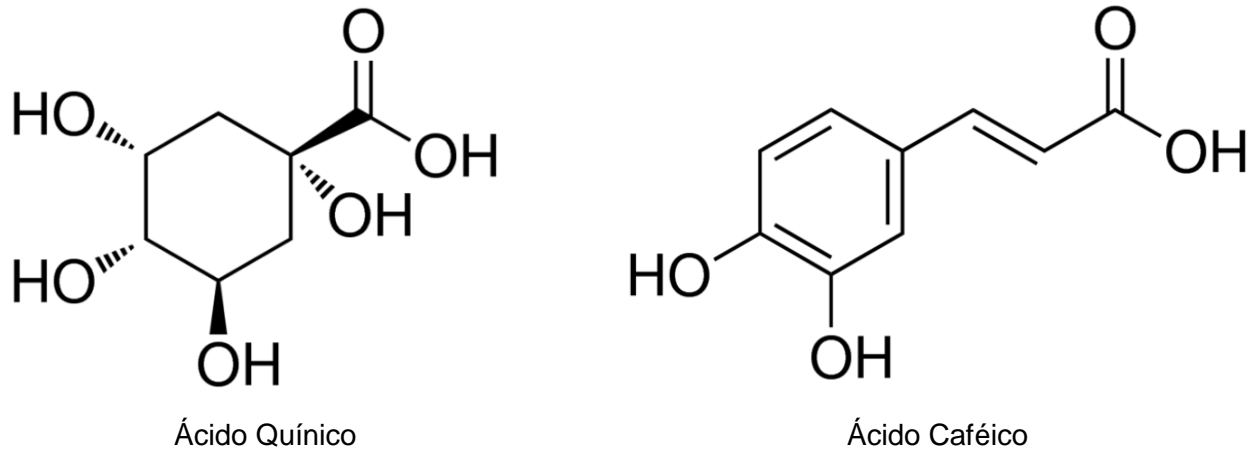


Figura 3

Según estudios recientes, se ha comprobado que la yerba mate (*Ilex paraguarienses*) posee un alto contenido de Ácido Clorogénico. Como se mencionó anteriormente, dentro del proceso de fabricación de yerba mate, la fracción de los palos verdes resulta un residuo poco valorado, y una fuente potencial para la obtención de dicho ácido.



Figura 4 - Plantación de Yerba Mate

### **Objetivos**

El objetivo del presente trabajo se puede dividir en tres etapas:

- En un primer momento, la extracción del Ácido Clorogénico de los palos verdes de yerba mate, a través de un proceso de extracción sólido-líquido, que se realiza con agua de Osmosis Inversa a 90°C como fluido de extracción.
- Luego, la utilización del ácido obtenido como inductor para la bioproducción de una enzima que permita hidrolizar el Ácido Clorogénico (existen métodos de hidrólisis ácida, pero la cantidad de subproductos generados requiere de varias etapas de purificación para obtener los productos deseados, aumentando los costos de producción, además de que dichos subproductos suponen un mayor riesgo para el ambiente).
- Finalmente, la obtención de la enzima naturalmente inmovilizada, mediante la inactivación del micelio a través de un Tratamiento Térmico, y el uso de dicha enzima



en un reactor de lecho fijo para llevar a cabo la hidrólisis y posterior obtención del Ácido Caféico y Quínico, realizando luego la purificación de ambos compuestos.

De esta forma, se puede lograr darle valor a un residuo, a la vez que se abastece al mercado nacional de productos que actualmente deben ser importados, y que pueden resultar valiosos dentro de la industria química. Por otra parte, resulta también importante desde el punto de vista del desarrollo de la industria Nacional, aportando conocimiento, innovación y generando puestos de trabajo.

### **Especificaciones técnicas**

<b>Ácido Quínico</b>	
Estado de agregación	Sólido / Polvo
Color	Amarillo pálido
Presentación	Bolsa de 25 kg.
Densidad	1,35 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	162,5°C
Pureza	>98%
Fórmula molecular	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
Masa molecular	192,17 g/mol
CAS	77-95-2

Ácido Caféico	
Estado de agregación	Sólido / Polvo
Color	Amarillo pálido
Presentación	Bolsa de 25 Kg.
Densidad	1,48 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	202°C
Pureza	>98%
Fórmula Molecular	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>
Masa molecular	180,15 g/mol
CAS	501-16-6

**Bibliografía**

- <https://yerbamateargentina.org.ar>
- <https://www.agroindustria.gob.ar>
- <http://www.chemspider.com/>
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Estudio de Mercado”**

# Índice

Estudio de mercado.....	Página 1
Ácido Caféico.....	Página 1
Ácido Quínico.....	Página 9
Cálculos Estudio de Mercado.....	Página 16
Ácido Quínico.....	Página 16
Ácido Caféico.....	Página 16
Conclusiones.....	Página 19
Bibliografía.....	Página 20

## **Estudio de Mercado**

El objetivo de este capítulo será analizar los datos de comercio exterior de los productos, y de esta forma poder establecer el consumo aparente de dichos productos, teniendo en cuenta la producción nacional, las importaciones y exportaciones, tomando datos de 10 años anteriores a la fecha, a fin de poder establecer una tendencia. Luego se determinará el porcentaje del mercado se desea abastecer, estableciendo así la producción necesaria para el abastecimiento del mercado nacional (Los datos se obtendrán principalmente de fuentes como el Nosis y el INDEC).

Los productos que se analizarán serán:

- Ácido Quínico (Pos.:29.18.19.90): Ácidos carboxílicos c/función alcohol, s/otra función oxigenada, ncop.
- Ácido Caféico (Pos.:29.18.29.90): Ácidos carboxílicos c/función fenol, s/otra función oxigenada, ncop.

Ambos productos se comercializan con un grado de pureza de 98% (como mínimo), lo que asegura que son aptos para su uso en industria alimentaria y farmacéutica.

### **Ácido Caféico**

En un primer momento se analizan los datos de exportación e importación del producto, tomando en cuenta la cantidad comercializada y el monto de dichas transacciones.

**Importaciones**

<b>Año</b>	<b>Peso Neto (Kg.)</b>	<b>FOB (U\$S)</b>
<b>2009</b>	89.004,00	782.920,00
<b>2010</b>	113.859,00	977.650,00
<b>2011</b>	75.495,00	793.123,00
<b>2012</b>	142.776,00	1.312.118,00
<b>2013</b>	80.693,00	887.729,00
<b>2014</b>	109.154,00	1.098.277,00
<b>2015</b>	64.046,00	702.391,00
<b>2016</b>	70.534,00	561.338,00

Tabla 1

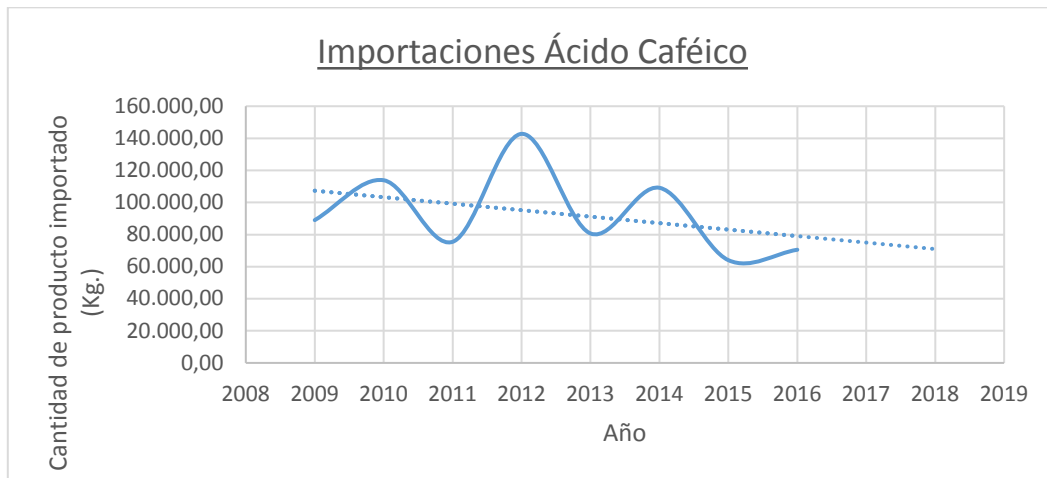


Figura 1

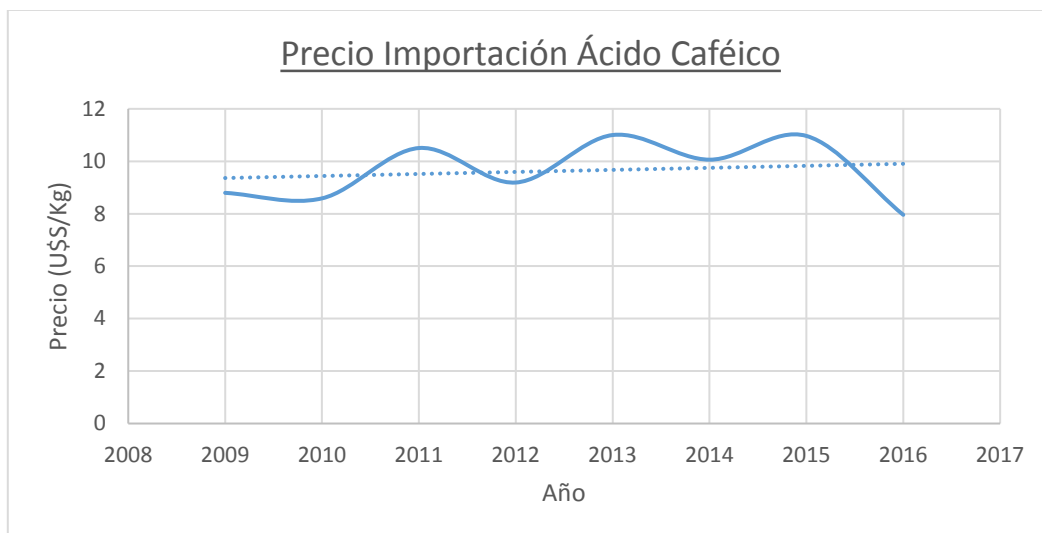


Figura 2

De acuerdo a los datos obtenidos, resulta un precio estimado de importación a 2021

de 10,35  $\frac{U\$S}{Kg \text{ de Ácido Caféico}}$ .

**Exportaciones**

<b>Año</b>	<b>Peso Neto (Kg.)</b>	<b>FOB (U\$S)</b>
<b>2009</b>	155,68	2.328,00
<b>2010</b>	1.501,00	11.849,00
<b>2011</b>	2.101,20	39.027,00
<b>2012</b>	53	3.317,00
<b>2013</b>	58	3.887,00
<b>2014</b>	200	8.128,00
<b>2015</b>	2.010,00	37.017,00
<b>2016</b>	165	9.722,00

Tabla 2



Figura 3



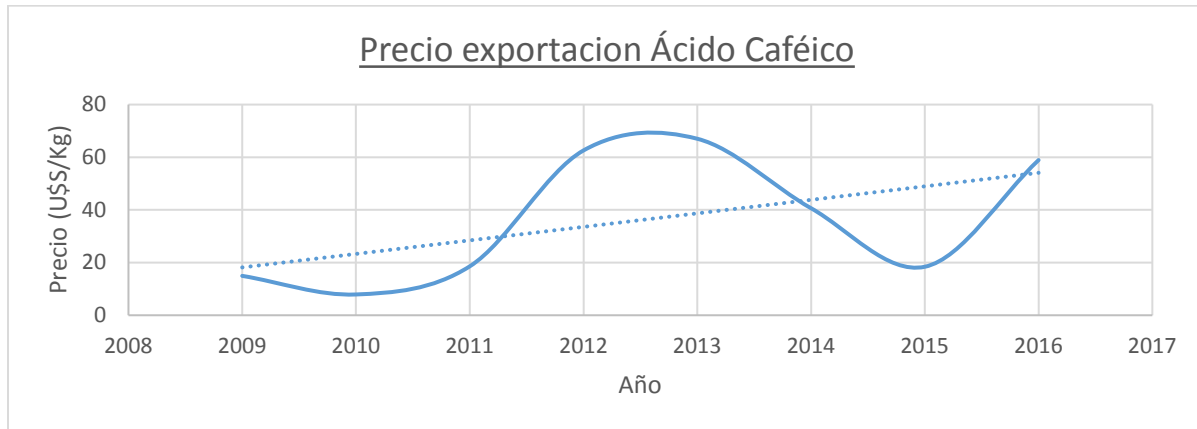


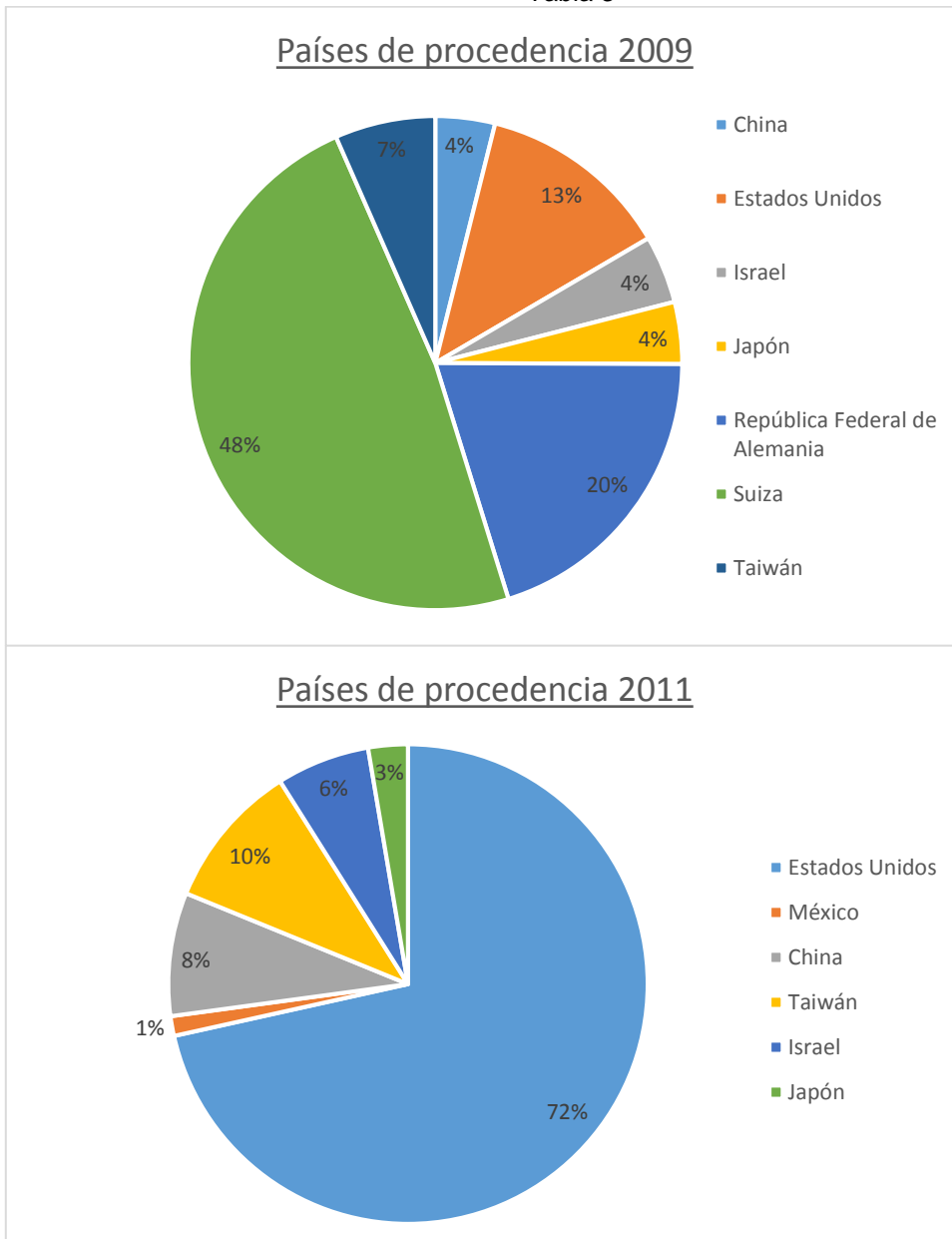
Figura 4

De acuerdo a los datos obtenidos, resulta un precio estimado de exportación a 2021 de  $77,73 \frac{U\$}{Kg \text{ de Ácido Caféico}}$ . Luego se analizan los principales países clientes y proveedores de dicho producto:

<b>Importaciones</b>				
<b>Año</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>2015</b>
<b>País de origen</b>	<b>Peso neto(Kg)</b>			
<b>Brasil</b>	51,00	30,00	40.994,00	32.190,00
Bélgica	0,00	2,00		
<b>China</b>	3.464,00	6.261,00	4.744,00	5.601,00
Corea, República de	2,00			1.135,00
Dinamarca	25,00			
España	10,00	85,00	200,00	450,00
<b>Estados Unidos</b>	11.243,00	53.830,00	13.215,00	3.340,00
Francia	100,00	30,00	5.400,00	
Hungría	0,00			1,00
India	10,00	31,00	74,00	63,00
<b>Israel</b>	3.945,00	4.730,00	3.273,00	2.825,00
Italia	35,00			
Japón	3.600,00	2.010,00	6.050,00	600,00
Kirguistán	2,00			
Perú	0,00			
Reino Unido	2,00	50,00	85,00	526,00
República Federal de Alemania	17.880,00			3.100,00
Suiza	42.785,00			2.900,00
<b>Taiwán</b>	5.850,00	7.426,00	6.403,00	11.290,00
<b>México</b>		1.000,00		25,00

Países Bajos			70,00	
--------------	--	--	-------	--

Tabla 3



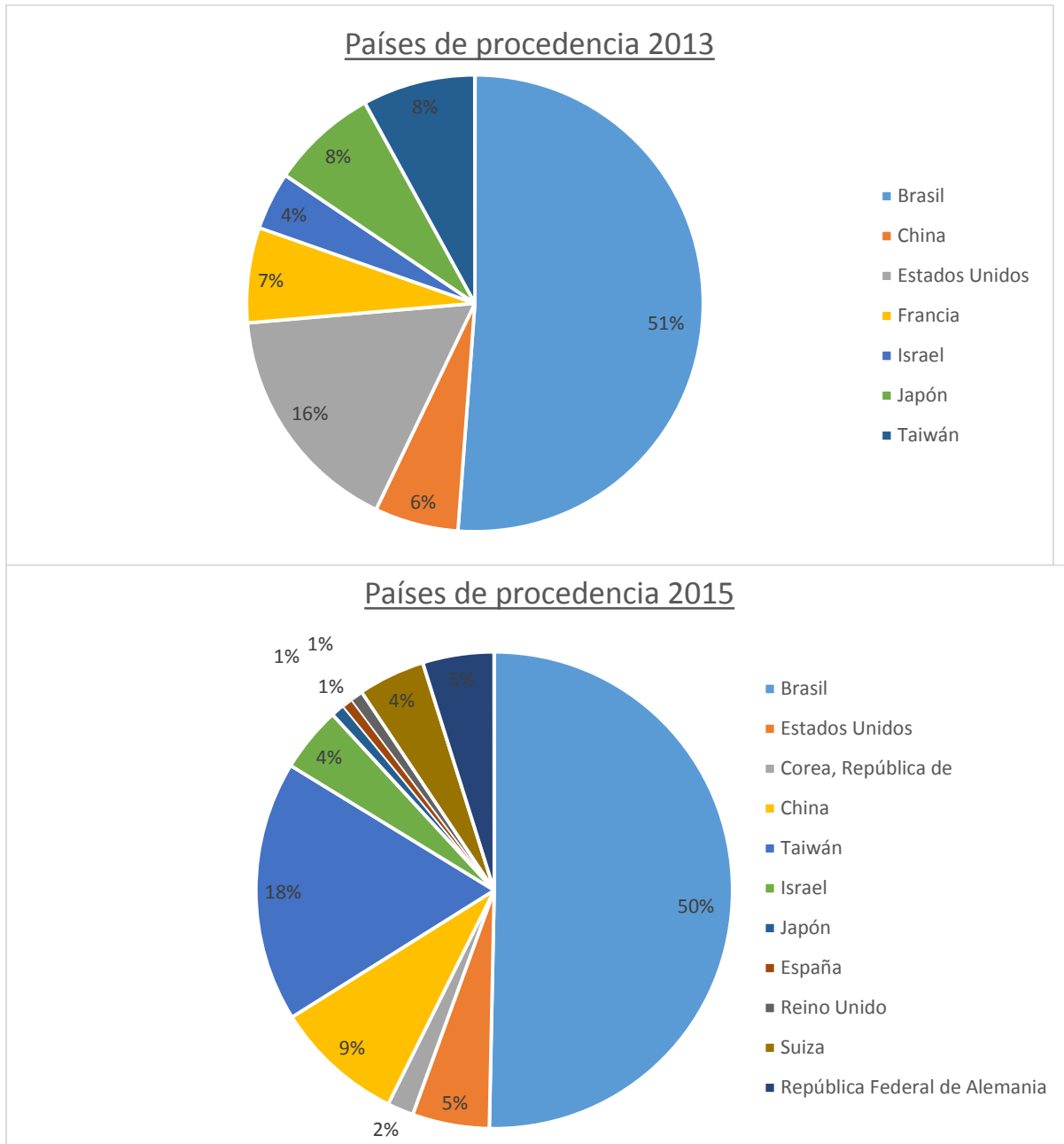


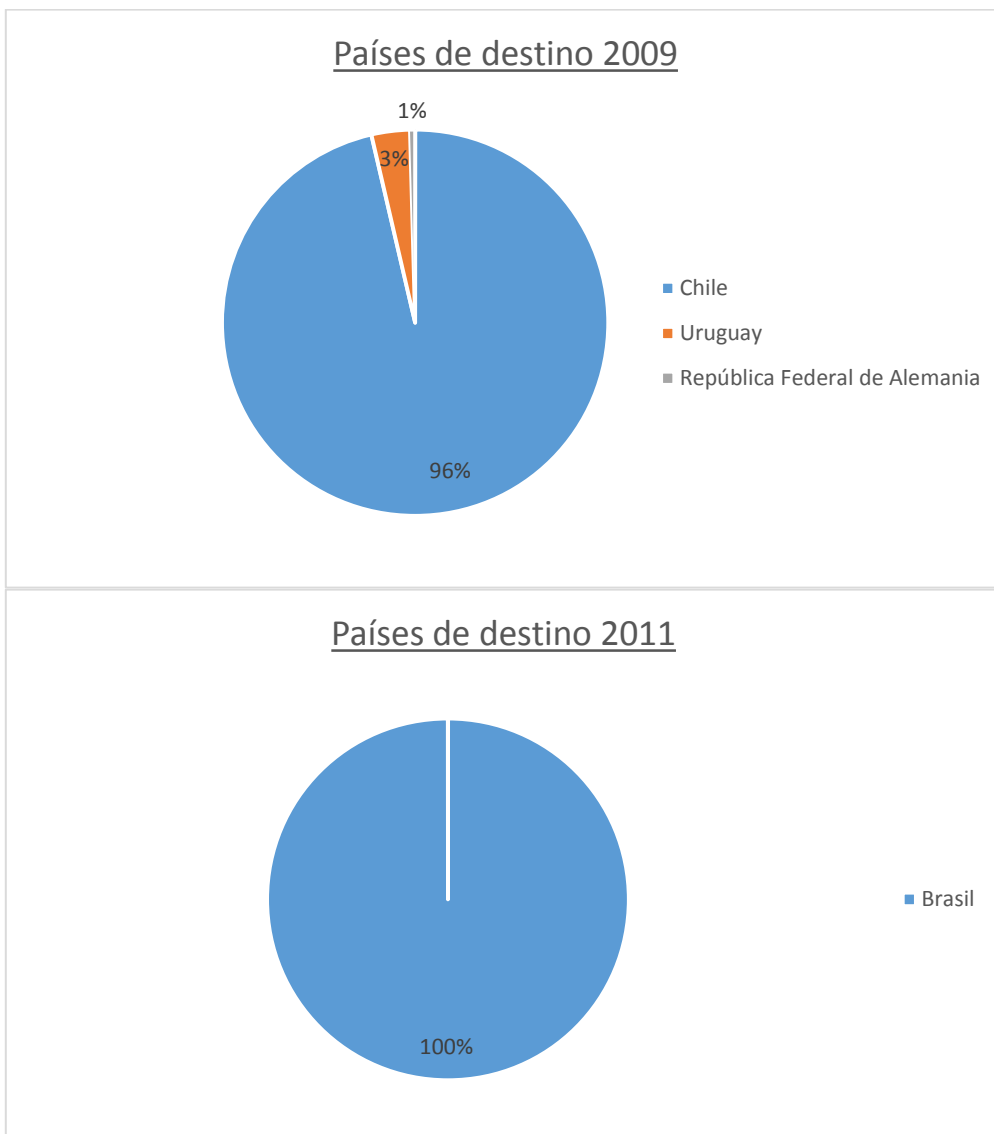
Figura 5

Se observa que los principales países de procedencia del producto a lo largo del período analizado son Brasil, China, Estados Unidos, Israel y Taiwán.

Exportaciones

Año	2009	2011	2013	2015
<b>País de destino</b>	<b>Peso neto(Kg)</b>			
Chile	150			
Perú	0,01	1		
Uruguay	5,01		3	
República Federal de Alemania	0,66			
<b>Brasil</b>		<b>2.100,20</b>	<b>55</b>	<b>2.010,00</b>

Tabla 4



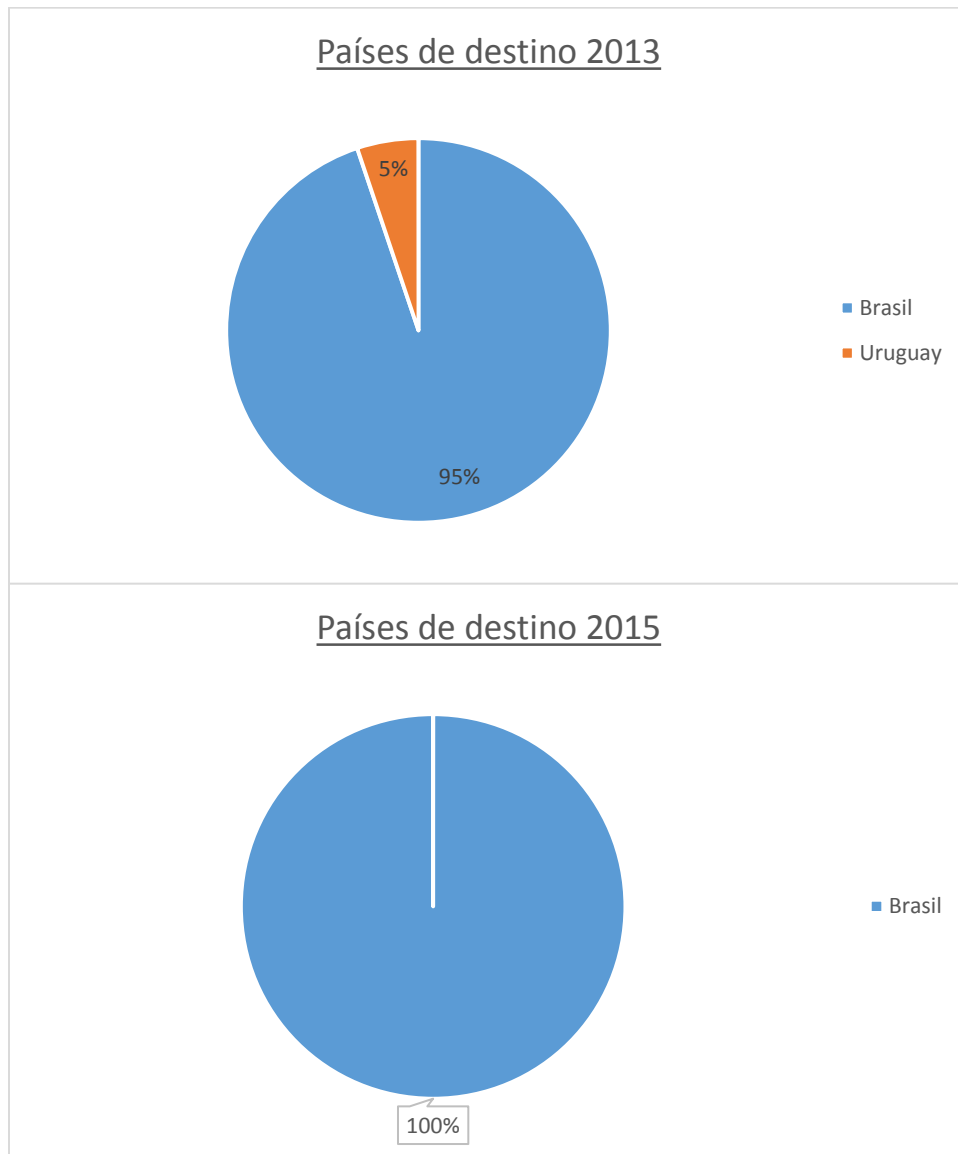


Figura 6

Se observa que el principal país de destino del producto a lo largo del período analizado ha sido Brasil.

Entre las principales empresas importadoras de Ácido Caféico se encuentran: Dsm Nutritional Products Argentina, International Flavours and Fragrances SRL, Merck S.A., Rohm and Haas Argentina (perteneciente al grupo de empresas de DOW).

**Ácido Quínico**

En un primer momento se analizan los datos de exportación e importación del producto, tomando en cuenta la cantidad comercializada y el monto de dichas transacciones.

**Importaciones**

<b>Año</b>	<b>Peso Neto (Kg.)</b>	<b>FOB (U\$S)</b>
<b>2009</b>	1.327.223,00	3.640.267,00
<b>2010</b>	1.260.905,00	3.599.579,00
<b>2011</b>	1.497.771,00	4.798.300,00
<b>2012</b>	1.518.234,00	4.954.396,00
<b>2013</b>	1.666.275,00	5.617.512,00
<b>2014</b>	1.428.333,00	4.240.091,00
<b>2015</b>	1.723.190,00	5.452.339,00
<b>2016</b>	1.008.254,00	3.087.915,00

Tabla 5

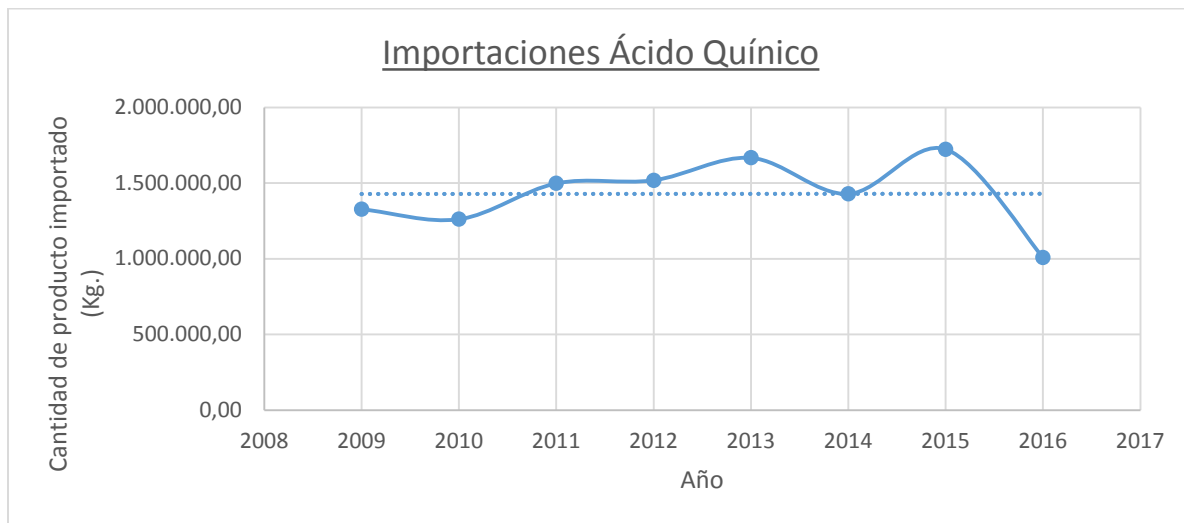


Figura 7

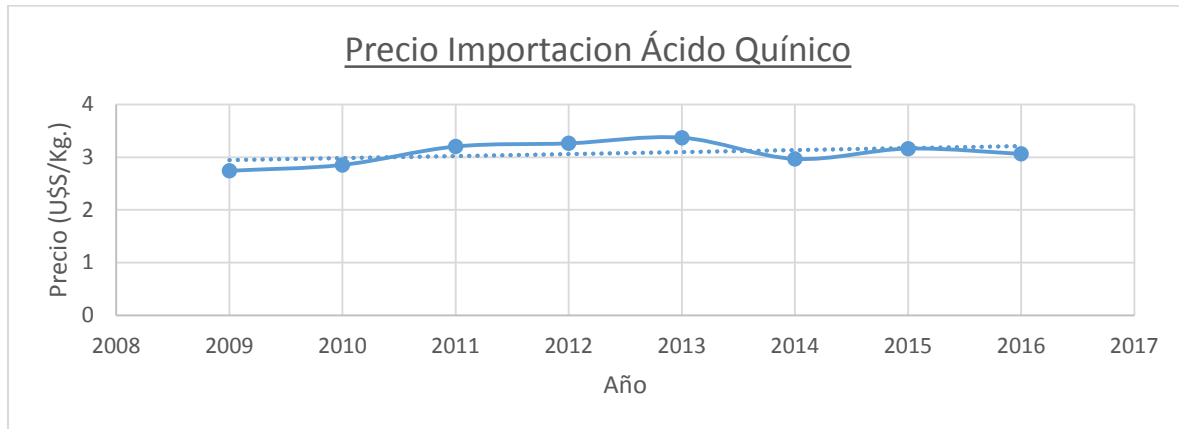


Figura 8

De acuerdo a los datos obtenidos, resulta un precio estimado de importación a 2021 de  $3,48 \frac{U\$}{Kg \text{ de Ácido Quínico}}$ .

**Exportaciones**

Año	Peso Neto (Kg.)	FOB(U\$S)
2009	1.152,69	13.007,00
2010	5.125,16	22.140,00
2011	3.457,68	34.761,00
2012	6.907,00	31.152,00
2013	22.140,00	72.028,00
2014	1.834,10	8.797,00
2015	3.075,26	11.363,00
2016	417,12	6.858,00

Tabla 6



Figura 9

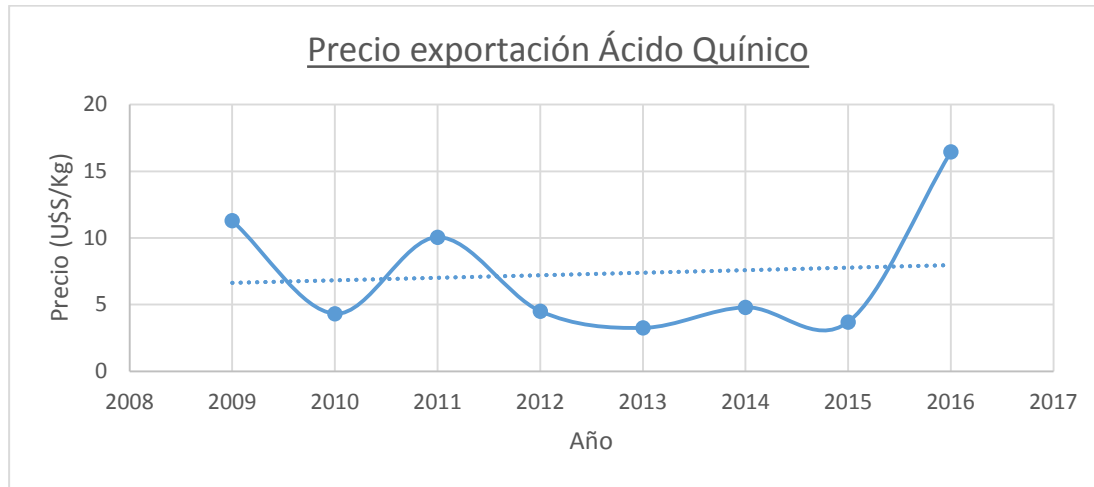


Figura 10

De acuerdo a los datos obtenidos, resulta un precio estimado de exportación a 2021 de  $8,97 \frac{U\$}{Kg \text{ de Ácido Quínico}}$ .

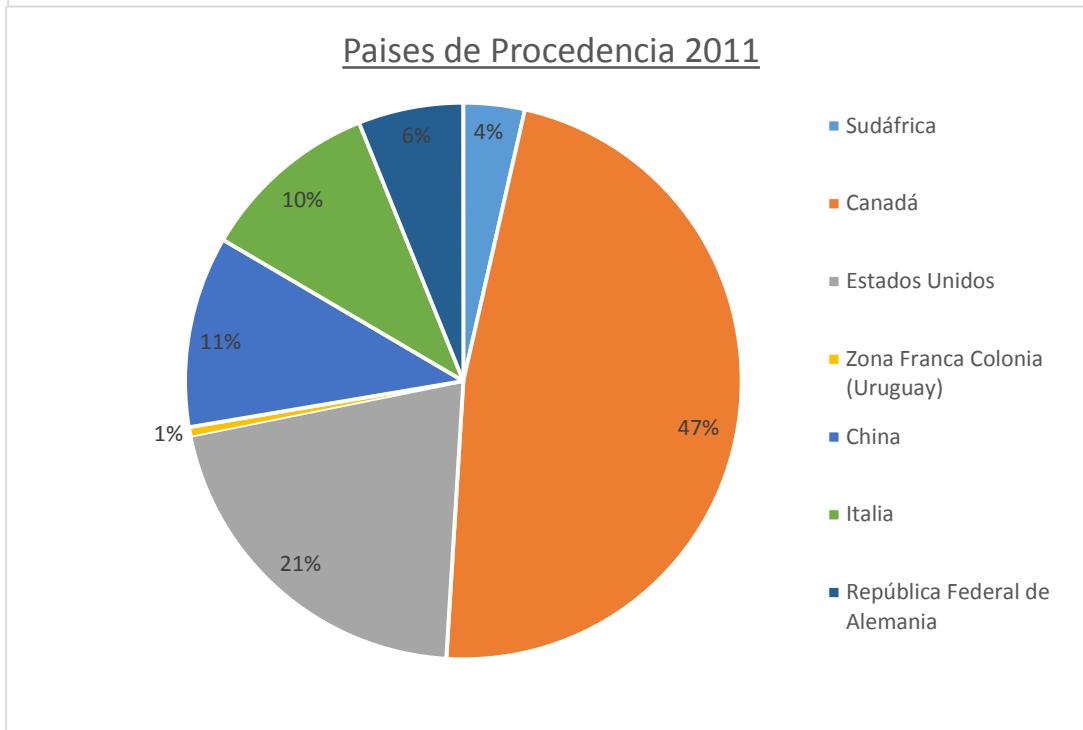
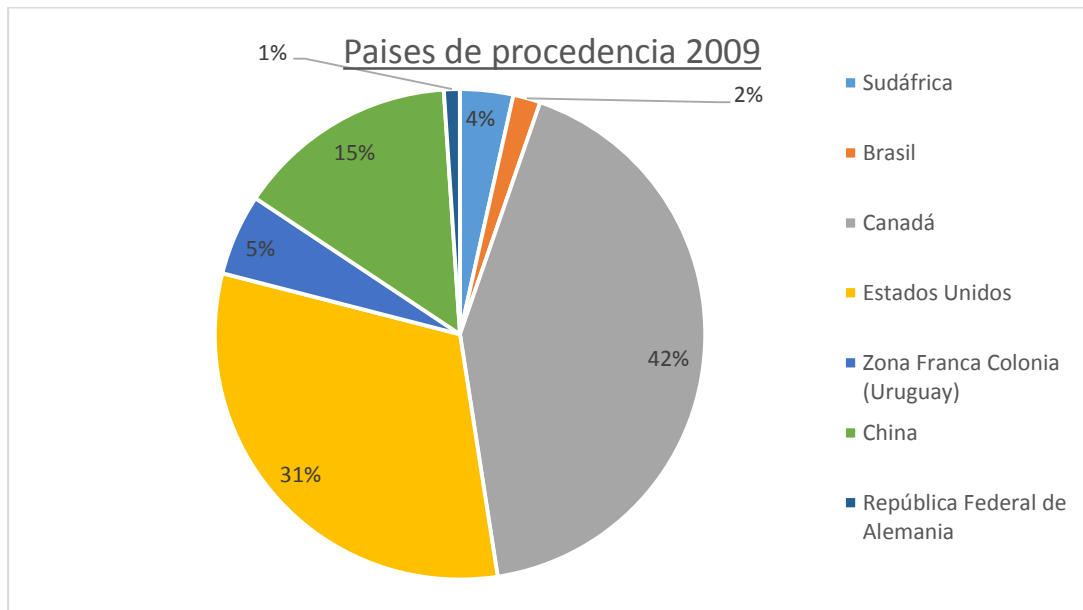
Luego se analizan los principales países clientes y proveedores de dicho producto:

<u>Importaciones</u>				
Año	2009	2011	2013	2015
<b>País de origen</b>	<b>Peso neto(Kg)</b>			
<b>Sudáfrica</b>	35.000,00	52.500,00	52.500,00	17.500,00
<b>Brasil</b>	18.000,00			
<b>Canadá</b>	422.500,00	702.542,00	537.545,00	710.000,00
<b>Estados Unidos</b>	314.902,00	309.063,00	550.597,00	467.233,00
<b>Zona Franca Colonia (Uruguay)</b>	53.411,00	7.522,00	93.604,00	117.371,00
<b>China</b>	145.991,00	164.512,00	341.149,00	363.998,00
<b>India</b>	4.200,00	256	23.377,00	5.842,00
<b>Japón</b>	16	13.350,00	19.550,00	
<b>Bélgica</b>	350		1,00	
<b>Francia</b>	1.325,00	400	1.190,00	1.530,00
<b>Italia</b>	650	154.609,00	2.504,00	24.345,00
<b>Países Bajos</b>	1.200,00			
<b>Reino Unido</b>	75		14	
<b>Suecia</b>	0	1.500,00	0	
<b>Suiza</b>	35	4	6	45
<b>República Federal de Alemania</b>	10.597,00	90.477,00	35.957,00	14.901,00
<b>Nueva Zelandia</b>	2	17	1	15
<b>España</b>		1.019,00	10	



<b>Singapur</b>			200	
<b>Hong Kong - Región Administrativa Especial de (China)</b>			200	410
<b>Irlanda</b>			7.870,00	

Tabla 7



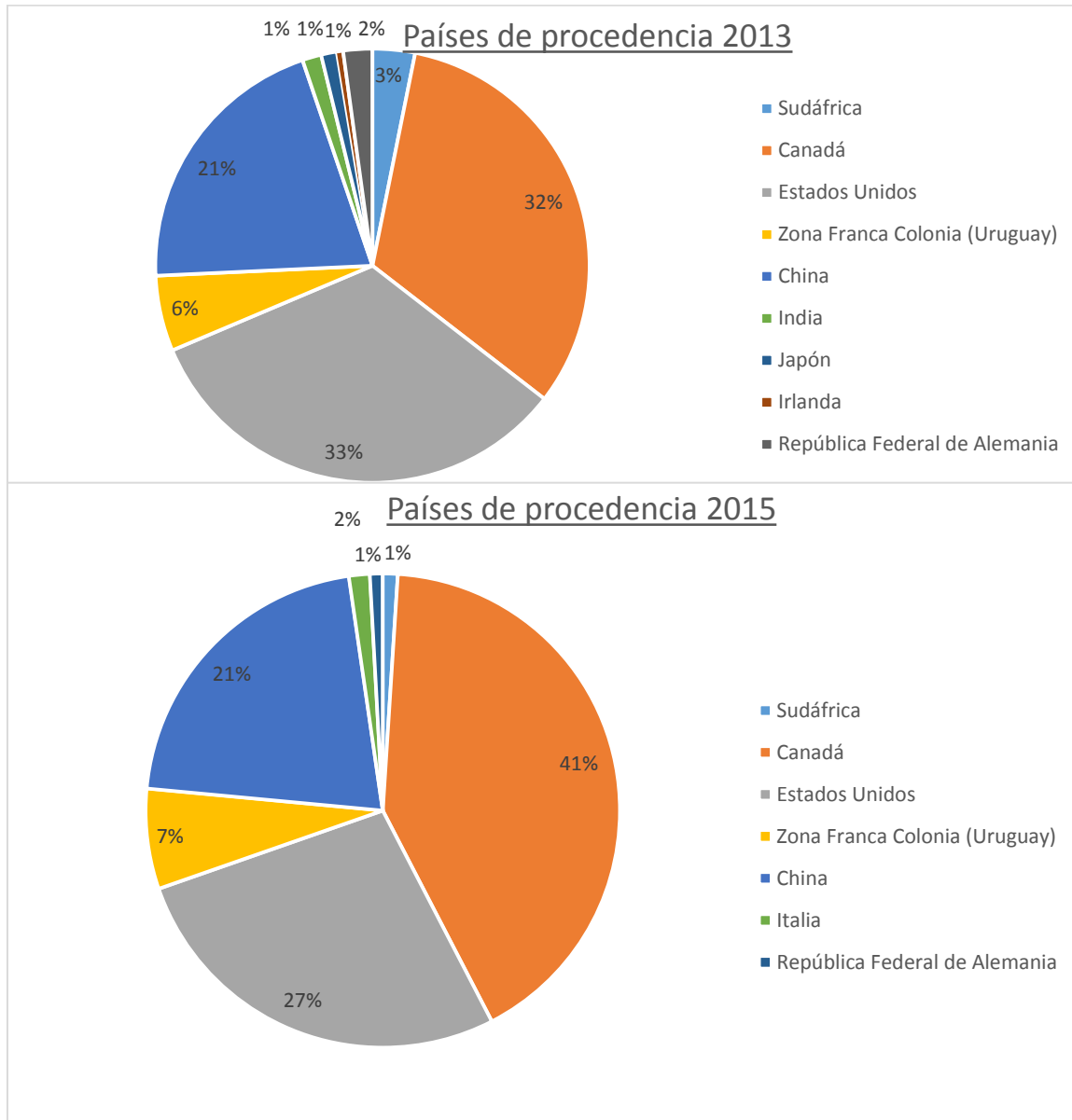


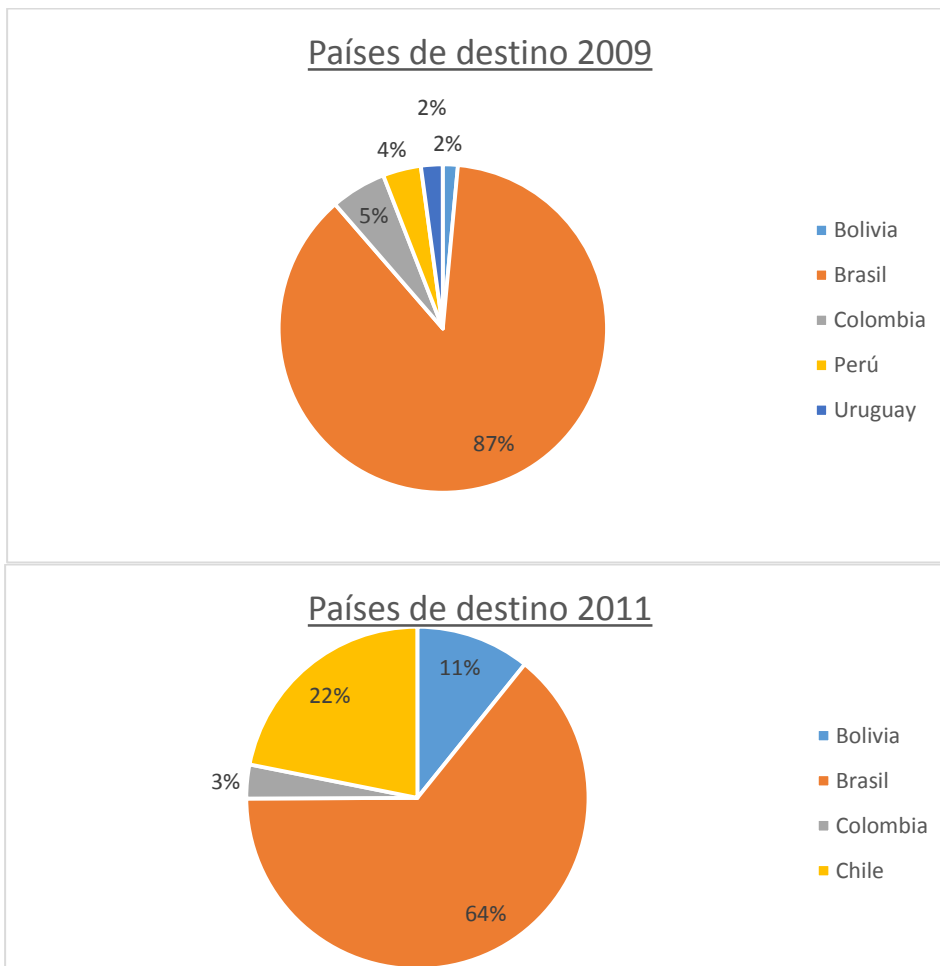
Figura 11

Se observa que los principales países de procedencia del producto a lo largo del período analizado son Sudáfrica, Canadá, Estados Unidos, China, República Federal de Alemania y Zona Franca Colonia (Uruguay).

**Exportaciones**

Año	2009	2011	2013	2015
<b>País de destino</b>	<b>Peso neto(Kg)</b>			
<b>Bolivia</b>	17,03	370		
<b>Brasil</b>	1.000,00	2.200,00		
<b>Colombia</b>	62,93	110	80	20
<b>Perú</b>	43,03	16,73		0,15
<b>Uruguay</b>	24,64	2,4	1.048,00	3.035,00
<b>República Federal de Alemania</b>	5,06			
<b>Chile</b>		750	3.000,00	
<b>Paraguay</b>		4,55		
<b>Zona Franca Libertad (Uruguay)</b>		4	2	20,1
<b>México</b>			18.000,00	
<b>Países Bajos</b>			10	

Tabla 8



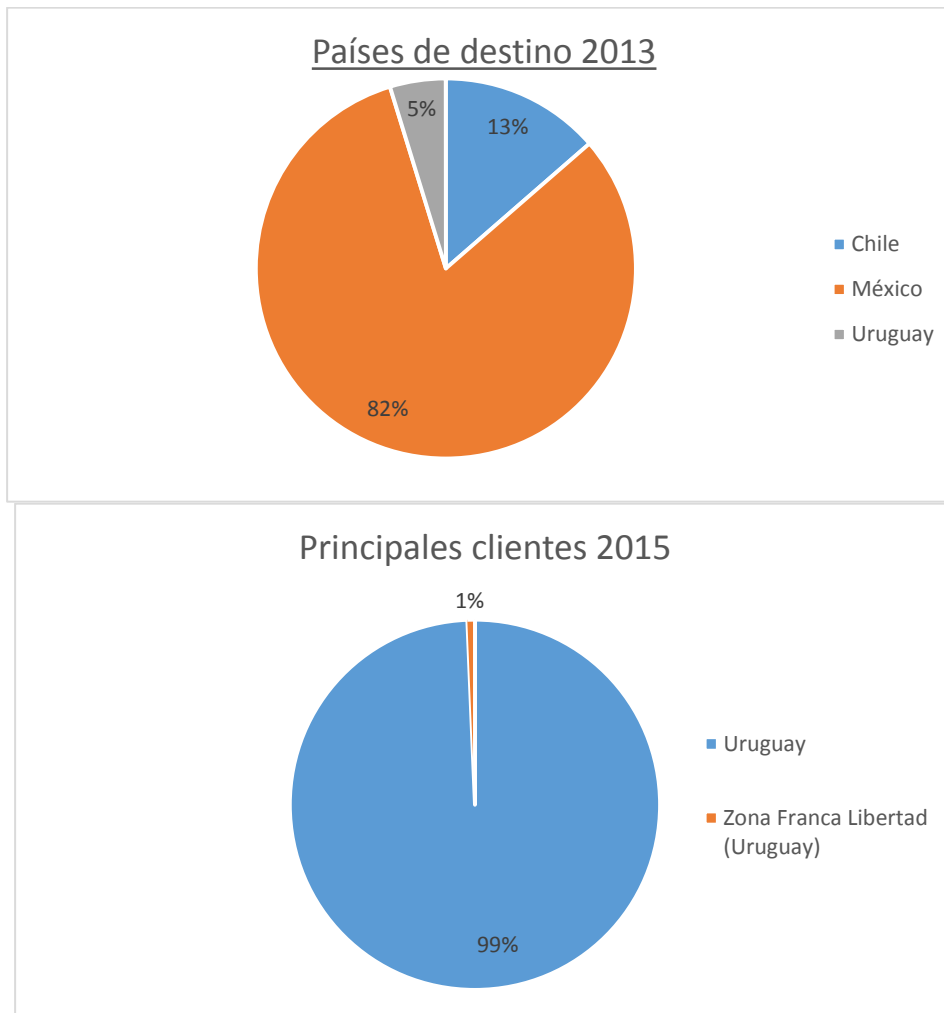


Figura 12

Se observa que los principales países de destino del producto a lo largo del período analizado son Uruguay y México.

Entre las principales empresas importadoras de Ácido Quínico se encuentran: Mondelez Argentina Sociedad Anónima, Sigma Aldrich de Argentina Srl (perteneciente a Merck, producción de reactivos y productos utilizados en la industria química, cosmética, farmacéutica), Firmenich SAIC (dedicada a la producción de sabores y aromas), DU Pont Argentina.

### **Cálculos de la Investigación de Mercado**

Finalmente, se procede al cálculo del consumo aparente del producto en el país, el cual corresponde a:

Consumo Aparente= Importación + Producción – Exportación

(Tanto la importación como la exportación se determinan a partir de las tendencias correspondientes a los datos obtenidos de INDEC y Nosis).

#### **Ácido Quínico**

Sabiendo que el Ácido Quínico no se produce en el país, y calculando el consumo aparente:

Consumo Aparente= Importación + Producción – Exportación

1430,6 Ton + 0 Ton - 5 Ton = 1425,6 Ton

Si decidimos abarcar un 100% del consumo aparente del mercado interno, en el 2021, a un precio de  $8,97 \frac{u\$s}{Kg}$ , resulta un volumen de ingresos de  $12.791.220 \frac{u\$s}{año}$ .

#### **Ácido Cafeico**

Sabiendo que el Ácido Caféico no se produce en el país, y calculando el consumo aparente:

Consumo Aparente= Importación + Producción – Exportación

75,8 Ton + 0 Ton – 0,6 Ton = 75,2 Ton

Si queremos abarcar un 100% del consumo aparente del mercado interno, en el 2021, a un precio de  $77,73 \frac{u\$s}{Kg}$ , resulta un volumen de ingresos de  $5.845.296 \frac{u\$s}{año}$ .

Ya que en la hidrólisis se la producción de los ácidos (Caféico y Quínico) es 1:1, se decide abarcar la totalidad del consumo del Ácido Caféico, mientras que se produce la cantidad equivalente de Ácido Quínico que surge de la hidrólisis. Si se decidiera abarcar un mayor

porcentaje del mercado del Ácido Quínico, esto generaría una cantidad de Ácido Caféico mucho mayor al consumo aparente del producto, con lo cual se opta por bajar la producción del primer ácido para evitar un stock excesivo de dicho producto.

Sabiendo que la producción de ambos ácidos es 1:1, si al producirse 192,17 g. de Ácido Quínico se producen 180,16 g. de Ácido Caféico, cuando se produzcan 76 Ton. del último ácido, resultaran 82 Ton. de Ácido Quínico.

Sabiendo que se producirán  $82 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$  de Ácido Quínico, esto equivale a  $0,25 \frac{\text{ton}}{\text{día}}$  (tomando 330 días hábiles al año (es decir, 11 meses, en los cuales se trabaja todos los días de la semana, y considerando un mes de parada de planta por año, con el fin de realizar los mantenimientos que sean necesarios).

Por otra parte, analizando la relación de masas entre el Ácido Quínico y Clorogénico (y sabiendo que por cada mol de Ácido Clorogénico se obtiene en la hidrólisis un mol de Quínico):

(AQ: Ácido Quínico; ACG: Ácido Clorogénico)

$$\frac{0,25 \text{ ton AQ}}{\text{día}} \cdot \frac{354,3 \text{ g ACG/mol}}{192,17 \text{ g AQ/mol}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} = \frac{460.920,01 \text{ g ACG}}{\text{día}} = \frac{0,46 \text{ Ton ACG}}{\text{día}}$$

Conociendo el contenido de Ácido Clorogénico en el palo verde de yerba mate, y teniendo en cuenta que en el proceso de extracción se obtiene el 98,5% del total de contenido de ACG:

$$\frac{460.920,01 \text{ g ACG}}{\text{día}} \cdot \frac{100 \text{ g. palo verde (seco)}}{7,8 \text{ g ACG}} \cdot \frac{1}{0,985} = \frac{5.999.231,01 \text{ g. palo verde}}{\text{día}} = \frac{5,99 \text{ Ton palo verde}}{\text{día}}$$

Por otro lado, la cantidad calculada de palo verde corresponde al palo seco; con lo cual es necesario tener en cuenta el contenido de humedad del mismo. Se toma una humedad promedio (obtenida de bibliografía) de  $\frac{61 \text{ g agua}}{100 \text{ g materia húmeda}}$ , resulta una cantidad de masa seca de

$\frac{39 \text{ g masa seca}}{100 \text{ g materia húmeda}}$ . Entonces

$$\frac{100 \text{ g mat. húmeda}}{39 \text{ g mat. seca}} \cdot \frac{5.999.231,01 \text{ g. palo verde}}{\text{día}} = \frac{15.382.613,3 \text{ g mat. húmeda}}{\text{día}} = \frac{15,38 \text{ ton mat. húmeda}}{\text{día}}$$

Sabiendo que la cosecha de yerba mate se realiza durante los meses de Abril hasta Octubre, es necesario abastecernos de materia prima durante este período.

$$\frac{82 \text{ Ton AQ}}{\text{año}} \cdot \frac{354,3 \text{ g ACG/mol}}{192,17 \text{ g AQ/mol}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \cdot \frac{1}{0,985} = \frac{153.484.026,5 \text{ g ACG}}{\text{año}} = \frac{153,48 \text{ Ton ACG}}{\text{año}}$$

$$\frac{153.484.026,5 \text{ g ACG}}{\text{año}} \cdot \frac{100 \text{ g. palo verde}}{7,8 \text{ g ACG}} = \frac{1.967.743.930 \text{ g. palo verde}}{\text{año}} = \frac{1967,74 \text{ Ton palo verde}}{\text{año}}$$

$$\frac{1967,74 \text{ Ton palo verde}}{\text{año}} \cdot \frac{100 \text{ ton mat. humeda}}{39 \text{ ton mat. seca}} = \frac{5.045,49 \text{ ton mat. húmeda}}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que la materia prima ingresaría todos los días de la semana, durante 7 meses, da una total de 210 días.

$$\frac{5.045,49 \text{ Ton mat. húmeda}}{\text{año}} \cdot \frac{\text{año}}{210 \text{ días}} = \frac{24,02 \text{ Ton mat. húmeda}}{\text{día}}$$

Por otra parte, el Ácido Clorogénico se utiliza también como inductor en la producción de la enzima que interviene en la obtención de los Ácidos Quínico y Caféico. La solución de inductor de ACG se alimenta a un fermentador en una concentración de  $0,5 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ , siendo alimentados en cada carga del reactor  $3 \text{ m}^3$  de solución. El proceso dura una semana, con lo cual se realizan 4 cargas durante cada mes.

$$0,5 \frac{\text{g ACG}}{\text{l}} \cdot 3000 \text{ l} = 1500 \text{ g ACG}$$

$$1500 \frac{\text{g ACG}}{\text{carga}} \cdot 4 \frac{\text{cargas}}{\text{mes}} = 6000 \frac{\text{g ACG}}{\text{mes}}$$

Como la producción se extiende durante 11 meses en el año, la cantidad de ACG utilizada es de 66000 gramos. Sabiendo el contenido de ACG en el palo verde de yerba mate:

$$\frac{66.000 \text{ g ACG}}{\text{año}} \cdot \frac{100 \text{ g. palo verde}}{7,8 \text{ g ACG}} \cdot \frac{1}{0,985} = \frac{859.039,43 \text{ g. palo verde}}{\text{año}} = \frac{0,85 \text{ Ton palo verde}}{\text{año}}$$

$$\frac{0,85 \text{ Ton palo verde}}{\text{año}} \cdot \frac{100 \text{ ton mat. humeda}}{39 \text{ ton mat. seca}} = \frac{2,17 \text{ ton mat. húmeda}}{\text{año}}$$

Sabiendo que el ingreso de materia prima se produce durante 210 días del año:

$$\frac{2,17 \text{ Ton mat. húmeda}}{\text{año}} \cdot \frac{\text{año}}{210 \text{ días}} = \frac{0,01 \text{ Ton mat. húmeda}}{\text{día}}$$

Finalmente, resulta un ingreso de materia prima de  $26 \frac{\text{Toneladas}}{\text{día}}$  (de las cuales 15,38 Toneladas se usaran en la producción de los ácidos Quínico y Caféico).

### Conclusiones

- Producción de Ácido Quínico:  $82 \frac{\text{Toneladas}}{\text{año}}$
- Producción de Ácido Caféico:  $76 \frac{\text{Toneladas}}{\text{año}}$
- Cantidad de materia prima que ingresa (palo verde de yerba mate):  $26 \frac{\text{Toneladas}}{\text{día}}$



**Bibliografía**

- <https://www.indec.gob.ar/>
- <https://www.nosis.com/es>
- <https://www.afip.gob.ar/>
- “Extracción y bioconversión del Ácido clorogénico de la yerba mate en químicos finos”



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Ubicación”**

# Índice

Ubicación.....	Página 1
Macroubicación.....	Página 2
Materia prima.....	Página 2
Mano de obra.....	Página 3
Transporte.....	Página 8
Clima.....	Página 13
Ventajas impositivas.....	Página 15
Parques industriales.....	Página 16
Energía.....	Página 17
Agua.....	Página 21
Conclusiones.....	Página 22
Microubicación.....	Página 26
Parques industriales.....	Página 27
Materia prima.....	Página 31
Mano de obra.....	Página 32
Transporte.....	Página 33
Conclusiones.....	Página 34
Bibliografía.....	Página 38

## **Ubicación**

En este capítulo se analizarán factores que servirán como criterio de elección para el lugar de ubicación de la planta. Entre los factores a analizar se encuentran:

- Materia Prima
- Mano de obra
- Clima
- Ventajas Impositivas
- Transporte
- Energía
- Agua

En un primer momento, se definirá la Macroubicación, es decir, la provincia en la cual se emplazará la planta. Luego se analizará la Microubicación, determinando la ciudad donde se llevará a cabo la construcción de dicha planta.

La elección se llevará a cabo a través de una matriz, en la cual se le asignará un valor numérico arbitrario a cada factor analizado, en función de la importancia que se considera que tendrá para el desarrollo del proyecto. Luego se realizará una ponderación en función de cómo se ajuste la situación de los lugares analizados a cada factor, y en función de dicha ponderación se le asignará un valor numérico. Realizando el producto entre el valor numérico asignado a cada factor, y el valor numérico ponderado para cada ubicación elegida, y realizando la suma de los valores resultantes para cada ubicación y aspecto a considerar en la matriz, resultará la mejor ubicación para la planta aquella que obtenga el resultado más alto en dicha suma.

## Macroubicación

En un primer momento es necesario definir las provincias que se analizarán para definir la Macroubicación. Dichas provincias corresponden a Misiones y Corrientes, ya que en ellas se lleva a cabo el cultivo de la Yerba Mate en nuestro país.

### Materia prima

La plantación de Yerba Mate se lleva a cabo en el Noreste de la provincia de Corrientes, y la provincia de Misiones. En cuanto a superficie cultivada, ésta última acumula el 90% del total del país, alcanzando las 144.118 hectáreas, mientras que la provincia de Corrientes cuenta con 21.208 hectáreas cultivadas. Los métodos de cultivo utilizados en ambas regiones son los mismos, lo que genera rendimientos por hectárea similares. (Figura 1 y 2).



Figura 1


 <b>Instituto Nacional de la Yerba Mate</b> Rivadavia 1515 2º piso, C.P.: 3300 - Posadas, Misiones - Tel: (0376) 442-5273 - e-mail: informes@inym.org.ar <b>SUPERFICIE CULTIVADA POR DEPARTAMENTOS</b> INYM INSTITUTO NACIONAL DE LA YERBA MATE lunes 27 junio 2016 09:57:02		
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	HECTÁREAS
<b>MISIONES</b>		
	25 DE MAYO	3.863,177 Has
	APOSTOLES	15.974,665 Has
	CAINGUAS	15.639,636 Has
	CANDELARIA	464,605 Has
	CAPITAL	3.686,385 Has
	CONCEPCION	6.447,365 Has
	ELDORADO	3.905,984 Has
	GRAL. M. BELGRANO	12.952,767 Has
	GUARANI	9.166,617 Has
	IGUAZU	4.753,783 Has
	LEANDRO N. ALEM	5.055,766 Has
	LIB. GRAL. SAN MARTIN	9.503,580 Has
	MONTECARLO	5.245,884 Has
	OBERA	21.409,156 Has
	SAN IGNACIO	15.278,716 Has
	SAN JAVIER	2.794,982 Has
	SAN PEDRO	7.975,152 Has
	<b>Total Provincial:</b>	<b>144.118,220 Has</b>
<b>CORRIENTES</b>		
	ITUZAINGO	7.124,966 Has
	SANTO TOMÉ	14.083,625 Has
	<b>Total Provincial:</b>	<b>21.208,591 Has</b>
		<b>Total: 165.326,811 Has</b>

Figura 2

Se observa que en la provincia de Misiones los departamentos que más superficie cultivada poseen son Oberá, Apóstoles, Caingúas y San Ignacio; por otra parte, se destaca en la provincia de Corrientes el departamento de Santo Tomé.

### Mano de Obra

Se analizarán tres aspectos relacionados con la mano de obra: su calidad, su disponibilidad, y los salarios.

En cuanto al primer aspecto mencionado, se analizarán: aspectos relacionados con la educación y la presencia de Universidades, así como el dictado de cátedras relacionadas con la industria química.

Educación

Provincia	Secundario			Superior no universitario		
	Total	Sector		Total	Sector	
		Estatal	Privado		Estatal	Privado
<b>Total del país</b>	<b>3.746.170</b>	<b>2.642.838</b>	<b>1.103.332</b>	<b>961.048</b>	<b>660.409</b>	<b>300.639</b>
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	189.853	95.455	94.398	107.836	49.372	58.464
Buenos Aires	1.513.435	1.002.008	511.427	247.746	185.583	62.163
24 partidos del Gran Buenos Aires	944.104	597.918	346.186	122.272	85.387	36.885
Interior de la provincia de Buenos Aires	569.331	404.090	165.241	125.474	100.196	25.278
Catamarca	42.638	34.837	7.801	16.277	14.538	1.739
Chaco	103.294	88.010	15.284	58.744	47.582	11.162
Chubut	55.493	47.929	7.564	12.012	10.030	1.982
Córdoba	322.804	193.828	128.976	79.137	44.676	34.461
<b>Corrientes</b>	<b>103.837</b>	<b>85.358</b>	<b>18.479</b>	<b>41.122</b>	<b>35.177</b>	<b>5.945</b>
Entre Ríos	127.937	97.197	30.740	26.857	20.013	6.844
Formosa	64.225	57.726	6.499	14.216	12.228	1.988
Jujuy	66.469	54.783	11.686	28.160	16.468	11.692
La Pampa	32.569	24.304	8.265	7.431	5.310	2.121
La Rioja	31.095	26.711	4.384	10.559	10.378	181
Mendoza	127.019	98.180	28.839	44.105	32.929	11.176
<b>Misiones</b>	<b>100.320</b>	<b>78.068</b>	<b>22.252</b>	<b>31.846</b>	<b>13.426</b>	<b>18.420</b>
Neuquén	48.460	41.742	6.718	16.812	10.741	6.071
Río Negro	56.856	45.676	11.180	18.588	14.149	4.439
Salta	125.207	101.343	23.864	45.041	29.446	15.595
San Juan	70.313	55.265	15.048	11.230	6.910	4.320
San Luis	46.686	39.836	6.850	6.220	4.767	1.453
Santa Cruz	28.187	24.107	4.080	5.072	4.660	412
Santa Fe	237.894	163.793	74.101	68.197	48.883	19.314
Santiago del Estero	75.742	56.809	18.933	25.084	16.973	8.111
Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	16.402	11.795	4.607	4.957	4.668	289
Tucumán	159.435	118.078	41.357	33.799	21.502	12.297

Provincia	Población de 10 años y más						
	Total	Condición de alfabetismo					
		Alfabetos			Analfabetos		
		Total	Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres
<b>Total del país</b>	<b>33.398.225</b>	<b>32.756.397</b>	<b>15.788.575</b>	<b>16.967.822</b>	<b>641.828</b>	<b>319.467</b>	<b>322.361</b>
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2.568.141	2.555.738	1.160.483	1.395.255	12.403	5.344	7.059
Buenos Aires	13.044.694	12.865.686	6.203.482	6.662.204	179.008	88.705	90.303
24 Partidos del Gran Buenos Aires	8.259.132	8.141.907	3.917.957	4.223.950	117.225	55.416	61.809
Interior de la provincia de Buenos Aires	4.785.562	4.723.779	2.285.525	2.438.254	61.783	33.289	28.494
Catamarca	299.189	293.153	144.528	148.625	6.036	3.108	2.928
Chaco	852.752	806.020	394.795	411.225	46.732	22.440	24.292
Chubut	420.137	411.823	205.779	206.044	8.314	4.049	4.265
Córdoba	2.780.731	2.739.946	1.314.229	1.425.717	40.785	22.334	18.451
<b>Corrientes</b>	<b>806.440</b>	<b>771.948</b>	<b>372.493</b>	<b>399.455</b>	<b>34.492</b>	<b>17.969</b>	<b>16.523</b>
Entre Ríos	1.027.265	1.005.361	486.281	519.080	21.904	12.294	9.610
Formosa	425.344	407.948	200.956	206.992	17.396	7.821	9.575
Jujuy	548.572	531.384	261.419	269.965	17.188	5.404	11.784
La Pampa	266.919	261.887	128.679	133.208	5.032	2.805	2.227
La Rioja	273.446	268.449	131.833	136.616	4.997	2.843	2.154
Mendoza	1.443.490	1.411.960	681.053	730.907	31.530	15.527	16.003
<b>Misiones</b>	<b>871.555</b>	<b>835.783</b>	<b>412.901</b>	<b>422.882</b>	<b>35.772</b>	<b>17.110</b>	<b>18.662</b>
Neuquén	455.068	444.609	219.539	225.070	10.459	5.120	5.339
Río Negro	531.387	518.307	255.390	262.917	13.080	6.541	6.539
Salta	968.376	938.009	459.258	478.751	30.367	12.710	17.657
San Juan	549.718	538.225	260.076	278.149	11.493	6.360	5.133
San Luis	353.900	347.388	170.030	177.358	6.512	3.674	2.838
Santa Cruz	221.824	219.320	113.297	106.023	2.504	1.291	1.213
Santa Fe	2.704.981	2.656.886	1.273.525	1.383.361	48.095	25.003	23.092
Santiago del Estero	696.816	668.946	328.348	340.598	27.870	14.809	13.061
Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	104.126	103.421	52.991	50.430	705	347	358
Tucumán	1.183.354	1.154.200	557.210	596.990	29.154	15.859	13.295

Figura 3

En cuanto a la educación secundaria y terciaria, se observan en ambas provincias valores similares en cuanto al total de alumnos, con una ligera ventaja a favor de Corrientes.

Por otro lado, en cuanto a las condiciones de alfabetismo, se observa un mayor número de personas alfabetas en la provincia de Misiones.

En cuanto a la Educación Universitaria, Misiones cuenta con cuatro Universidades:

- Universidad Nacional de Misiones: De carácter público; cuenta, entre otras, con las cátedras de Bioquímica, Farmacia, Ingeniería Química.
- Universidad Gastón Dachary: De carácter privado; no cuenta con carreras relacionadas a la industria.
- Universidad Católica de Santa Fé (Sede Posadas): De carácter privado; no cuenta con carreras relacionadas a la industria.
- Universidad De la Cuenca del Plata (Sede Posadas): De carácter privado; no cuenta con carreras relacionadas a la industria.

Por otro lado, la provincia de Corrientes cuenta con los siguientes establecimientos:

- Universidad del Salvador (Delegación Corrientes): De carácter privado; cuenta, entre otras, con la cátedra de Seguridad e Higiene. Cuenta con una Facultad de Ingeniería, pero no se dicta Ingeniería Química.
- Instituto Fundación Barceló: De carácter privado; no cuenta con carreras relacionadas a la industria.
- Universidad De la Cuenca del Plata: De carácter privado; no cuenta con carreras relacionadas a la industria.
- Universidad Nacional del Noreste: De carácter público; cuenta con una Facultad de Ingeniería (pero no se dicta la carrera de Ingeniería Química).



### Disponibilidad y Salarios

En cuanto a los salarios, se tiene la siguiente situación:

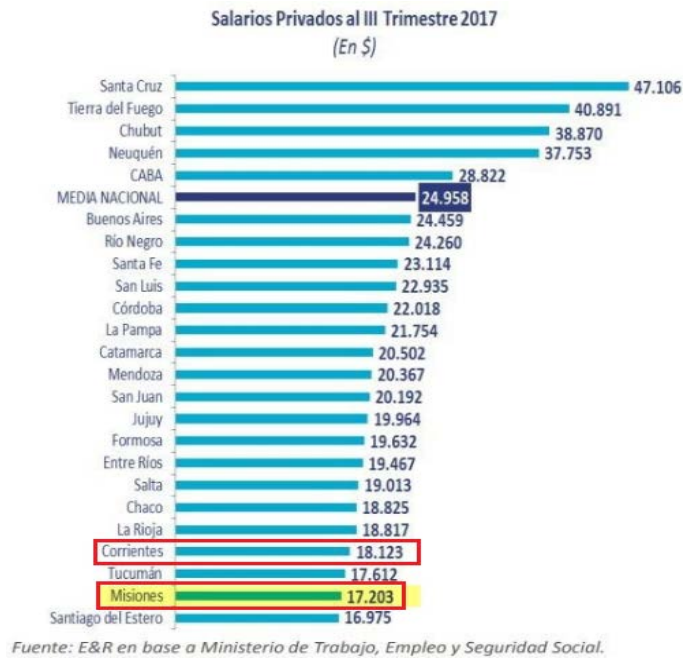


Figura 4

Se observa (Figura 4) que los salarios en las provincias analizadas se encuentran entre los más bajos del país, siendo el del Corrientes un poco más elevado.

En cuanto a la disponibilidad de mano de obra, se observa en el cuadro siguiente que los departamentos más poblados de misiones son: la Capital, Apóstoles, Cainguás, Eldorado, Oberá y San Ignacio. (Figura 5)

Departamento	Población	Sup.enkm2	Total de Viviendas
Total	1.097.829	29.801	340.173
Apóstoles	42.457	1.068	13.048
Caingúas	53.267	1.608	15.859
Candelaria	26.713	875	8702
Capital	323.739	965	104.542
Concepción	9.510	726	3.080
Eldorado	78.152	1.960	24.282
General Manuel Belgrano	42.929	3.275	12.562
Guaraní	67.698	3.314	19.696
Iguazú	81.215	2.769	24.282
Leandro N. Alem	45.271	1.185	14.464
Libertador General San Martín	46.333	1.524	14.346
Montecarlo	36.998	1.723	11.099
Oberá	106.882	1.620	33.620
San Ignacio	57.471	1.607	17.424
San Javier	20.821	536	6.341
San Pedro	31.050	3.407	8.753
25 de Mayo	27.323	1.639	8.073

Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 e Instituto Geográfico Militar.

Población de Misiones, por departamento

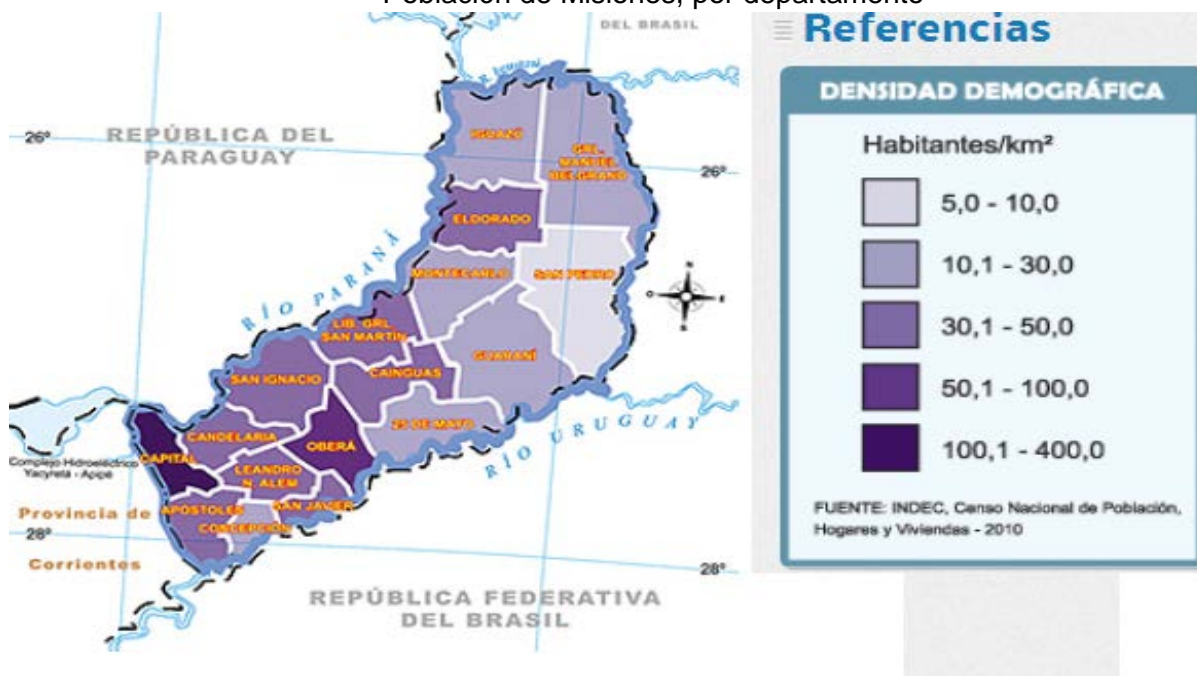


Figura 5

Por otro lado, las ciudades más pobladas de Corrientes son: Corrientes (Gran Corrientes: 346.334 habitantes), centro político y económico de la provincia; Goya (77.349 habitantes); Paso de los Libres (43.251 habitantes); Curuzú Cuatiá (34.470 habitantes); Mercedes (33.551 habitantes). Según el Censo nacional realizado en 2010, la población total en la provincia es de 992.595 habitantes. (Figura 6)

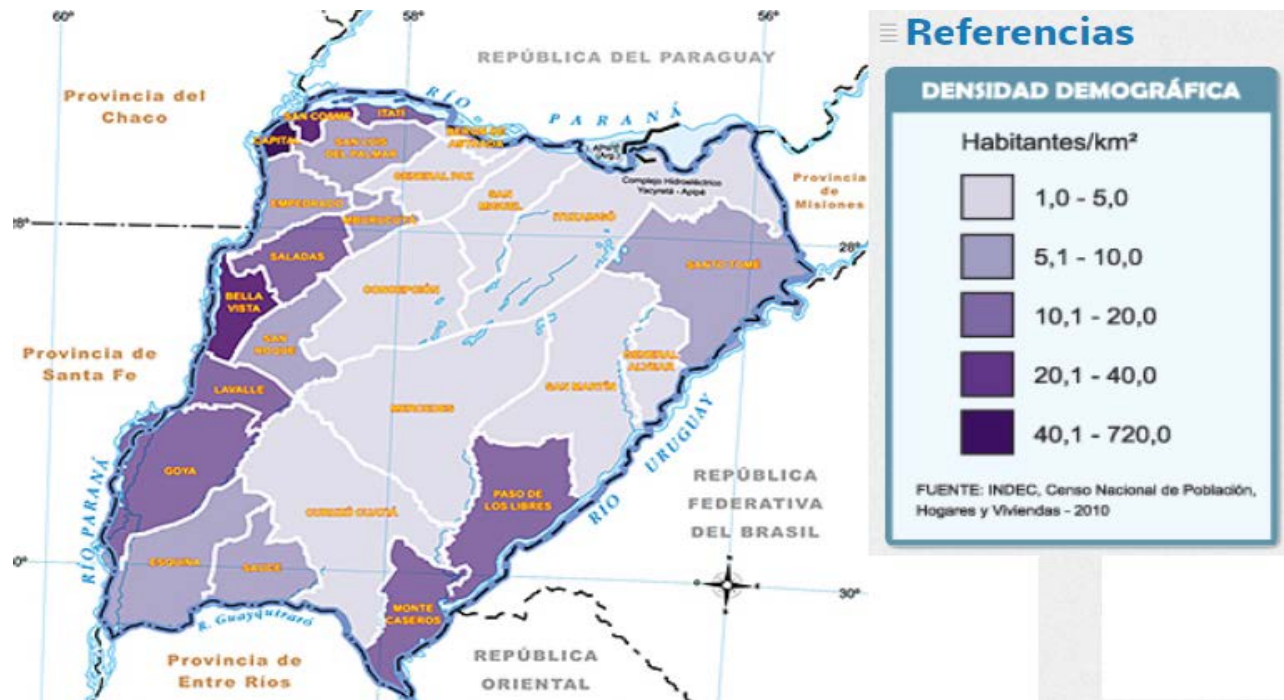


Figura 6

## Transporte

Se analizará en este caso el transporte fluvial y terrestre (incluyendo en este último tanto rutas como transporte ferroviario).

### Transporte Fluvial

En el caso del transporte fluvial, tanto Corrientes como Misiones cuentan con el Río Paraná como vía principal.

El puerto de Corrientes, localizado en la Capital de la Provincia, está ubicado a la altura del kilómetro 1.208 de la margen izquierda del Río Paraná. Cuenta con un calado sin inconveniente durante los 12 meses del año, y buena accesibilidad desde la ciudad. Desde el puerto se exportan distintos productos a 38 destinos en todo el mundo, entre ellos: Alemania, China, México, Italia, China, India, España. Los productos exportados incluyen carbón vegetal, extracto de quebracho, rollos y rollizos de palo santo, entre otros; por otra parte, también se provee de combustible a todos los buques de la región.



Figura 7 - Puerto de Corrientes

Además, se encuentra en marcha en la provincia de Corrientes la construcción de un segundo puerto, el Puerto de Itá Ibaté ubicado en el río Paraná, cuya obra inició a fines del 2017. Este puerto servirá para aumentar exportaciones, fomentando así el desarrollo de la región. Tendrá acceso a través de la ruta nacional 12 y una capacidad operativa de 450 mil toneladas al año, utilizándose principalmente para el transporte de arroz y madera.

Por otro lado, la provincia de Misiones cuenta con los siguientes puertos (ambos en construcción):

- El Puerto Comercial de Posadas, que está proyectado a ser un Puerto Internacional de Importación y Exportación Multipropósito. El objetivo del mismo será proveer una extensa gama de servicios logísticos, y complementarse con la actividad que se lleva a cabo en el Parque Industrial de la ciudad de Posadas.
- El Puerto de Santa Ana, el cual está diseñado para que sea un gran centro de acopio con acondicionamiento para el transporte de cargas a granel, particularmente para cereales provenientes del sur de Brasil con destino a Rosario (Santa Fe) u otros puntos a determinar.

Ambos puertos están proyectados por el gobierno provincial para formar la base de la Plataforma Logística Productiva, la cual integrando los servicios de los puertos con rutas, ferrocarriles y aduanas puedan favorecer el comercio y el desarrollo productivo de la región.

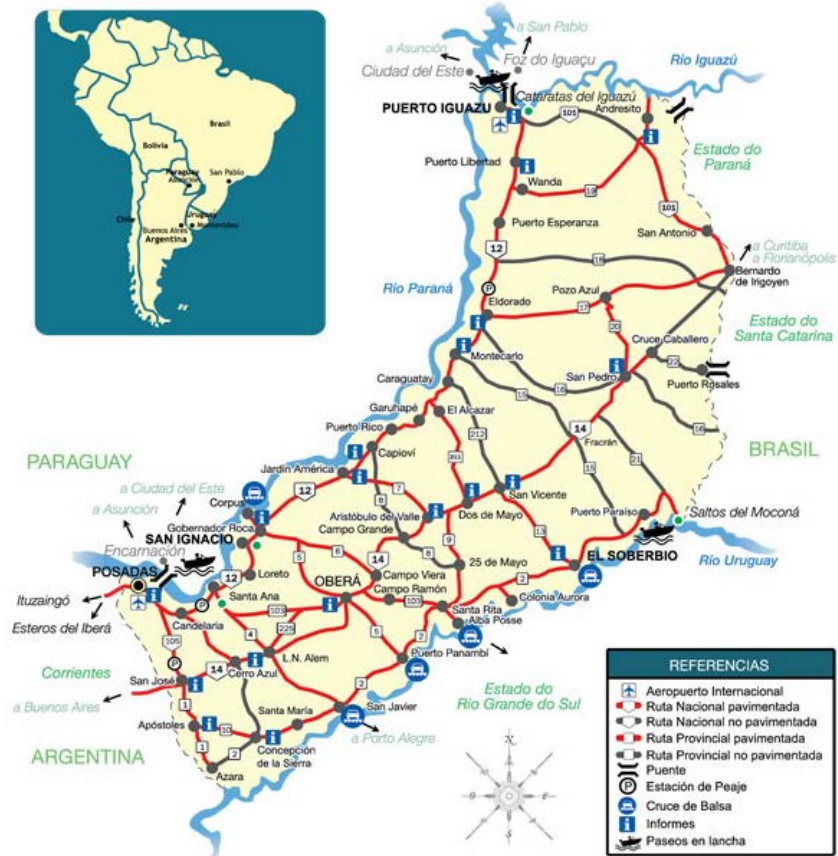
## Trasporte terrestre

### Rutas

La provincia de Misiones cuenta con dos rutas Nacionales: la Ruta N°12 y N°14. La primera recorre la provincia desde la ciudad de Posadas hasta las Cataratas del Iguazú, bordeando el río Paraná. Por otro lado, la ruta Nacional N°14 permite el ingreso a la provincia desde Corrientes, ingresando por el departamento de San José, recorriendo la parte central de la provincia y terminando su extensión en el departamento de San Pedro.

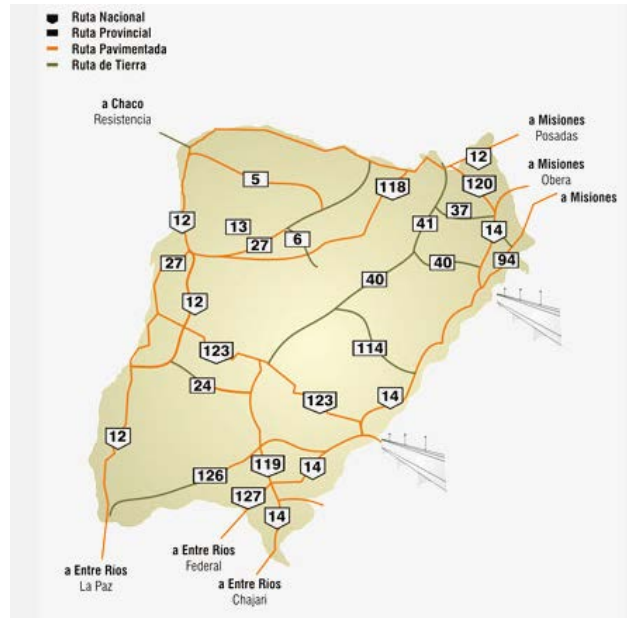
Por otro lado, entre las rutas provinciales se destacan:

la Ruta Provincial N°105, que une las localidades de Posadas, San José y Apóstoles, así como las Rutas Nacionales N°12 y N°14; Ruta Provincial N°17, que une las localidades de Eldorado, Pozo Azul y Bernardo de Irigoyen; Ruta Provincial N°9, que une Alba Posse, Santa Rita, 25 de Mayo y la Ruta Nacional N°14. En su mayoría se encuentran bien asfaltadas, aunque con algunas carencias en la demarcación y el estado de las banquetas.



Rutas de Misiones

En cuanto a la provincia de Corrientes, se destacan también las rutas Nacionales N°14 y N°12 (que permiten además el acceso a la provincia de Misiones y Entre Ríos). Las rutas se encuentran en su mayoría pavimentadas, y en buen estado para ser transitadas. Se destacan además la ruta provincial N°5 que permite el paso hacia Chaco, la ruta provincial N°127, que permite el paso hacia Entre Ríos, y la ruta Nacional N°123 que permite el paso hacia Brasil.



### Trenes

El ferrocarril Urquiza conecta Zárate con la Mesopotamia, atravesando las provincias de Entre Ríos, Corrientes, y terminando su recorrido en Misiones, en la ciudad de Posadas, registrando un total de 1.486 kilómetros operativos. En el mes Octubre de 2017, el ferrocarril Urquiza transportó 28.387 toneladas de productos, lo que supuso un aumento en la carga de 103% con respecto al mismo mes del año anterior. Este crecimiento se dio en parte gracias a las nuevas locomotoras y vagones adquiridos por parte del Estado Nacional en el contexto de un plan para la reactivación de los trenes de carga, permitiendo además una mayor confiabilidad en el servicio. (Figura 8)

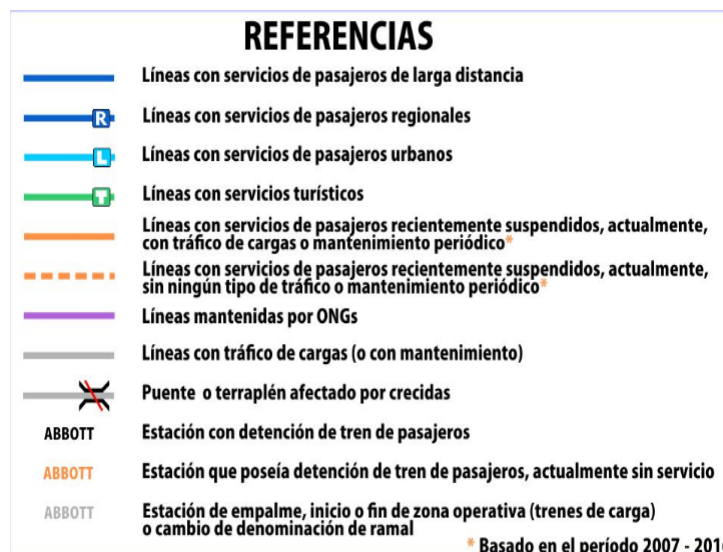


Figura 8

### Clima

En este apartado se analizarán además de las condiciones climáticas de la región factores tales como inundaciones y sismos.

En cuanto a las condiciones climáticas, conocer las temperaturas máximas y mínimas puede suponer un factor a considerar, por ejemplo, para el diseño de equipos que se encuentren al aire libre, así como para especificar el aislamiento de los mismos.

Por otro lado, conocer la presencia de inundaciones o sismos será determinante en las características que deberán poseer las obras civiles que vayan a realizarse.

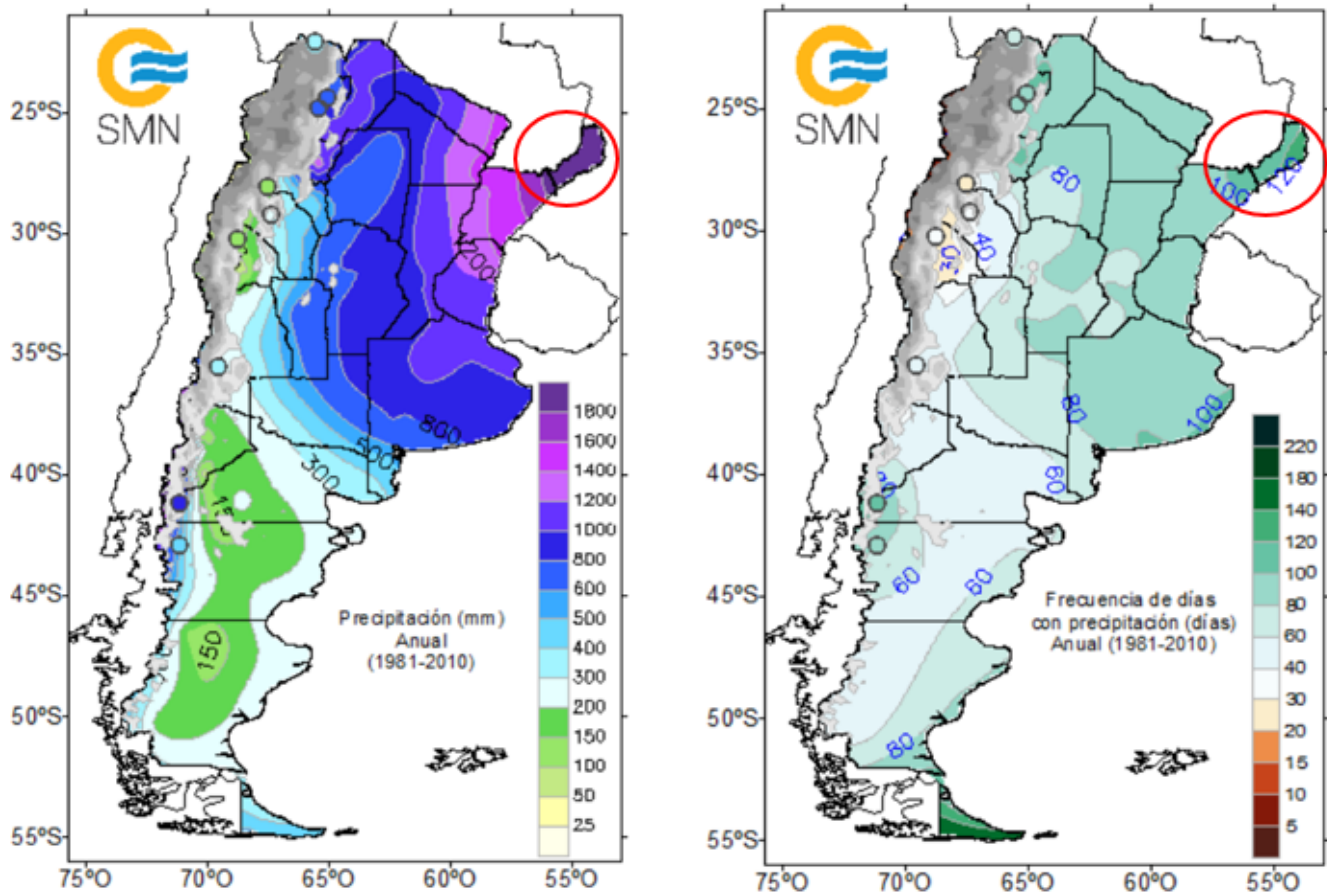


Figura 9



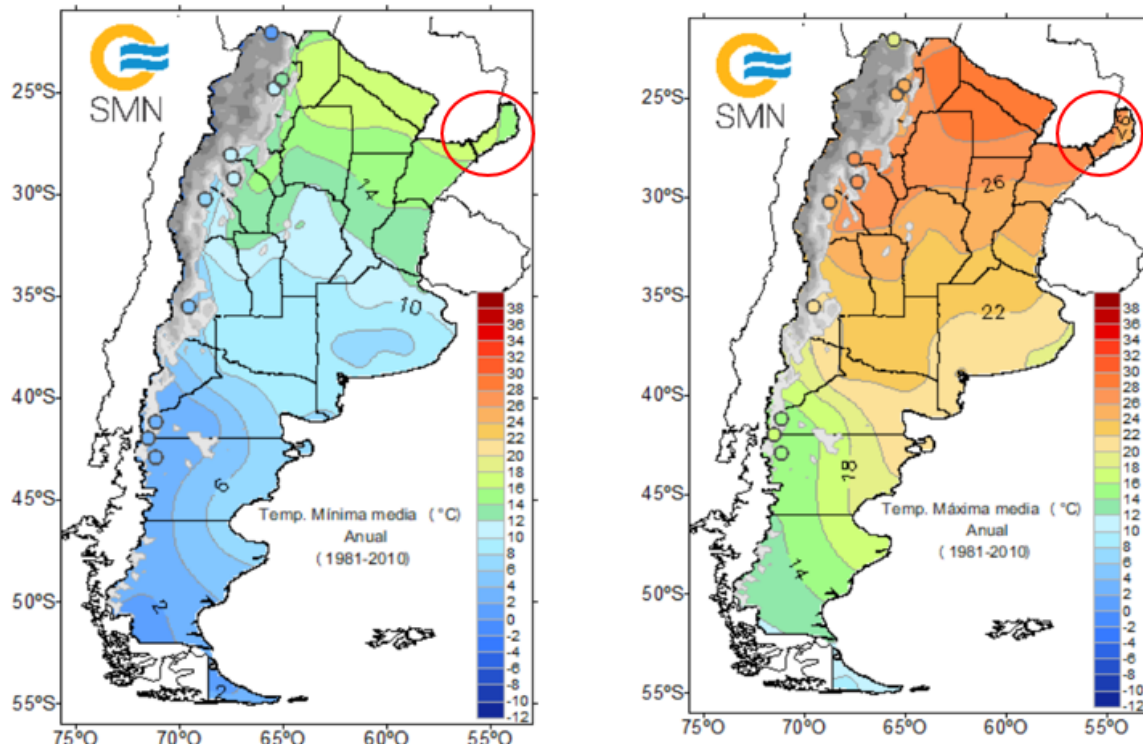


Figura 10

Se observa en los mapas que las condiciones climáticas en la región analizada son muy similares, con una ligera diferencia en la temperatura mínima (18°C y 16°C), temperatura máxima (26°C y 28°C), y una diferencia en la frecuencia en las precipitaciones (100 y 120 días). (Figura 9 y 10).

En cuanto a las inundaciones, se registran casos en ambas provincias. En Corrientes se produjeron inundaciones en Enero de 2018, dando como resultado que en la ciudad de San Luis del Palmar se debió asistir a algunos habitantes en centros de evacuados. Además, Capital, Goya y Paso de la Patria también sufrieron importantes subidas y anegamientos en ciertos barrios. También en Enero de este año se produjeron debido a las abundantes precipitaciones (el doble de las registradas en otros años para el mismo mes), inundaciones en la ciudad de Posadas, provocando la anegación de varias zonas residenciales, sobre todo en las zonas periféricas a la Capital.

Por otra parte, tanto Corrientes como Misiones son zonas que se encuentran fuera de peligro en relación a la actividad sísmica, pero en ambas zonas pueden sentirse reflejos,

consecuencia de movimientos producidos en otros lugares. Sin embargo, no son necesarias precauciones específicas en las construcciones.

### **Ventajas Impositivas**

A nivel nacional, para promover el desarrollo de las PyMEs, se cuenta con el Fondo Nacional para el Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (FONAPYME). Mediante este plan, el Estado otorga créditos blandos para proyectos de inversión, capital de trabajo y mejora de la eficiencia energética de las PyMEs, a una tasa de interés menor a la del mercado. Los créditos están destinados a proyectos de inversión, bienes de capital, construcción e instalaciones.

### **Corrientes**

En el caso de la provincia de Corrientes, existen dos programas destinados a favorecer la radicación de industrias:

- Programa de Exenciones Impositivas: Creado a través de la Ley provincial N° 5.470 de Régimen de Promoción de Inversiones, ofrece exenciones impositivas y estabilidad fiscal por 10 años.
- Programas de Fomento Industrial: Se ofrecen beneficios financieros y fiscales a través de una amplia gama de herramientas de apoyo a las actividades de inversiones.

Este último aspecto está a cargo de dos instituciones principalmente: El Fondo Fiduciario de Desarrollo Industrial (creado a partir de la Ley N° 5.684), tiene la finalidad de promover y desarrollar la actividad industrial de la Provincia a partir del otorgamiento de subsidios; y el Fondo de Inversión para el Desarrollo de Corrientes (creado por la Ley N° 5.683) el cual tiene el objetivo de instrumentar un esquema que posibilite el acceso al crédito para acceder a maquinaria, infraestructura, etc.

### **Misiones**

El organismo encargado de llevar a cabo la promoción industrial es el Fondo de Crédito Misiones, en cual se encarga de la asistencia crediticia y el acompañamiento técnico constante,

con el fin de favorecer el desarrollo económico de la región. Entre sus actividades principales se encuentran:

- Otorgamiento de créditos a personas físicas o jurídicas que posean un emprendimiento, ya sea que esté en marcha o para iniciarse.
- Asistencia técnica constante, mediante capacitaciones y tutorías.
- Fortalecimiento Institucional, innovación y desarrollo, para mejorar la eficiencia técnica de las industrias, y promover la innovación constante, articulando con otros organismos públicos, privados o civiles para mejorar el desempeño de las industrias.

Las actividades desarrolladas por este organismo están destinadas tanto a sectores industriales, como a sectores de producción primaria, comercios o profesionales.

### **Parques Industriales**

En este apartado se analizará la existencia, o no, de parques industriales en cada provincia, sin profundizar en los servicios que posean (este aspecto se considerará para la Microubicación).

### **Corrientes**

- Parque Industrial Mercedes
- Parque Industrial de Gobernador Virasoro
- Parque Industrial Santa Rosa
- Parque Industrial Tecnológico Santa Catalina
- Zona de Actividades Económicas Goya

### **Misiones**

- Parque Industrial de la Ciudad de Puerto Rico
- Parque Industrial de la Ciudad de Eldorado Presidente Néstor Carlos Kirchner
- Parque Industrial del Municipio de Capioví
- Parque Industrial Campo Grande

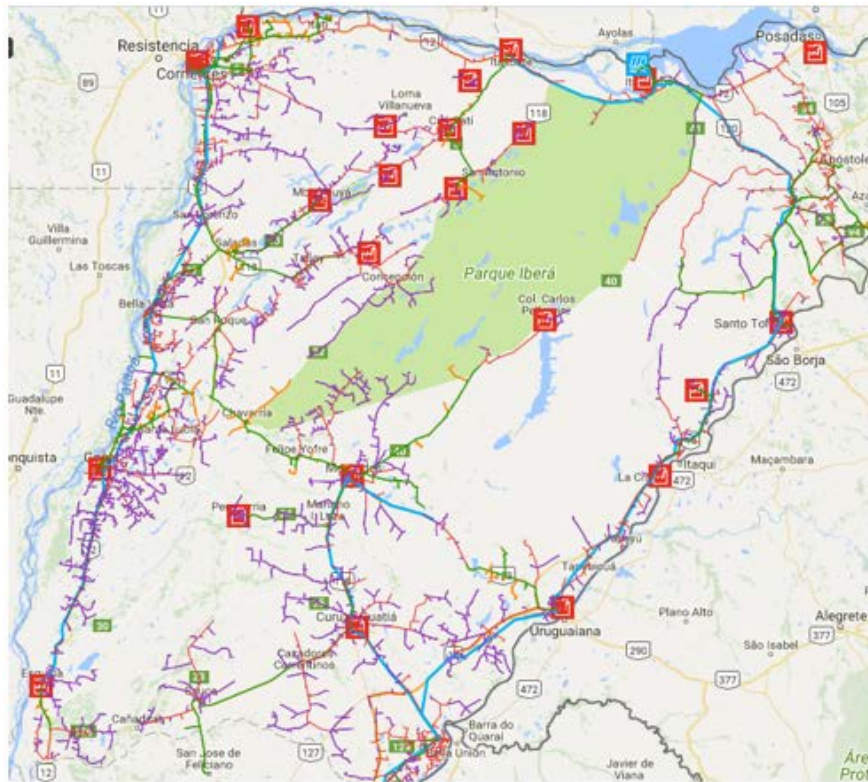
- Parque Industrial Posadas
- Parque Industrial de la Ciudad de Apóstoles

### **Energía**

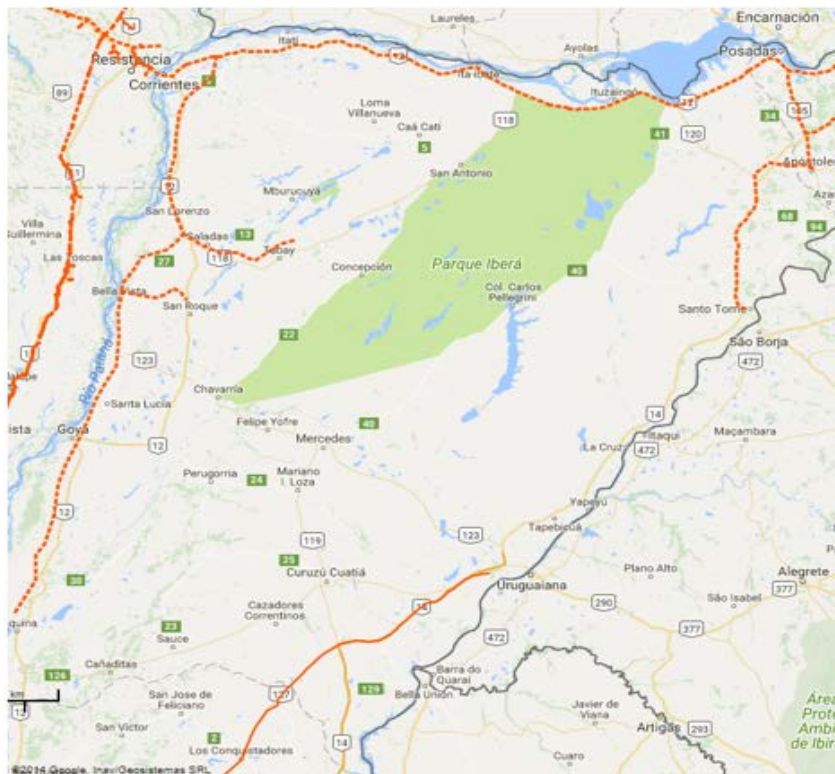
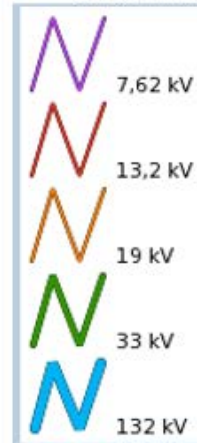
Se analizará la disponibilidad de energía en las provincias elegidas, principalmente la red eléctrica y los gasoductos. (Figura 11 y 12).

En cuanto a la red eléctrica, se observa que ambas provincias se encuentran bien cubiertas, siendo la principal fuente de obtención de energía las centrales térmicas (que operan con combustibles fósiles), seguidas por las centrales hidráulicas. También existen centrales térmicas que operan con biogás, pero la proporción es mucho menor con respecto a las dos anteriores.

En cuanto a los gasoductos, está proyectada la construcción del Gasoducto del Noreste, pero la obra se encuentra demorada. Si bien parte de la provincia de Corrientes podría abastecerse de gas natural gracias a un gasoducto (Gasoducto Aldea Brasileña-Uruguayana) que pasa en las proximidades de la localidad de Paso de los Libres, en Misiones el abastecimiento de gas queda reducido a tanques de propano o garrafas. Por otro lado, se encuentra en consideración un proyecto para la construcción de un gasoducto entre Paso de los Libres y la ciudad de Posadas, el cual si bien es factible desde el punto de vista técnico, se necesita una gran inversión por parte del Estado.



- Central hidráulica
- Central nuclear
- Central térmica (comb. fósil)
- Central térmica (biomasa/biogas)



- ✓ Gasoductos troncales (ENARGAS)
  - Gasoducto troncal
- ✓ Gasoductos de distribución (ENARGAS)
  - Gasoducto de distribución (Enargas)
- ✓ Ductos (Res. 319/93)
  - Otro
  - Gasoducto
  - Oleoducto
  - Poliducto
  - Acueducto
- ✓ Ductos (Res. 1460/06)
  - Oleoducto
  - Poliducto
  - Gasoducto
  - Otro
- ✓ Gasoducto Proyectoado GNEA
  - Gasoducto GNEA

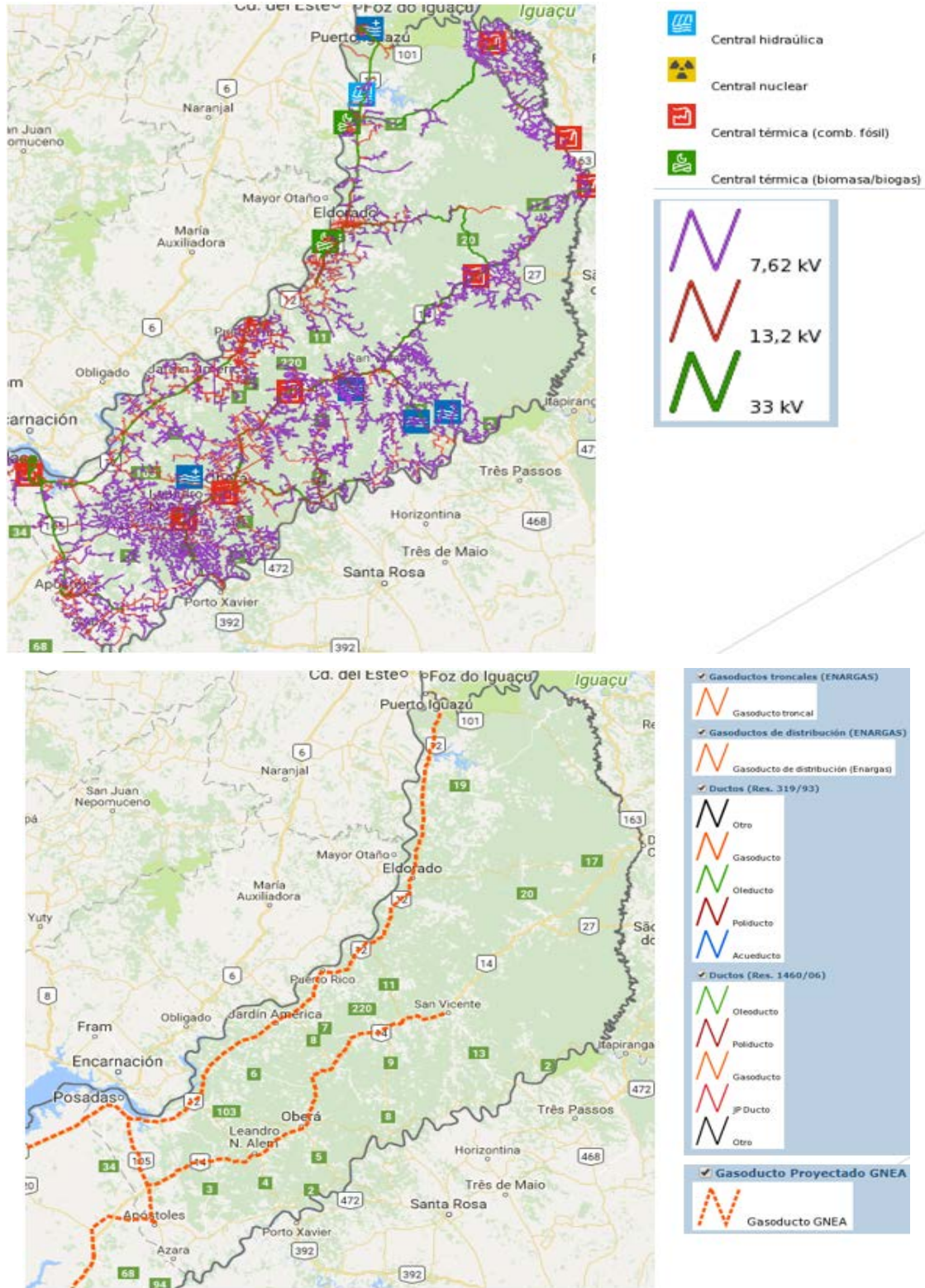
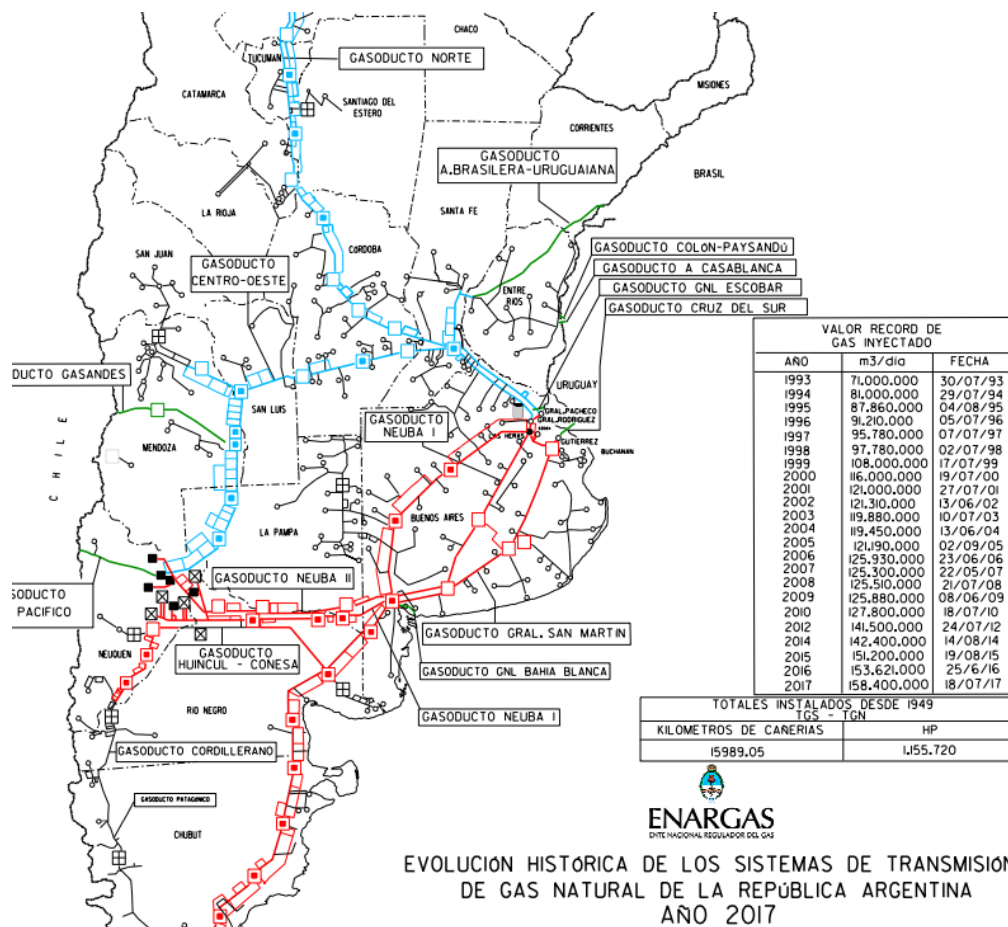


Figura 11



EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE GAS NATURAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA AÑO 2017

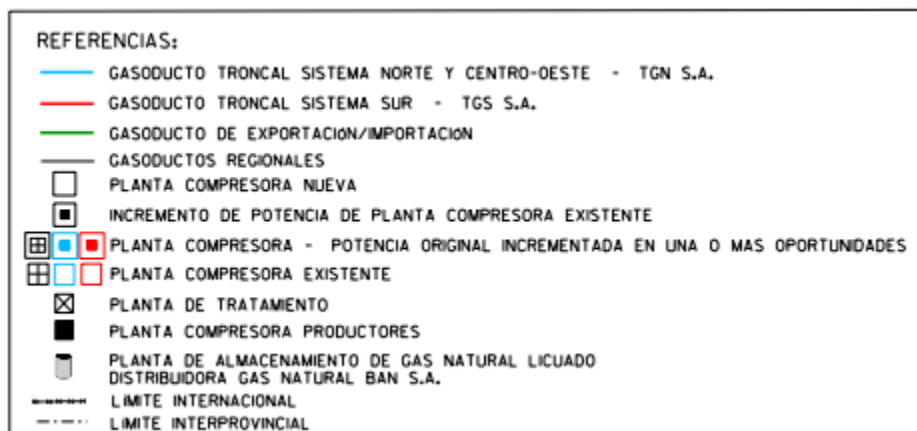


Figura 12

## **Agua**

Tanto la provincia de Misiones como la de Corrientes cuentan con abundantes recursos hídricos.

En el caso de la provincia de Misiones, existen diversos organismos, entre ellos el Centro de Investigaciones Antonia Ramos (CIAR), de la Fundación Bosques Nativos Argentinos para la Biodiversidad, el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de Misiones, que llevan a cabo el monitoreo de la calidad del agua en la provincia (a través de variables tanto fisicoquímicas como microbiológicas), como parte de un plan para asegurar la calidad del agua, con el objetivo de generar bases de datos confiables, y poder definir planes de acción en caso de que alguna variable no se ajuste a los parámetros deseados. Misiones es una de las pocas provincias en el país que cuenta con este plan de muestreo.

Existe un proyecto en la provincia de Misiones para contabilizar el agua como recurso económico, asignando tarifas según sea su explotación como energía, consumo humano o industrial. Mediante dichas tarifas, se pretende lograr una utilización racional de los recursos de la provincia.

En el caso de la provincia de Corrientes, desde el año 2007 se realiza el estudio de indicadores de calidad del agua de las cuencas de los Ríos Corriente, Miriñay y Sistema Iberá. Esto permite controlar la incidencia del uso de agroquímicos y generar una base de datos sobre la calidad de los recursos hídricos. Este monitoreo se lleva a cabo conjuntamente por instituciones públicas, privadas, asociaciones civiles, profesionales. El programa se desarrolla en el marco de un convenio de colaboración técnica entre el Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA), la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA) y la Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura (FACENA) de la Universidad Nacional del Nordeste, lo que permite optimizar los aspectos relacionados a la toma y el análisis de muestras. El objetivo del estudio es evaluar la incidencia del uso de agroquímicos en la calidad el agua debido a que este recurso es indispensable para el riego del cultivo de arroz, una fuente de ingresos muy importante para la provincia.



### Mapa de Obras Hídricas (Periodo 2016/2017)

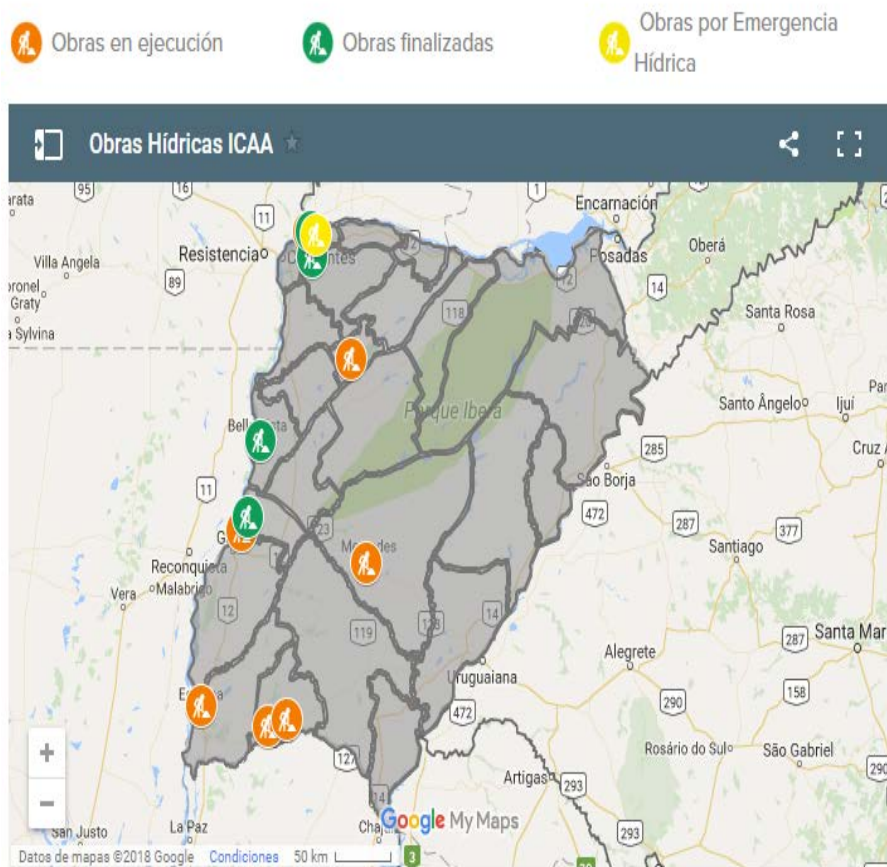


Figura 13

### Conclusiones

Se le asignarán los siguientes valores arbitrarios a cada factor analizado, en función de la importancia que se considera que tiene en el emplazamiento de la planta (la suma de todos los valores debe totalizar 100):

- Materia prima: se le asigna un factor de 30, dividido a su vez en distancia a la fuente (10) y disponibilidad (20).
- Mano de obra: se le asigna un factor de 20, dividido a su vez en calidad (10), disponibilidad (7) y salarios (3).
- Transporte: se le asigna un factor de 11, dividido a su vez en fluvial (5) y terrestre (6). Este último se divide a su vez en rutas (3) y trenes (3).

- Energía: se le asigna un factor de 10, dividido a su vez en Electricidad (5) y Gas (5).
- Agua: se le asigna un factor de 9, dividido a su vez en disponibilidad (4) y calidad (5).
- Clima: se le asigna un factor de 5, el cual tiene en cuenta las inundaciones.
- Parques Industriales: se le asigna un factor de 8, en el cual se tiene en cuenta la disponibilidad de los mismos.
- Ventajas impositivas: se le asigna un factor de 7, en el cual se tiene en cuenta la legislación existente en cada provincia.

En cuanto a la ponderación de cada factor para las provincias analizadas:

- Materia prima: en cuanto a la distancia a la fuente, se le asigna un valor de 10 a Misiones y de 4 a Corrientes, debido a que la plantación de yerba mate se realiza en toda la provincia misionera, pero en el caso de la provincia de Corrientes, si se decidiera instalar la planta en algún departamento donde no se llevara a cabo el cultivo (por ejemplo, debido a la existencia de un parque industrial), se debería considerar el traslado de la materia prima hacia donde fuera utilizada. En el caso de la disponibilidad, se le asigna un 10 a Misiones y un 4 a Corrientes, debido a que la primera provincia concentra el 90% de la superficie cultivada de yerba mate en el país.
- Mano de obra: se le asigna a Misiones un 8 en cuanto a la calidad y a Corrientes un 5, ya que Misiones cuenta con más carreras relacionadas a la industria química (Principalmente el dictado de la carrera de Ingeniería Química); en cuanto a disponibilidad, se le asigna un 7 a Misiones y un 5 a Corrientes, ya que en esta última solo una de las ciudades de los departamentos se encuentra entre las primeras tres más pobladas, distinto al caso de Misiones, donde el cultivo se extiende por toda la provincia; En cuanto a los salarios, se le asigna un valor de 7 a Corrientes y 8 a Misiones, ya que los salarios promedio que se pagan en la provincia de Corrientes son más elevados.
- Transporte: en el caso del transporte fluvial, se le asignó un 8 a Corrientes y un 2 a Misiones, ya que Corrientes cuenta con un puerto operativo, además de un proyecto para la construcción de un segundo puerto, mientras que la provincia de

Misiones no cuenta con puertos activos para el transporte de cargas, y solo existen proyectos; por otro lado, en cuanto a rutas se les asignó un valor de 7 a ambos, ya que las rutas están en su mayoría en buenas condiciones (no se tiene en cuenta para la matriz); en cuanto a los trenes se le asignó un 8 a Corrientes y un 6 a Misiones, ya que en el caso de la primer provincia el tren la recorre en su totalidad, mientras que en el caso de Misiones el recorrido termina en la ciudad de Posadas.

- **Energía:** En cuanto a la energía eléctrica, se le asignó un 7 a Misiones y un 6 a Corrientes, ya que Misiones cuenta con más tipos de centrales de generación; en cuanto al gas, se le asignó un valor de 3 a Misiones y de 5 a Corrientes, ya que en la provincia de Misiones no hay gasoductos, y el gas natural utilizado debe abastecerse a través de garrafas o tanques. En el caso de la provincia de Corrientes existe un gasoducto, y si bien no provee de gas a la provincia, existen proyectos para la construcción de una extensión que permita hacerlo.

- **Agua:** En el caso de la calidad, se le asignó a ambas provincias un 8, ya que existen estudios realizados por distintos organismos para controlar las variables fisicoquímicas y microbiológicas que determinan la calidad del agua, y ambas provincias cuentan con planes para realizar muestreos periódicos y llevar una estadística (no se tiene en cuenta para la matriz); en cuanto a la disponibilidad, se le asignó un valor de 7 a Corrientes y un valor de 6 a Misiones. En el caso de Corrientes, se le asignó dicho valor debido a que una de las prioridades en el uso del agua está en la industria arroceras; en el caso de Misiones, además del uso industrial y en la generación de energía a través de represas hidroeléctricas, también existen un proyecto de ley (que se encuentra muy avanzado) para cobrar tarifas por el uso del agua.

- **Clima:** en el caso de las condiciones climáticas, resultan muy similares en ambas provincias, por lo cual no se tendrá en cuenta en el armado de la matriz; en cuanto a las inundaciones, se le asignó a Corrientes un 5 y a Misiones un 4, ya que pueden producirse anegamientos en algunas zonas debido a la gran cantidad de precipitaciones, pero en el caso de la última provincia la frecuencia de días con precipitación es mayor; en cuanto a los sismos, no existe riesgo sísmico en las provincias consideradas, y si bien puede sentirse la réplica de algún movimiento producido en otro lugar, no es necesario

tener precauciones en cuanto a la infraestructura. Por esta razón no se tendrá en cuenta en el armado de la matriz.

- Parques Industriales: Se le asignó a Misiones un 8 y a Corrientes un 7, ya que la primera provincia cuenta con una mayor cantidad de estos establecimientos.
- Ventajas Impositivas: Se le asignó a ambas provincias un valor de 7, ya que cuentan con herramientas para favorecer la instalación de nuevos emprendimientos. Como el valor es el mismo en ambos casos, no resulta un factor definitorio

Finalmente, la matriz queda conformada de la siguiente manera:

Matriz de Macroubicación								
Factor	Ponderación				Peso relativo por localidad		Peso total por localidad	
					Corrientes	Misiones	Corrientes	Misiones
Materia prima	30	Distancia a la fuente	10		5	10	50	100
		Disponibilidad	20		5	10	100	200
	Subtotal						150	300
Mano de obra	20	Calidad	10		5	8	50	80
		Disponibilidad	7		5	7	35	49
		Salarios	3		7	8	21	24
	Subtotal						106	153
Transporte	11	Fluvial	5		8	2	40	10
		Trenes	3		8	6	24	18
	Subtotal						64	28
Energía	10	Gas	5		5	3	25	15
		Electricidad	5		6	7	30	35
	Subtotal						55	50
Agua	9	Disponibilidad	4		7	6	28	24
Clima	5	Inundaciones	5		5	4	25	20
Parques Industriales	8	Disponibilidad	8		7	8	56	64
<b>Total</b>							<b>484</b>	<b>639</b>

Resulta la mejor ubicación para llevar a cabo el proyecto la provincia de Misiones, ya que fue la que obtuvo el mayor puntaje.

## Microubicación

En este apartado se analizará la ciudad correspondiente a la provincia de Misiones en la cual se emplazará la planta.

El criterio utilizado para la selección de las ubicaciones será la presencia de parques industriales, ya que esto facilitará la localización de la planta, la obtención de servicios, permisos, etc. Las localizaciones elegidas serán: Posadas, ya que cuenta con el parque industrial más importante, y además cuenta con ciudades cercanas que pueden proveerla de materia prima; Apóstoles, ya que cuenta con uno de los parques industriales más importantes de la provincia, así como una gran cantidad de superficie cultivada de yerba mate; Eldorado, ya que cuenta con uno de los parques industriales más importantes de la provincia. (Figura 14)

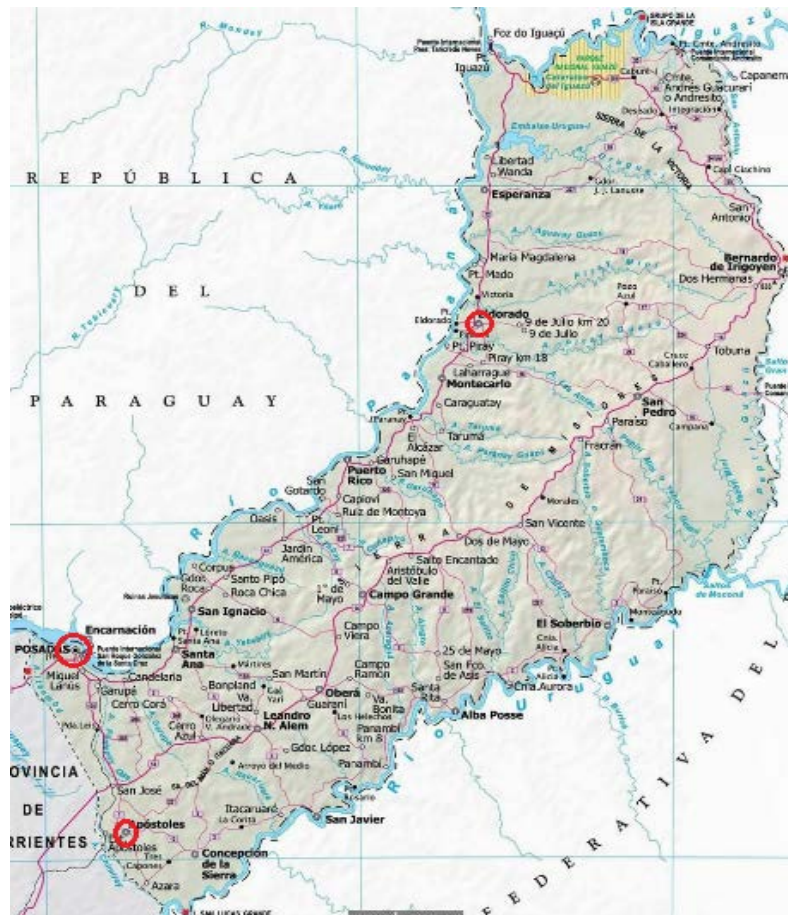


Figura 14

Existen ciertos factores que fueron analizados en la matriz de macroubicación que no serán considerados para la microubicación: el clima, ya que no difiere entre las localizaciones elegidas; los salarios, ya que los datos con que se cuentan corresponden a estadísticas provinciales; la legislación, ya que la misma es común para toda la provincia.

### **Parques Industriales**

En esta sección se analizarán los servicios con los que cuenta cada parque industrial.

#### **Parque Industrial de Apóstoles**

- Superficie Total: 53,78 Hectáreas
- Cantidad Total de Lotes: 224
- Superficie Total de Lotes a la Venta: 34,2354 Hectáreas
- Organismo de Promoción y Gestión: Municipalidad de Apóstoles

Infraestructura y Equipamientos:

- Agua Potable
- Alumbrado público
- Calles Internas
- Correos
- Energía Eléctrica
- Internet
- Subestación Eléctrica
- Teléfonos
- Transporte Urbano



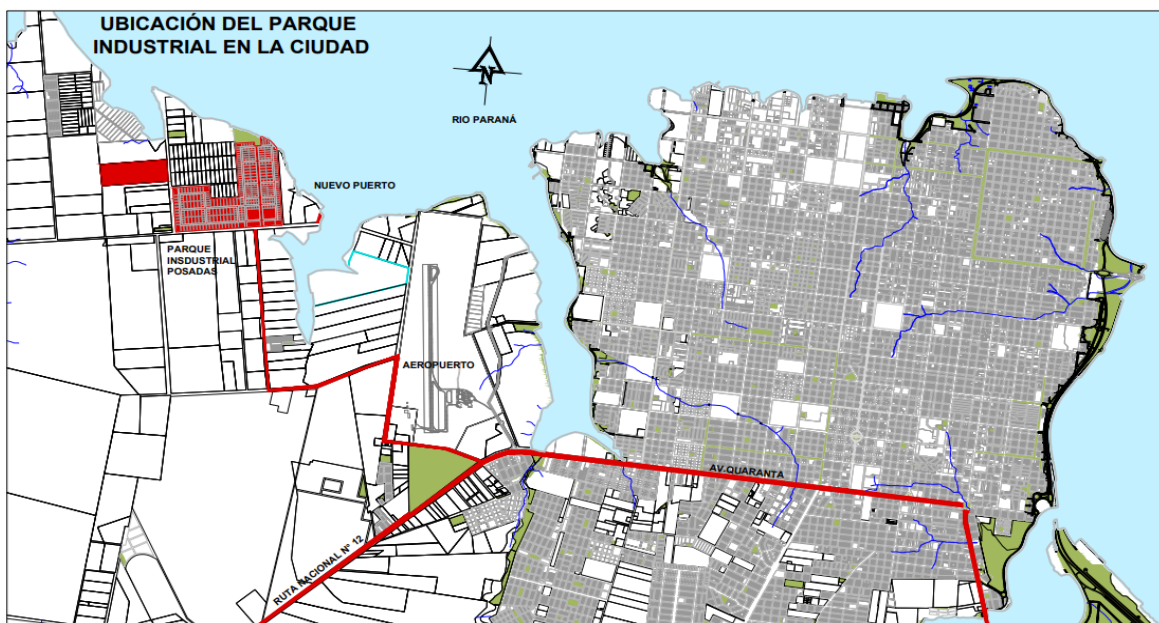
### Parque Industrial Posadas

- Superficie Total: 112,132 Hectáreas
- Cantidad Total de Lotes: 255
- Superficie Total de Lotes a la Venta: 79,7686 Hectáreas

#### Infraestructura y Equipamientos:

- Agua Potable
- Alumbrado público
- Área comercial
- Áreas Recreativas
- Áreas Verdes
- Calles Internas
- Cerramiento Perimetral
- Correos

- Desagüe Pluvial
- Desagüe Sanitario
- Energía Eléctrica
- Estacionamiento para automóviles
- Estacionamiento para camiones
- Internet
- Mantenimiento de áreas Comunes
- Nomenclatura de calles
- Oficinas Administrativas
- Planta de Tratamiento de Agua
- Sala de eventos Especiales
- Seguridad Privada
- Señalización
- Servicios Médicos y Asistenciales
- Sistema contra incendio
- Subestación Eléctrica
- Teléfonos
- Transporte Urbano





**Parque Industrial De La Ciudad De Eldorado "Presidente Néstor Carlos Kirchner"**

- Superficie Total: 49,968 Hectáreas
- Cantidad Total de Lotes: 53
- Superficie Total de Lotes a la Venta: 34,2565 Hectáreas


Infraestructura y equipamientos:

- Agua Potable
- Alumbrado público
- Correos
- Energía Eléctrica
- Internet
- Planta de Tratamiento de Agua
- Teléfonos
- Transporte Urbano



**Materia prima**

Dentro de las ciudades elegidas, se observa que la que tiene una mayor cantidad de superficie plantada de yerba mate, y por lo tanto una mayor disponibilidad de materia prima, es Apóstoles, si bien los departamentos donde se encuentran las otras dos ciudades cuentan con superficie cultivada. Sin embargo, en el caso de Posadas, se encuentra muy cerca de dos departamentos que tienen una gran cantidad de materia prima: Oberá (a una distancia de aproximadamente 100 kilómetros), y Apóstoles (a una distancia de aproximadamente 70 kilómetros). En el caso de Eldorado, entre los departamentos con los que limita se destaca General Manuel Belgrano como opción para proveerse de materia prima (a aproximadamente 70 kilómetros), mientras que la distancia a Oberá es de 169 kilómetros y la distancia a Cainguás es de 120 kilómetros. Estos últimos dos departamentos también se destacan en cuanto a la cantidad de superficie cultivada.

 <b>Instituto Nacional de la Yerba Mate</b> Rivadavia 1515 2º piso, C.P.: 3300 - Posadas, Misiones - Tel: (0376) 442-5273 - e-mail: informes@inym.org.ar <b>SUPERFICIE CULTIVADA POR DEPARTAMENTOS</b> Lunes 27 junio 2016 09:57:02		
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	HECTÁREAS
<b>MISIONES</b>		
	25 DE MAYO	3.863,177 Has
	<b>APOSTOLES</b>	<b>15.974,665 Has</b>
	CAINGUAS	15.639,636 Has
	CANDELARIA	464,605 Has
	<b>CAPITAL</b>	<b>3.686,385 Has</b>
	CONCEPCION	6.447,365 Has
	<b>ELDORADO</b>	<b>3.905,984 Has</b>
	GRAL. M. BELGRANO	12.952,767 Has
	GUARANI	9.166,617 Has
	IGUAZU	4.753,783 Has
	LEANDRO N. ALEM	5.055,766 Has
	LIB. GRAL. SAN MARTIN	9.503,580 Has
	MONTECARLO	5.245,884 Has
	OBERA	21.409,156 Has
	SAN IGNACIO	15.278,716 Has
	SAN JAVIER	2.794,982 Has
	SAN PEDRO	7.975,152 Has
	<b>Total Provincial:</b>	<b>144.118,220 Has</b>
<b>CORRIENTES</b>		
	ITUZAINGO	7.124,966 Has
	SANTO TOMÉ	14.083,625 Has
	<b>Total Provincial:</b>	<b>21.208,591 Has</b>
		<b>Total: 165.326,811 Has</b>

### **Mano de obra**

Entre las ciudades más pobladas de Misiones se encuentran:

- Posadas (275.028 hab.)
- Oberá (63.310 hab.)
- Eldorado (60.521 hab.)
- Garupá (44.441 hab.)
- Puerto Iguazú (41.062 hab.)
- Apóstoles (26.710 hab.)
- Leandro N. Alem (23.339 hab.)
- Jardín América (22.762 hab.)
- San Vicente (21.068 hab.)

Se observa que las ciudades elegidas se encuentran entre las más pobladas de la provincia, lo que asegura la disponibilidad de la mano de obra.

En cuanto a la calificación de la mano de obra, en la ciudad de Posadas se encuentra la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, la cual cuenta, entre otras, con la carrera de Ingeniería Química. Además, Posadas cuenta con la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1, en la cual se forman profesionales con perfiles para la industria; por otra parte, se encuentra en el parque industrial Posadas la sede regional del INTI, lo que permite acceder a recursos humanos, capacitación y apoyo técnico relacionado con la industria.

En el caso de la ciudad de Apóstoles, cuenta con la Escuela Provincial de Educación Técnica N° 5, y Eldorado cuenta con la Escuela Provincial de Educación Técnica N°6, para proveer profesionales para la industria.

## Transporte

Tanto la ciudad de Posadas como la ciudad de Apóstoles cuentan con el paso del ferrocarril Urquiza, no así la ciudad de Eldorado (en caso de que se deseara utilizar el ferrocarril, la distancia entre Eldorado y Posadas es de 207 kilómetros). Como todas las empresas que consumen los productos analizados para este proyecto se encuentran en Buenos Aires, poder transportar dichos productos utilizando el ferrocarril hasta la ciudad de Zárate podría abaratar los costos. (Figura 15)

En cuanto a las rutas, todas las ciudades consideradas cuentan con rutas que permiten el transporte desde y hacia la ciudad. En el caso de Posadas y Eldorado, son atravesadas por la ruta Nacional N° 12. Sin embargo, el tránsito entre ellas puede realizarse también utilizando rutas provinciales. Como se analizó anteriormente en la Macroubicación, el estado de las rutas es adecuado.



Figura 15

En cuanto al transporte fluvial, no se tendrá en cuenta para la realización de la matriz, ya que ninguna de las ciudades analizadas posee un puerto, pero se encuentra en Posadas, actualmente en proceso de licitación, un puerto cercano al parque industrial. Sin embargo, este puerto no se encuentra operativo actualmente. Esto resulta un factor negativo, ya que podría realizarse directamente el transporte de los productos vía fluvial hacia el puerto de Zárate o de Buenos Aires, y desde allí realizar su distribución. Las empresas que consumen los productos están ubicadas en la provincia de Buenos Aires.

### **Conclusiones**

Se seguirá el mismo proceso que con la matriz de Macroubicación, en el cual se le asignarán los siguientes valores arbitrarios a cada factor analizado, en función de la importancia que consideramos tiene en el emplazamiento de la planta (la suma de todos los valores debe totalizar 100):

- Materia prima: se le asigna un factor de 25, dividido a su vez en distancia a la fuente (10) y disponibilidad (15).
- Mano de obra: se le asigna un factor de 15, dividido a su vez en calidad (10), disponibilidad (5).
- Transporte: se le asigna un factor de 15, considerando el transporte terrestre. Este último se divide a su vez en rutas (6) y trenes (9).
- Parques Industriales: se le asigna un factor de 45, dividido a su vez en disponibilidad de lotes (20), servicios (25). Los servicios a su vez se dividirán en seguridad, agua potable, energía, internet, acceso, otros servicios.

En cuanto a la ponderación de cada factor para las ciudades analizadas:

- Materia prima: En cuanto a disponibilidad, se le asignará un 8 a Apóstoles y un 5 a Posadas y a Eldorado. Se determinan estos valores en base a la superficie cultivada de yerba mate en cada departamento, ya que Apóstoles es uno de los departamentos que mayor superficie cultivada de la provincia posee, y los departamentos donde se encuentran la ciudad de Posadas y Eldorado poseen una superficie cultivada mucho menor. Por otra parte, en cuanto a distancia a la fuente, se le asigna un valor de

9 Apóstoles, un valor de 7 a Posadas y un valor de 5 a Eldorado. Este último valor se determina en función de que la distancia entre Posadas y las ciudades vecinas que pueden abastecerla de materia prima no es muy grande (aproximadamente 70 kilómetros a Apóstoles y 100 kilómetros a Oberá), con lo cual puede transportarse materia prima sin dificultad en caso de ser necesario. En el caso de Eldorado, si bien la distancia a Gral. Manuel Belgrano no es tan grande, la distancia hacia otros departamentos con mayor superficie cultivada es mayor que en el caso de Posadas.

- Mano de obra: En cuanto a la disponibilidad, se le asigna un 10 a Posadas, un 6 a Eldorado y un 4 a Apóstoles, ya que la Capital es la ciudad con mayor número de habitantes de la provincia, mientras que Eldorado es la tercera ciudad más habitada, y Apóstoles, si bien se encuentra entre las ciudades más habitadas de la provincia, cuenta con la décima parte de pobladores que Posadas. En cuanto a la calidad, se le asigna un 8 a Posadas, ya que cuenta con una sede de la Universidad Nacional de Misiones en la cual se dicta la carrera de Ingeniería Química, además de una escuela técnica y una sede del INTI; por otro lado se le asigna un 5 a Eldorado y Apóstoles, ya que, si bien cuentan con la presencia de escuelas técnicas, no cuentan con Universidades que tengan carreras relacionadas, y será necesario conseguir profesionales para que se instalen en la ciudad.

- Parques Industriales: En cuanto a disponibilidad de lotes, se le asigna un 10 a la ciudad de Posadas (que cuenta con 79 hectáreas disponibles) y un 5 a Apóstoles y Eldorado (cuentan con 34 hectáreas disponibles). En cuanto a agua potable, se le asigna a todas las ciudades un valor de 8, ya que todas cuentan con dicho servicio (no se tiene en cuenta en la matriz). En cuanto a seguridad, el único parque industrial que posee esta prestación es el de Posadas, por lo cual se le asigna un 8, y un 2 a las dos ciudades restantes. En cuanto a internet, todos los parques cuentan con este servicio, por lo que se les asigna un 8 (no se tiene en cuenta en la matriz). En cuanto a acceso, todos poseen este servicio, además de un transporte urbano, con lo cual se les asigna un 8 (no se tiene en cuenta en la matriz). En el caso de la energía, si bien todos cuentan con energía eléctrica, los parques industriales de Apóstoles y Posadas cuentan además con una subestación eléctrica, por lo cual se le asigna un valor de 8 a estas dos ciudades,

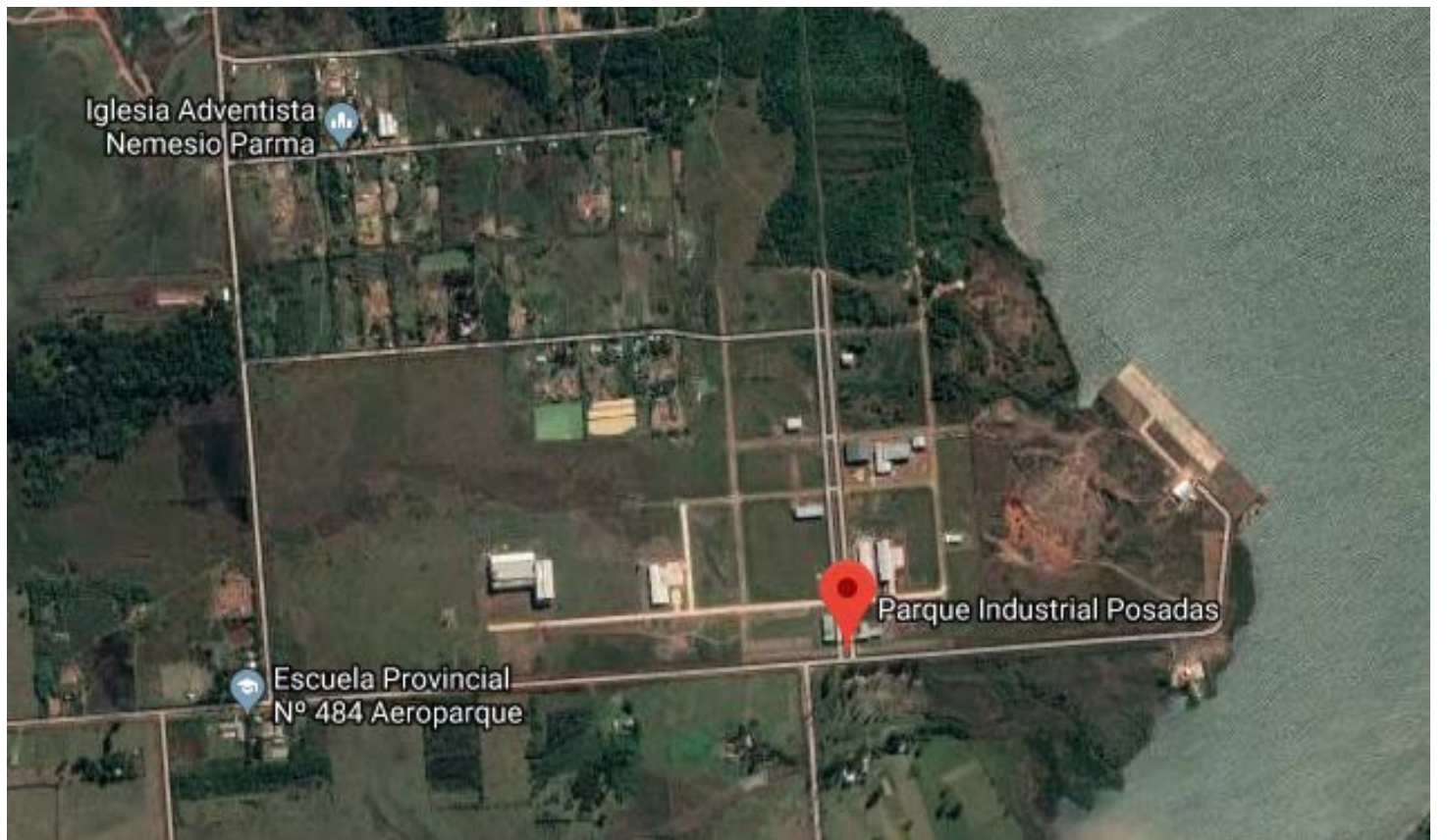
y un valor de 6 a Eldorado, que no cuenta con dicho servicio. Finalmente, en cuanto a los servicios auxiliares, el parque industrial de Apóstoles cuenta con Alumbrado público, calles internas, teléfonos; el parque industrial de Eldorado cuenta con planta de tratamiento de agua, alumbrado público y teléfonos; por otra parte, el parque industrial de la ciudad de Posadas cuenta con alumbrado público, calles internas, estacionamiento para autos y camiones, planta de tratamiento de agua, sistemas contra incendio, mantenimiento y servicios médicos. Entonces, se le asigna un 2 a Apóstoles, un 3 a Eldorado y un 10 a Posadas en cuanto a los servicios auxiliares.

- Transporte: En cuanto al transporte terrestre, se le asigna a todas las ciudades un valor de 8, ya que todas cuentan con vías de acceso en buenas condiciones para ser transitadas (no se tiene en cuenta en la matriz). En cuanto a los trenes, se le asigna un 8 a Posadas y Apóstoles, ciudades que cuentan con estación de trenes, y un 3 a Eldorado, ya que debería realizarse el traslado desde dicha ciudad a otra que cuente con una estación en caso de que se decidiera llevar la mercancía utilizando el ferrocarril.

Finalmente, la matriz de Microubicación resulta de la siguiente forma:

Matriz de Microubicación											
Factor	Ponderación					Peso relativo por localidad			Peso total por localidad		
						Posadas	Eldorado	Apóstoles	Posadas	Eldorado	Apóstoles
Materia Prima	25	Distancia a la fuente	10			7	5	9	70	50	90
		Disponibilidad	15			5	5	8	75	75	120
	Subtotal								145	125	210
Mano de obra	15	Disponibilidad	5			10	6	4	50	30	20
		Calidad	10			8	5	5	80	50	50
	Subtotal								130	80	70
Transporte	15	Terrestre	15	Trenes	9	8	3	8	72	27	72
Parques Industriales	45	Disponibilidad de lotes	20			10	5	5	200	100	100
		Servicios	25	Energía	5	8	6	8	40	30	40
				Seguridad	4	8	2	2	32	8	8
				Otros servicios	5	10	3	2	50	15	10
	Subtotal								322	153	158
Total									669	385	510

Se observa que la ciudad de Posadas fue la que obtuvo el mayor puntaje, por lo que resulta elegida como lugar de localización de la planta, la cual será construida en el parque industrial de dicha ciudad.





## **Bibliografía**

- <https://www.inym.org.ar/>
- <https://yerbamateargentina.org.ar/>
- <http://www.misionesafull.com.ar/>
- <https://www.cronista.com>
- <http://www.corrientes.com.ar>
- <http://icaa.gov.ar>
- <https://www.mininterior.gov.ar>
- <http://www.ecologia.misiones.gov.ar>
- <http://www.nuestromar.org/>
- <http://www.consejoportuario.com.ar>
- <http://www.vialidad.gov.ar>
- <https://www.inversorenergetico.com.ar>
- <http://parques.industria.gob.ar>
- <http://www.industriacorrientes.gob.ar>
- <http://www.industria.misiones.gov.ar>
- <https://www.indec.gob.ar>
- <https://www.bcyl.com.ar>
- <https://www.smn.gob.ar>
- <https://www.enargas.gov.ar>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Proceso Productivo”**

## Índice

Proceso.....	Página 1
Procesamiento de la Yerba Mate.....	Página 1
Alternativas para la producción de Ácido Quínico y Caféico.....	Página 2
Proceso productivo del Ácido Quínico y Caféico: Hidrólisis enzimática del Ácido Clorogénico.....	Página 3
Diagrama del proceso.....	Página 7
Obtención de Ácido Quínico y Ácido Caféico.....	Página 7
Obtención de la enzima Clorogenato Hidrolasa.....	Página 14
Bibliografía.....	Página 17

## **Proceso**

En este capítulo se analizará los aspectos relacionados al proceso necesario para la producción de los Ácidos Caféico y Quínico a partir de los residuos de la industria yerbatera.

Existe un método que permite la obtención de los ácidos Quínico y Caféico a través del tratamiento de vegetales que contienen Ácido Clorogénico con diferentes ácidos. Sin embargo en este proceso, además de la producción de los dos ácidos mencionados anteriormente, se producen diferentes subproductos, lo que hace que su purificación sea más costosa, a la vez que se generan residuos peligrosos desde el punto de vista ambiental.

De acuerdo al proceso elegido, en un principio se realiza la extracción del Ácido Clorogénico de los residuos de la industria de la yerba mate, lo cual se lleva a cabo a partir de una extracción sólido-líquido. Luego, parte de ese Ácido Clorogénico se utilizará en un bioproceso como inductor en la producción de una enzima intracelular (la Clorogenato Hidrolasa). En el próximo paso, la biomasa se inactiva mediante un tratamiento térmico, conteniendo la enzima activa en su interior, y dicha biomasa (conteniendo la enzima activa) se utiliza en un reactor de lecho para producir la hidrólisis del Ácido Clorogénico en Ácido Caféico y Quínico.

Los datos utilizados para determinar el proceso fueron obtenidos de la tesis “Extracción y bioconversión del Ácido Clorogénico de la yerba mate en químicos finos”, de la patente WO2009107328 “PROCESS FOR PRODUCTION OF QUINIC ACID AND/OR CAFFEIC ACID”, y del artículo “Encapsulation of *Saccharomyces cerevisiae* in Alginate Beads and its Application for Wine Making” (J. Food Sci. Technol. Nepal, Vol. 10 (18-23), 2018).

### **Procesamiento de la yerba mate**

El proceso de elaboración de la yerba mate comprende las siguientes etapas:

- Cosecha: Se realiza desde el mes de Abril hasta el mes de Octubre. Durante dicho período la planta cuenta con un porcentaje más elevado de hojas maduras. Se procede al corte manual de ramas, utilizando herramientas tales como tijeras o

serruchos, de acuerdo al grosor de las mismas. Luego, se separan las ramas más gruesas de las más finas y de las hojas. Estas dos últimas se utilizarán en la próxima etapa: el Sapecado. La primera cosecha suele realizarse luego de 4 años de la implantación.

- Sapecado: Consiste en un secado muy rápido (entre 20 y 30 segundos) realizado a la acción directa del fuego, con el objetivo de eliminar la humedad y la actividad enzimática que podría deteriorar la materia prima.
- Secado: Se realiza para disminuir el contenido de humedad. Es posible realizar una separación previa de las fracciones de palos y hojas, tratarlas por separado y luego realizar la mezcla de las mismas. Existen diversos tipos de secaderos: Secaderos Barbacué, de Cinta y Rotativos.
- Canchado: Consiste en una molienda grosera de la materia prima, facilitando el transporte de la misma. Generalmente la relación de volumen entre la hoja verde y la yerba mate canchada es de 3 a 1.
- Estacionamiento: El objetivo es que la yerba adquiera las características de sabor, aroma, y color necesarias para el producto final. Puede ser natural (las reacciones suceden de forma espontánea, demora de 6 a 24 meses); o acelerado (regulando las condiciones de humedad y temperatura, demora de 30 a 60 días).
- Molienda: Se realizan diferentes etapas de trituración y mezcla hasta lograr productos de diferentes granulometrías, cuya mezcla dará lugar a diferentes sabores en cada tipo de yerba.
- Envasado: consiste en el envasado del producto final para su venta.

Las etapas de escaldado, secado y canchado se realizan en establecimientos denominados secaderos, mientras que la molienda se realiza en establecimientos denominados molinos, que pueden recibir productos de diferentes secaderos.

### **Alternativas para la producción de Ácido Quínico y Caféico**

El Ácido Quínico es obtenido de la naturaleza de la corteza de Quina, en la cual se encuentra generalmente en forma de Quinato de cal. Existen diferentes métodos para

synthetizarlo. Uno de estos métodos indica que en un principio se descompone dicho compuesto utilizando Ácido Oxálico, añadiéndolo gota a gota. Luego se filtra el líquido, y por medio de una evaporación se obtiene el Ácido Quínico en cristales, que son refinados con otra cristalización posterior.

En cuanto al Ácido Caféico, puede ser obtenido a partir de la pulpa de café: en un principio, se seca la pulpa por 24 horas a 70 °C. Luego se trata utilizando una solución de etanol y agua (en proporción 1:1) a 60°C por 1 hora, se filtra y se concentra al vacío. También existen vías de producción biotecnológica para obtener este producto.

### **Proceso Productivo del Ácido Quínico y Caféico: Hidrólisis enzimática del Ácido Clorogénico**

Cuando se recibe la materia prima, se le aplica como primer paso del proceso un tratamiento térmico que permite eliminar la actividad enzimática que podría provocar que dicha materia prima se deteriorara. Dicho tratamiento se lleva a cabo a 121°C, por un período de 20 minutos. Luego de ser tratada térmicamente, parte de la materia prima es llevada a silos para ser almacenada, mientras que el resto continúa en el proceso.

Luego, se procede al secado de la materia prima hasta eliminar toda la humedad presente en la misma.

Posteriormente se realiza la reducción del tamaño de la materia prima, utilizando para esto un molino de cuchillas. El objetivo de este paso es que las partículas atraviesen una malla de 2,5 x 5mm., aumentando de esta forma la superficie específica del sólido y favoreciendo el siguiente paso del proceso: la extracción Sólido-Líquido. Se utilizan molinos en serie para optimizar el uso de la energía en la operación.

La extracción sólido líquido se lleva a cabo utilizando agua de ósmosis inversa a una temperatura de 90°C, durante un período de 30 minutos. Se utiliza agua de ósmosis inversa en una relación 1:20 p/v. En estas condiciones, según la bibliografía, se logra optimizar la extracción del Ácido Clorogénico. Dicha extracción se lleva a cabo en dos etapas sucesivas, alcanzándose en la primera etapa una extracción del 90% del total del Ácido Clorogénico, mientras que en la segunda etapa este valor asciende al 98,5% del total, por lo que no resulta

viable desde el punto de vista económico incluir una tercera etapa (entre cada etapa de la extracción se realiza un filtrado, recirculando el sólido al proceso). La concentración final de Ácido Clorogénico en la fase líquida será de  $1,95 \frac{\text{g Ácido Clorogénico}}{\text{litro}}$ . Esta última solución se concentra en un evaporador, hasta una concentración de  $20 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ , con el objetivo de alimentar el Reactor de Lecho Fijo donde se produce la hidrólisis del Ácido Clorogénico. Esta corriente se almacena para poder alimentar al proceso, para lo cual debe ser llevada primero a una temperatura de 4°C. La solución de Ácido Clorogénico se almacena en su forma más concentrada con el objetivo de reducir el volumen a almacenar. Por otro lado, se realiza otra extracción de forma separada para obtener una solución de Ácido Clorogénico y llevarla hasta una concentración de  $0,5 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  mediante su dilución en agua estéril, para ser utilizado más adelante como inductor para la producción de una enzima en el fermentador. La solución de inductor también debe ser almacenada hasta su utilización, a una temperatura de 4°C.

En cuanto al filtrado del producto proveniente de la extracción, se obtienen dos fases: por un lado la fase sólida, y por otro lado la fase líquida, la cual contiene el Ácido Clorogénico. La fase sólida es tratada en un filtro prensa con el fin de obtener valores de humedad reducidos, próximos al 4%. Estos residuos sólidos pueden ser vendidos para la construcción de ladrillos de hormigón, reduciendo el costo de su fabricación. Actualmente una empresa Nacional radicada en Misiones, llamada Simacon, se encuentra utilizando esta tecnología.

Luego se realiza una fermentación con el objetivo de obtener la enzima Clorogenato Hidrolasa, que luego servirá para hidrolizar el Ácido Clorogénico y obtener los dos productos de interés: el Ácido Quínico y Caféico. El microorganismo utilizado será el *Aspergillus Niger* AKU 3302. Este microorganismo tiene la característica de durante su crecimiento agruparse en forma de pellets prácticamente esféricos. Se utilizará Sacarosa como fuente de Carbono y energía, así como la adición de Nitrato de Sodio, Sulfato de Magnesio, y Fosfato ácido de Potasio, con el fin de lograr la presencia de iones necesarios para el crecimiento del microorganismo. Al tratarse de un microorganismo de crecimiento aeróbico, es necesario además proveer la cantidad suficiente de Oxígeno (utilizando un filtro especial que permita asegurar que el aire que ingresa al fermentador está libre de partículas o compuestos que puedan resultar

perjudiciales para el proceso). El proceso de desarrollo del microorganismo se llevará a cabo a una temperatura de 30°C y un pH de 7, utilizando un buffer de Fosfato de Sodio, y manteniendo una agitación constante.

Luego de que transcurra un período de 5 días en la fermentación, se procede a la alimentación de la corriente líquida que se obtuvo en el proceso de extracción sólido-líquido. Durante esta fase, la corriente que contiene el Ácido Clorogénico (alimentada a la temperatura de operación del fermentador), actúa como inductor en la producción de la enzima intracelular Clorogenato Hidrolasa, la cual se utilizará posteriormente en la hidrólisis.

Luego, se lleva a cabo la filtración de la corriente de salida del fermentador, obteniendo por un lado la biomasa, y por otro lado la fase acuosa (dicha fase puede recircularse nuevamente hacia el reactor, aprovechando de esta forma los compuestos que puedan ser útiles en una fermentación posterior). La biomasa es suspendida en agua estéril a temperatura ambiente, y posteriormente se le aplica un tratamiento térmico, a 55°C durante 60 minutos. Esto provoca que la biomasa se vuelva inviable (es decir, pierde su capacidad de crecimiento), al tiempo que la matriz celular sirve como protección de factores externos a la enzima, y se evitan pasos de purificación para extraer la enzima del interior de las células, manteniendo las propiedades de dicha enzima (se mantiene la actividad un 90%). La biomasa luego es liofilizada. Posteriormente la biomasa se suspende en una solución 2% de Alginato de Sodio, y luego se realiza un tratamiento con una solución de Cloruro de Calcio por 30 minutos. Esto permite obtener el catalizador para utilizar en el reactor de lecho fijo, y luego de una centrifugación el mismo se almacena a una temperatura de 4°C. Por otra parte, este biocatalizador puede ser reutilizado sin perder sus características operativas, lo que genera un ahorro en el costo del proceso.



Finalmente, el biocatalizador naturalmente inmovilizado se utiliza en un reactor de lecho, el cual es alimentado con la solución de Ácido Clorogénico obtenido de la extracción sólido-líquido, produciéndose la hidrólisis de dicho ácido, y la obtención de los ácidos Quínico y Caféico (Figura 1). Como la hidrólisis es una reacción endotérmica, se alimenta un fluido calefactor para mantener la temperatura en el medio de reacción en valor adecuados para la actividad enzimática. Se utilizará como fluido calefactor agua a una temperatura de 60°C (la temperatura del fluido calefactor no puede ser muy elevada, ya que esto podría afectar la estabilidad de la enzima). La condición de temperatura del reactor es de 50°C (temperatura óptima de operación de la enzima).

**Reaction catalyzed by chlorogenate hydrolase (3.1.1.42)**

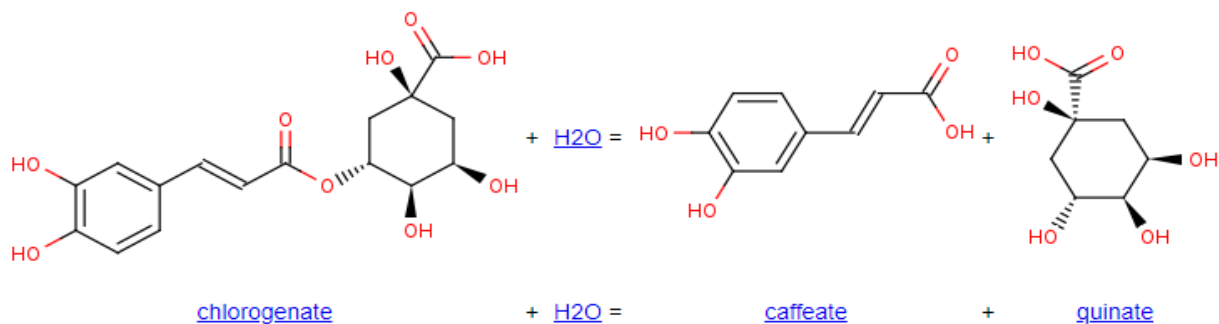


Figura 1

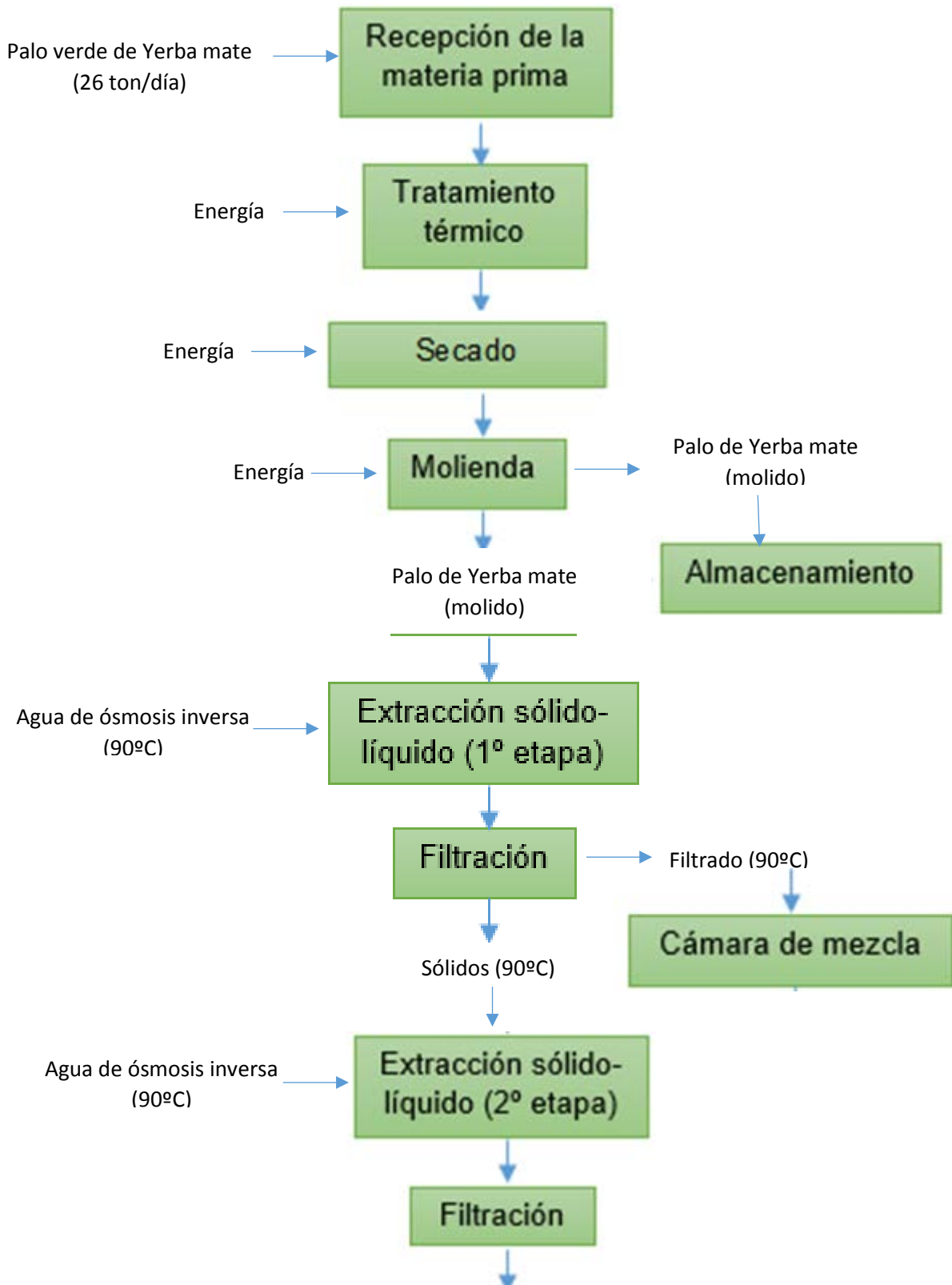
Una vez que se realiza la hidrólisis, la corriente que abandona el reactor contiene en solución los dos productos deseados (Ácidos Quínico y Caféico). Dicha corriente se hace circular a través de una resina de intercambio Aniónico, donde quedan contenidos los productos. Luego, se hace circular Etanol, con lo cual se eluye el Ácido Caféico; por otro lado, la elución del Ácido Quínico se realiza haciendo circular una solución acuosa de baja concentración de Cloruro de Sodio. Luego ambas corrientes se tratan en un evaporador, para aumentar la concentración, facilitando la posterior separación del solvente y el soluto en un cristizador. El vapor que abandona el cristizador (corresponde al solvente), se condensa y se disminuye su temperatura para ser reutilizado en el proceso. Por otra parte, los sólidos (los cuales abandonan el cristizador con un cierto porcentaje de humedad), son tratados en un secadero con aire para obtener así el producto final.

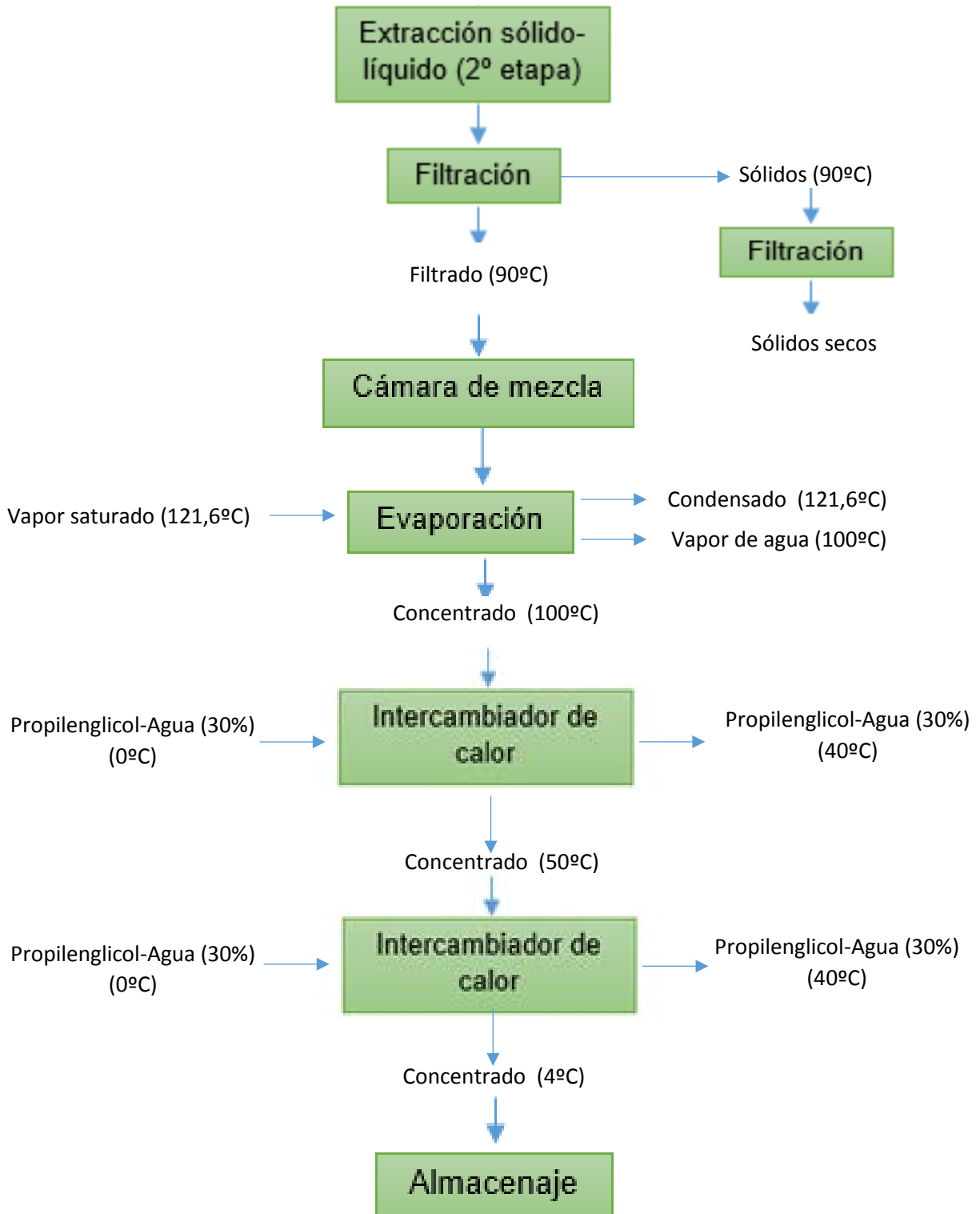
En cuanto al Ácido Quínico, cuando el sólido abandona el cristizador lo hace acompañado del Cloruro de Sodio presente en la solución de elución, que también se cristaliza. Por esta razón, es necesario realizar una purificación posterior, la cual consiste en precipitar el Cloruro de Sodio utilizando Etanol (el Ácido Quínico tiene una solubilidad mucho más alta que el Cloruro de Sodio). Este tratamiento permite alcanzar la pureza necesaria en el producto.

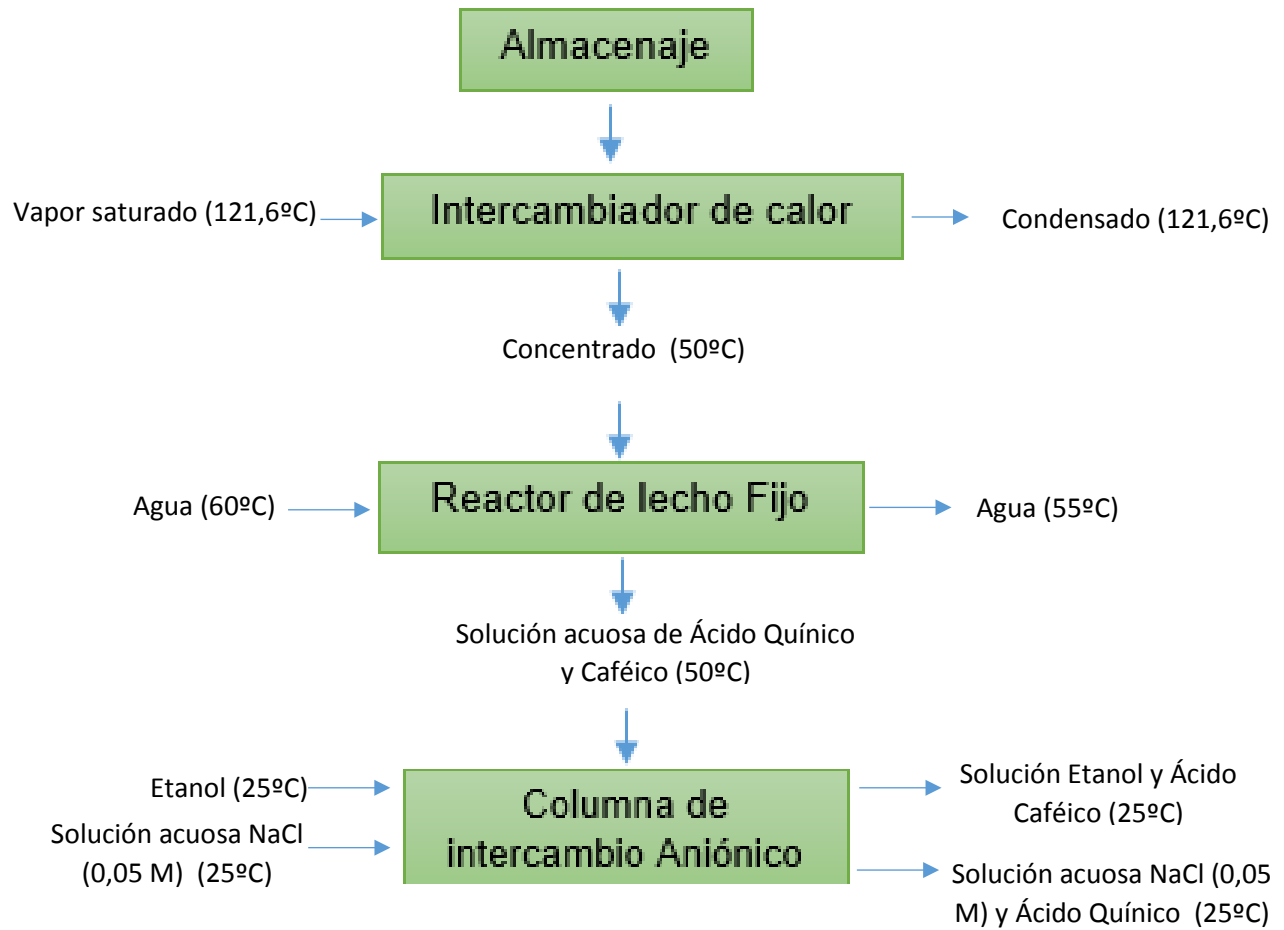
### **Diagrama de proceso**

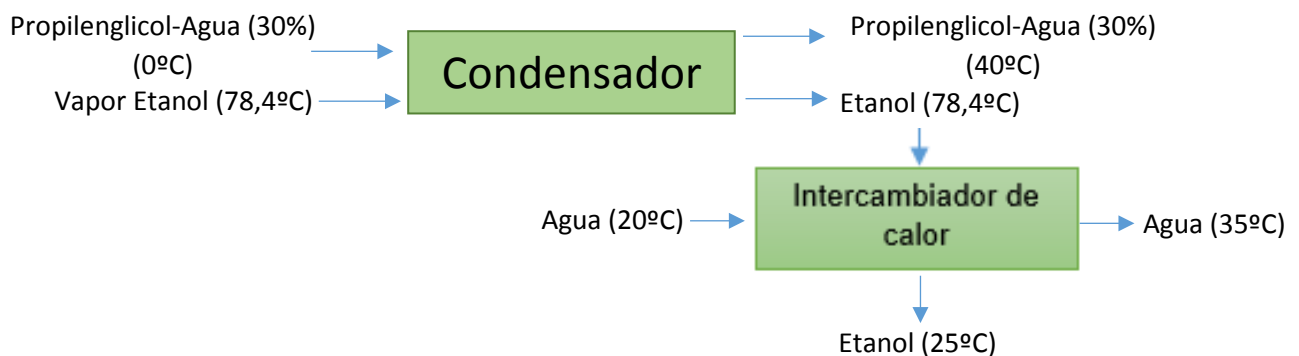
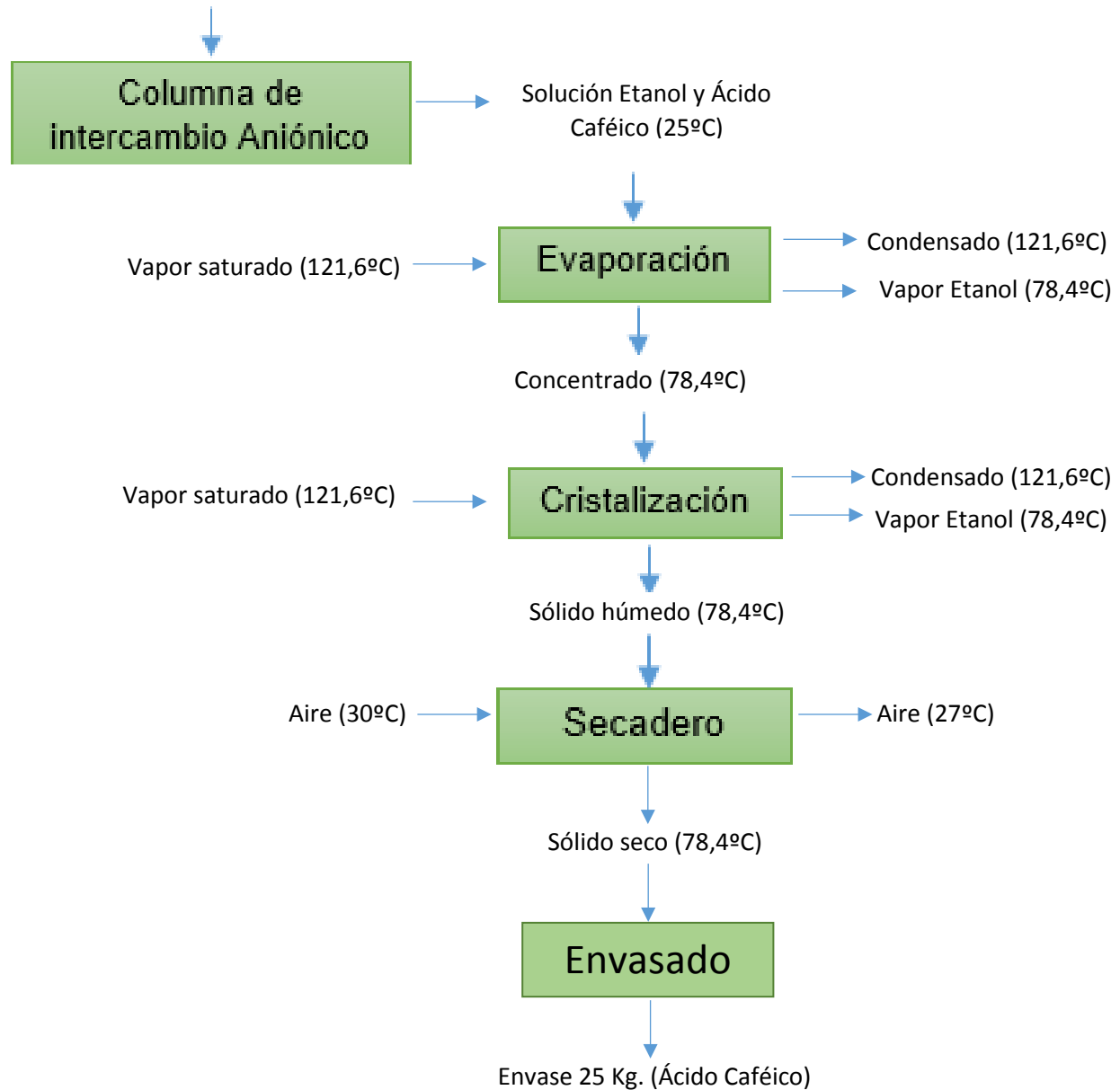
Finalmente, el diagrama del proceso resulta de la siguiente manera:

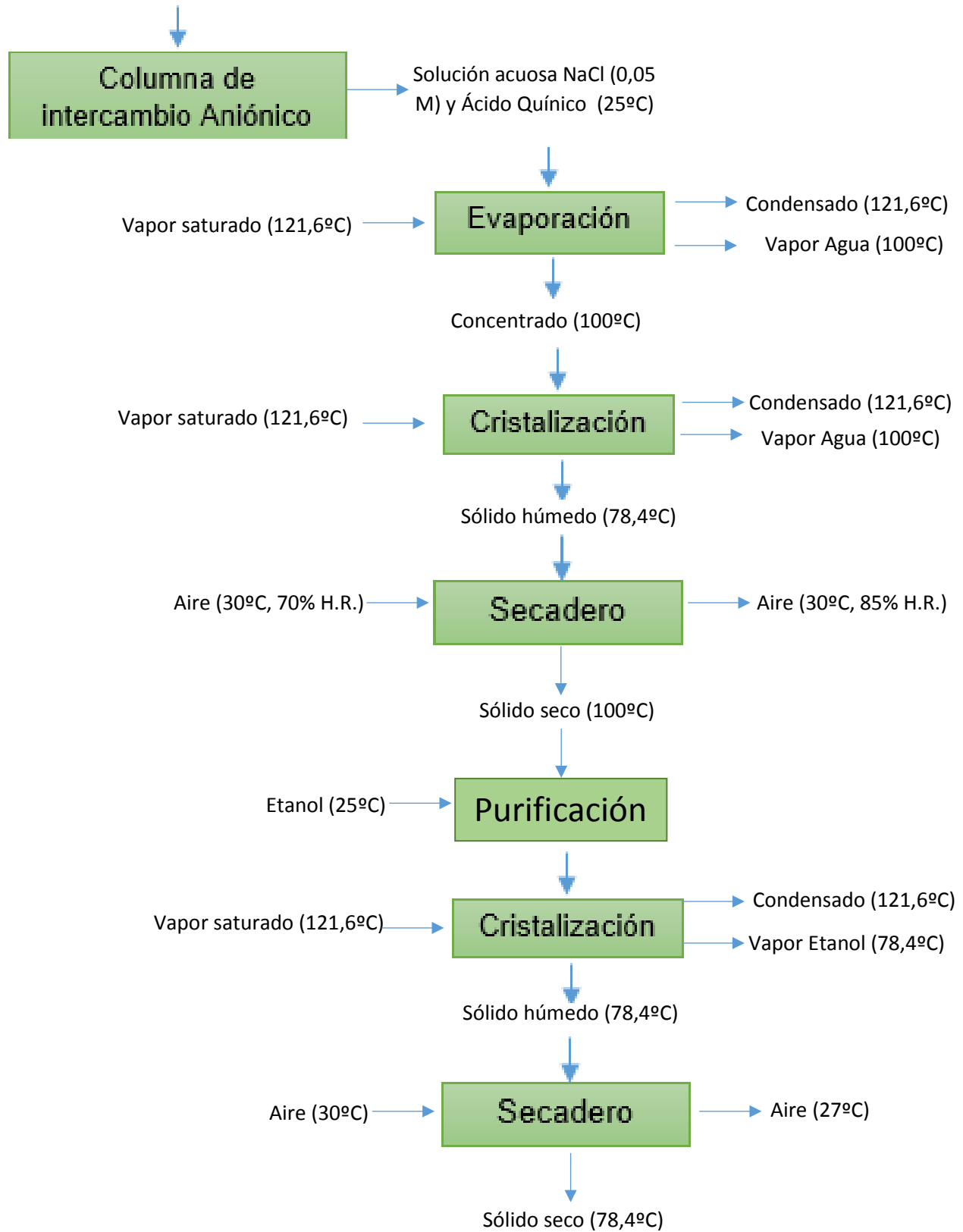
- **Obtención de Ácido Quínico y Ácido Caféico**

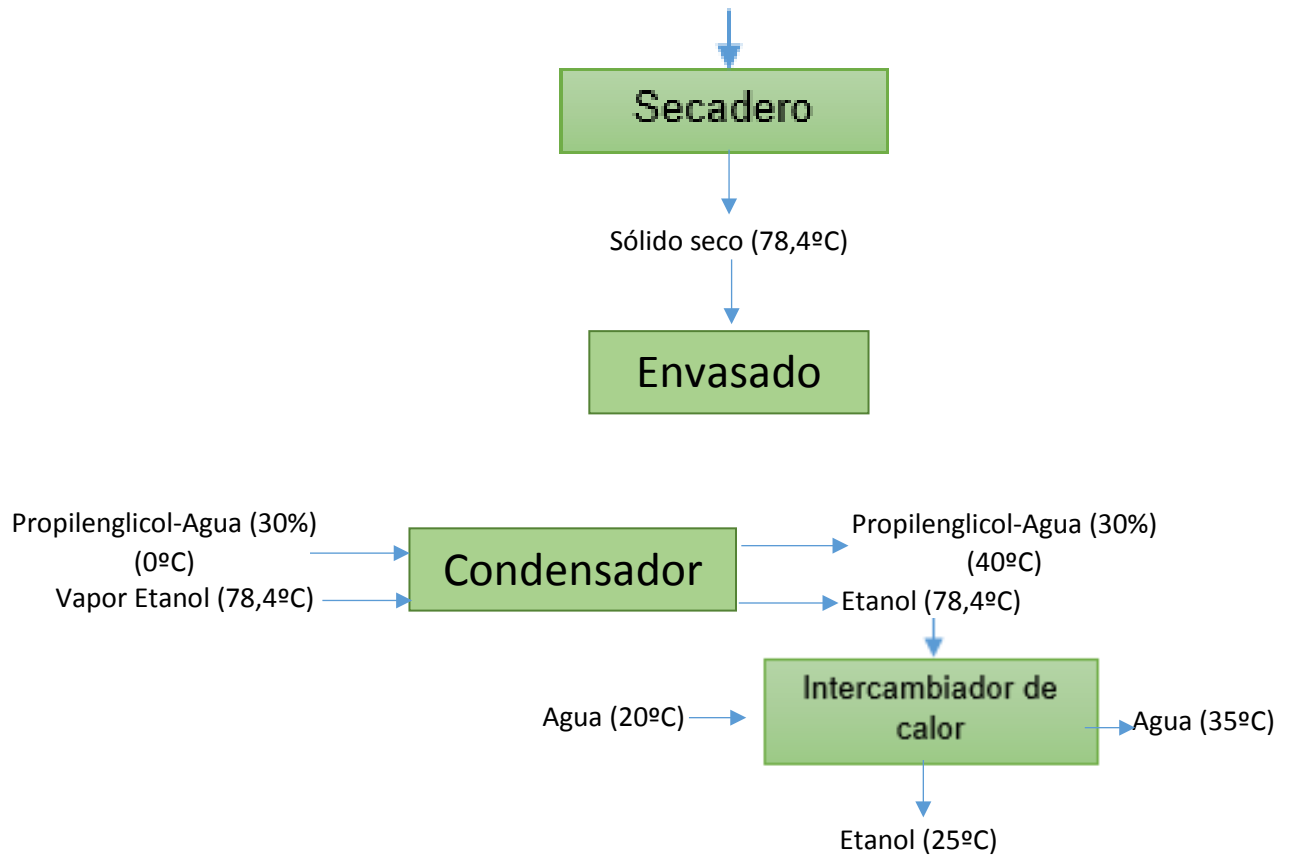








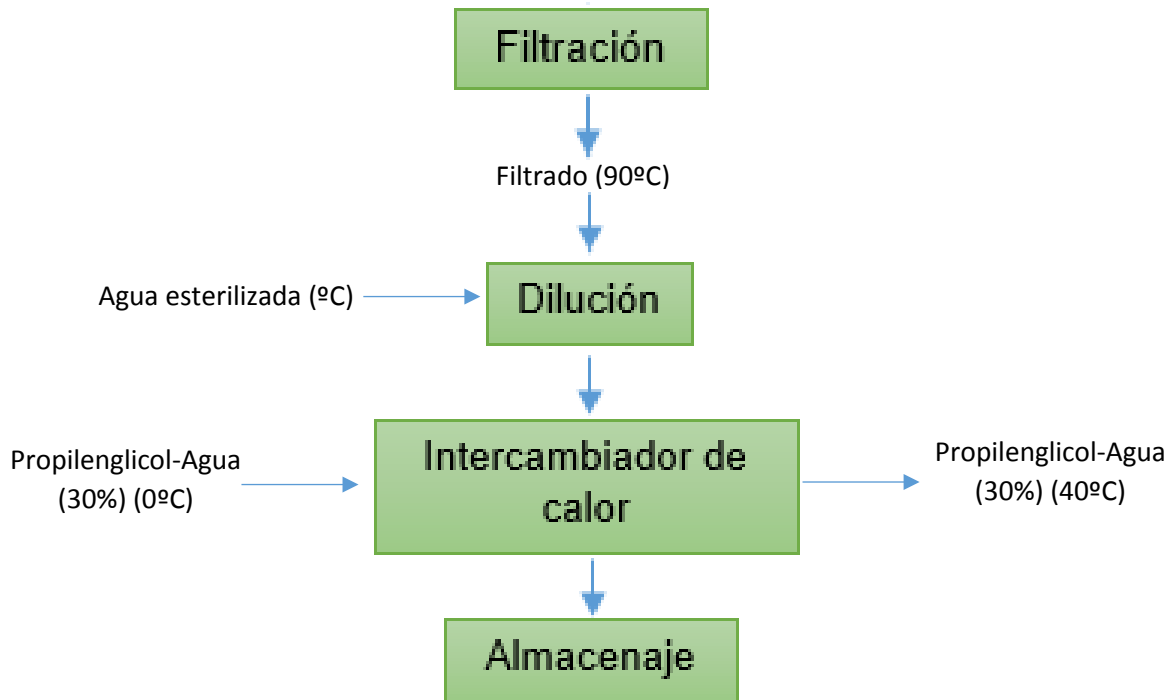


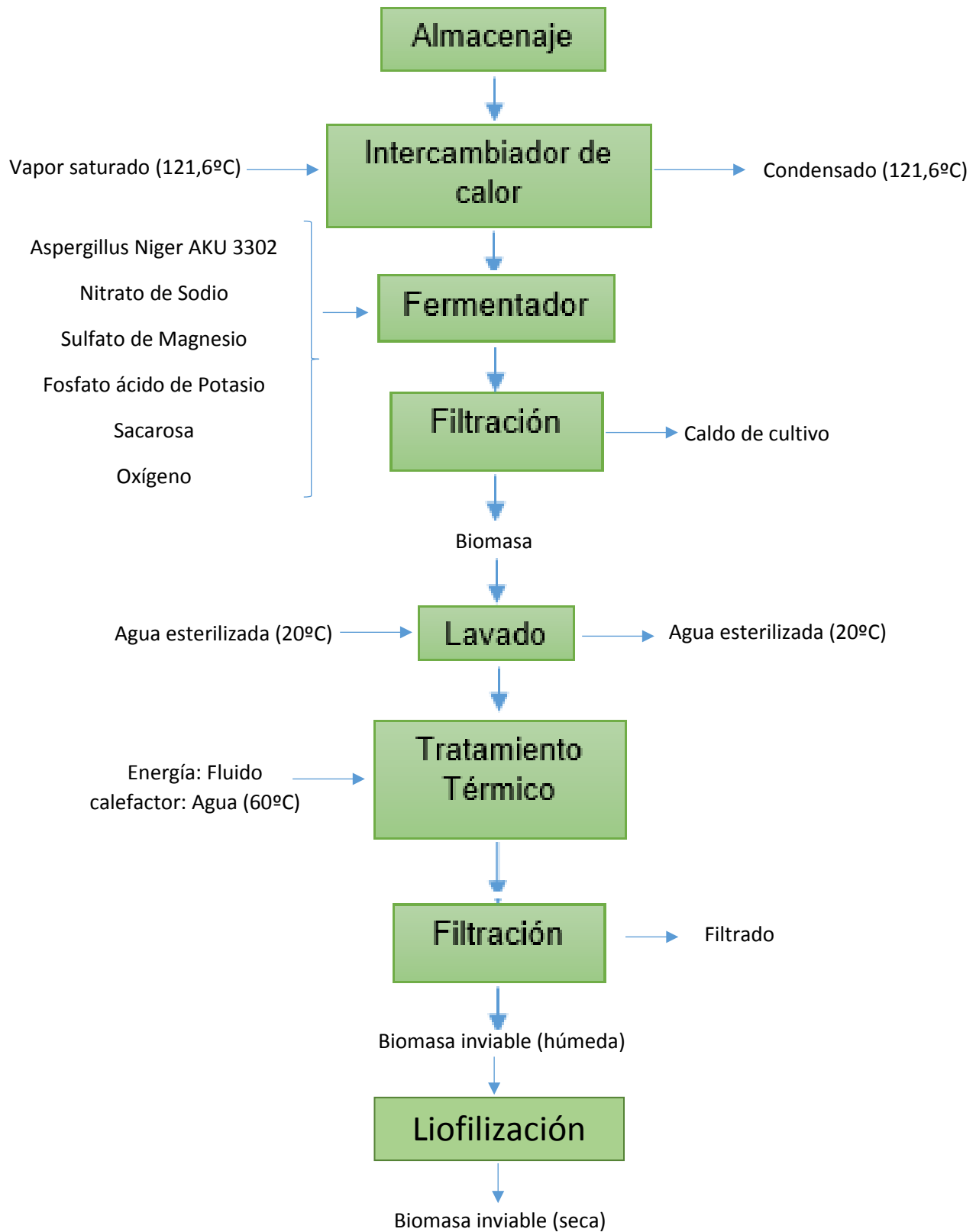


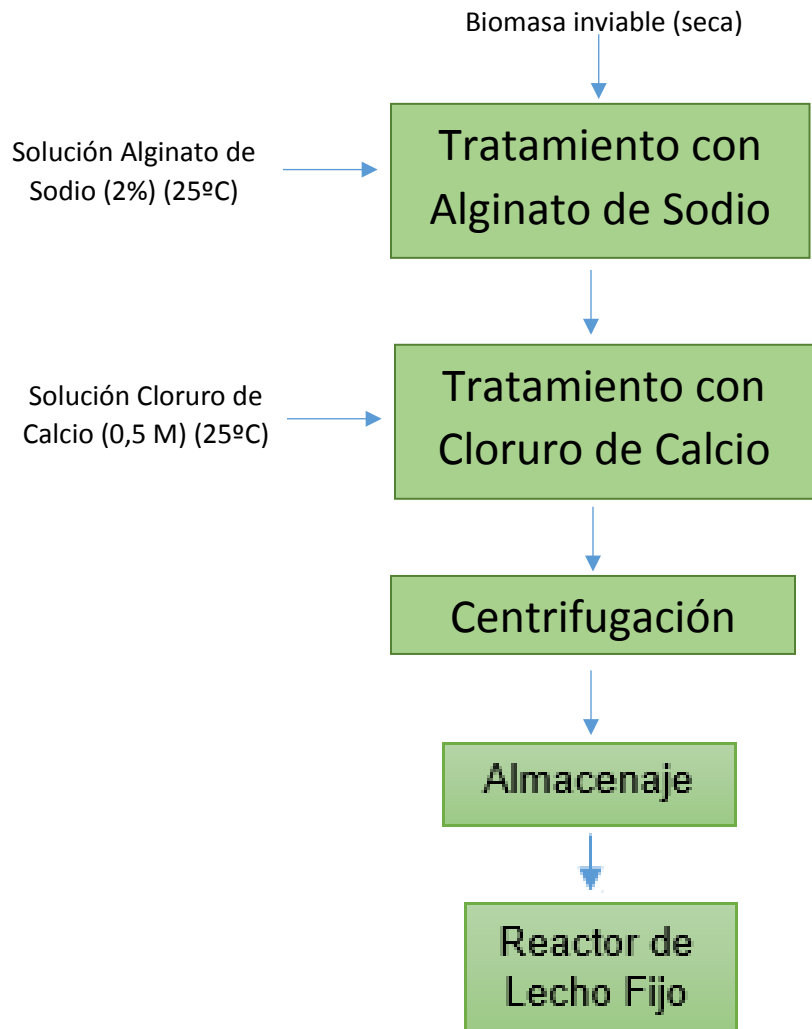


- **Obtención de la enzima Clorogenato Hidrolasa**

La primera etapa del proceso es igual al caso anterior, es decir, hasta la extracción Sólido-Líquido y la posterior filtración.







## **Bibliografía**

- WO2009107328 “PROCESS FOR PRODUCTION OF QUINIC ACID AND/OR CAFFEIC ACID”
- “Extracción y bioconversión del Ácido Clorogénico de la yerba mate en químicos finos”
- “Encapsulation of *Saccharomyces cerevisiae* in Alginate Beads and its Application for Wine Making” (J. Food Sci. Technol. Nepal, Vol. 10 (18-23), 2018)
- “Dictionary of Chemistry and the Allied Branches of Other Sciences”, Volumen 5.
- “Tratado de química aplicada a las artes”, Volumen 6.



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Laboratorio”**

# Índice

Obtención de Ácido Caféico y Ácido Quínico: Técnica de Laboratorio.....	Página 1
Objetivo.....	Página 1
Alcance.....	Página 1
Marco teórico.....	Página 1
Preparación de materiales.....	Página 1
Procedimiento.....	Página 2
Resultados.....	Página 3
Análisis de la solución de Ácido Clorogénico.....	Página 12
Conclusiones.....	Página 19
Bibliografía.....	Página 21

## **Obtención de Ácido Caféico y Ácido Quínico:** **Técnica de Laboratorio**

### **Objetivo**

Se realizará la extracción del Ácido Clorogénico utilizando como materia prima Palo Verde de Yerba Mate, lo cual constituye la primera etapa en el proceso de obtención de los Ácidos Quínico y Caféico.

### **Alcance**

Se buscará obtener el rendimiento del proceso, realizando un análisis de los parámetros controlables.

### **Marco teórico**

El Ácido Clorogénico es un compuesto fenólico que se utiliza en la industria como aditivo en bebidas; industria cosmética; productos derivados del té. Además cuenta con diferentes propiedades farmacológicas beneficiarias para el hombre. Estudios recientes comprobaron la presencia de este compuesto en la planta de Yerba Mate, destacándose su presencia en el palo verde de Yerba Mate, una fracción de la planta poco utilizada en la industria yerbatera.

La hidrólisis del Ácido Clorogénico produce Ácido Caféico y Ácido Quínico, ambos utilizados en la industria farmacéutica, cosmética y como intermediarios para la producción de otros compuestos, y que no se producen en nuestro país.

Se estudia la obtención del Ácido Clorogénico a partir del palo verde de yerba mate a través de un proceso de extracción Sólido-Líquido.

### **Preparación de materiales**

- Triturador
- 4 Vasos de precipitado (200 ml o 300 ml)
- Baño termostático
- Estufa

- Balanza
- Tamiz vibratorio; malla de 2,5 x 5mm; malla de 1 x 5mm
- 2 Erlenmeyer de 50 ml
- Kitasato
- Embudo Büchner
- Reactivos: Agua destilada
- Termómetro

### **Procedimiento**

1. La materia prima utilizada serán los palos verdes de Yerba Mate. En un principio se le aplica un tratamiento térmico a la materia prima que permite eliminar la actividad enzimática que puede producir un deterioro de la misma. Dicho tratamiento se realiza en una estufa, a máxima potencia durante 5 minutos.
2. Luego se realiza la reducción de tamaño de dicha materia prima, hasta que atraviese una malla de 2,5 x 5 mm, y quede retenido en una malla de 1 x 5 mm. Se debe realizar el tamizado de la materia prima para asegurar un tamaño de partícula que permita llevar a cabo de forma correcta la extracción.
3. Se realiza la extracción Sólido-Líquido, utilizando como solvente para la misma agua destilada. La extracción se realiza en un Erlenmeyer de 50 ml, utilizando un volumen fijo de agua destilada de 25 ml. Este proceso se realizará a una temperatura de 90°C, durante un período de 30 minutos (manteniendo una agitación constante). Esta etapa se repite dos veces, a fin de maximizar la cantidad de Ácido Clorogénico que se extrae. La relación p/v entre el agua destilada y el sólido es 20:1.
4. Luego de la extracción, el volumen se ajusta nuevamente a 25 ml para reponer el agua que pudiera perderse por evaporación o por retención en el sólido.
5. Los extractos se conservan a 4°C hasta su análisis, para determinar la presencia de Ácido Clorogénico.



## **Resultados**

La materia prima (palo verde de yerba mate) utilizada para esta práctica fue cedida por la empresa “Cooperativa Liebig”, situada en la provincia de Corrientes.



Figura 1 - Muestra de palo verde de Yerba Mate

Se pesaron, luego de secar en estufa 1 hora a 120°C, 2,5 gramos de materia prima. La reducción de tamaño se realizó manualmente. De acuerdo a la relación planteada anteriormente, se utilizaron en un principio 50 ml. de agua destilada. Estos elementos se colocaron en un Erlenmayer de 100 ml.



Figura 2 - Preparación de la muestra para la extracción

A su vez se preparó un baño calefactor con agua, seteado a una temperatura de 90°C. Una vez alcanzada la temperatura en el baño de agua, se introdujo el Erlenmayer conteniendo la muestra, y se midió la temperatura en su interior. Una vez que dicha temperatura alcanzo el valor de 90°C, comenzó a tomarse el tiempo establecido para cada etapa de la extracción, el cual corresponde a 30 minutos. Durante el tiempo que duró cada etapa se agitó manualmente el Erlenmayer de forma periódica, para favorecer la operación. Al ser un calentamiento suave, no fue necesario agregar agua de reposición.



Figura 3 - Proceso de extracción sólido-líquido



Figura 4 - Proceso de extracción sólido-líquido



Figura 5 - Proceso de extracción sólido-líquido

Una vez transcurridos los 30 minutos, se procedió al filtrado de la muestra, para lo cual se utilizó un embudo Buchner. La filtración se realizó por gravedad, al no contar con el equipo para realizar vacío (de esta última forma, la filtración se realiza más rápidamente). El filtrado se

recolecto por separado, mientras que el sólido se volvió a introducir en el Erlenmayer para realizar la segunda etapa de la extracción, con idénticas condiciones que la primera.



Figura 6 - Proceso de Filtración de la muestra



Figura 7 - Proceso de Filtración de la muestra

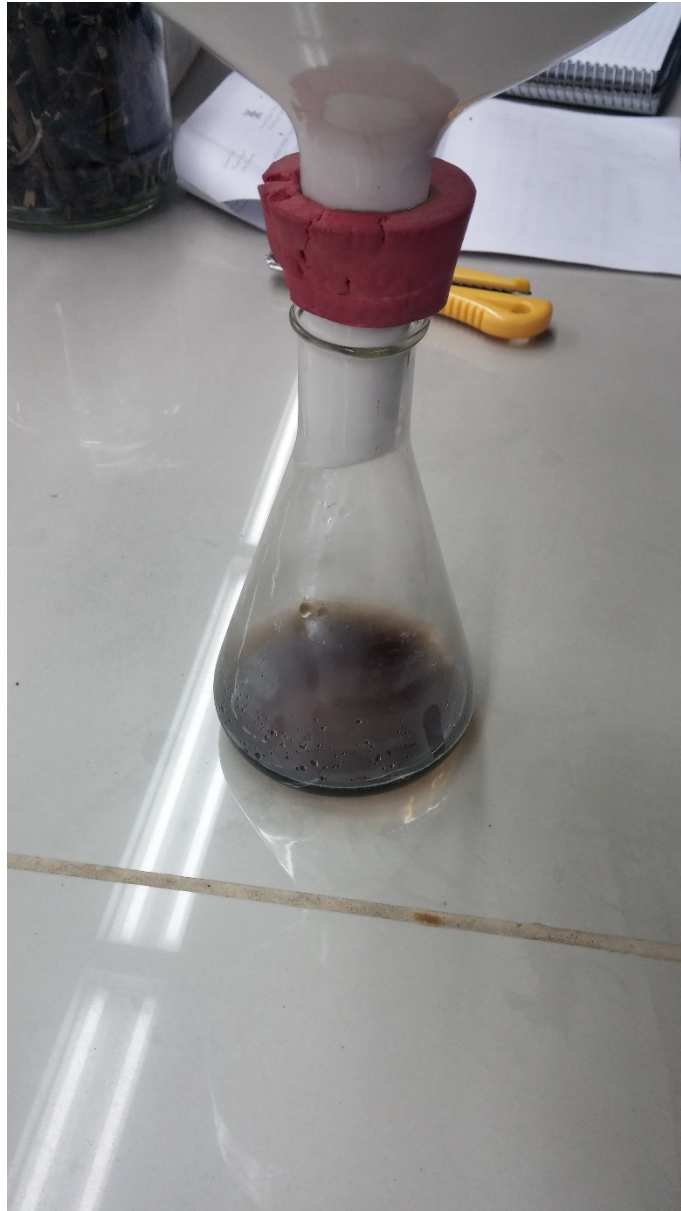


Figura 8 - Filtrado

Una vez realizada la segunda extracción se procedió al filtrarla. El filtrado se recolectó junto con el de la etapa anterior, y se conservó en heladera a 4°C hasta su análisis. Por otra parte, el sólido se secó en estufa nuevamente (una hora a 120°C), para poder determinar por gravimetría la cantidad extraída de Ácido Clorogénico.



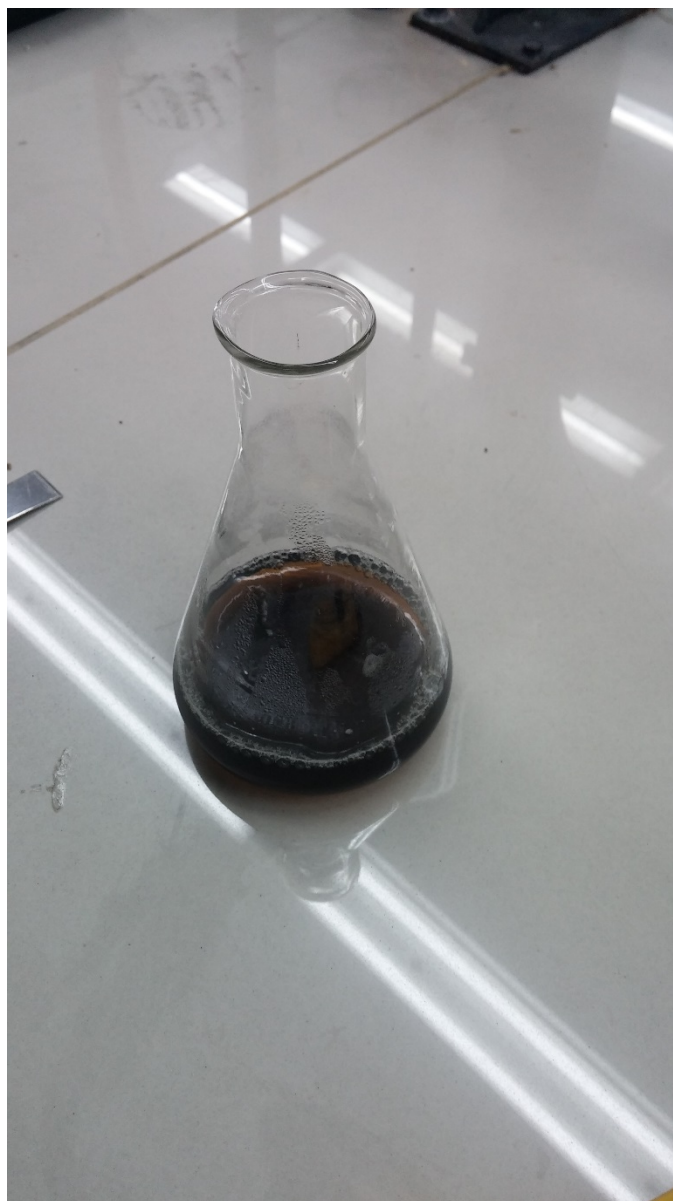


Figura 9 - Filtrado



Figura 10 - Filtrado, previo al almacenamiento y análisis

### **Análisis de la solución de Ácido Clorogénico**

Luego de realizar el proceso de extracción del Ácido Clorogénico provenientes del palo de yerba mate, el siguiente paso es verificar la existencia de dicho ácido en la corriente de extracción. Los métodos recomendados para dicho análisis es utilizar un cromatógrafo o espectrofotómetro. El método elegido fue el segundo, debido a la posibilidad de encontrar una

empresa que se prestó a cooperar con dicha investigación. Para comenzar a describir el procedimiento empleado, primero realizaremos una breve descripción del método recomendado por bibliografía para determinar la presencia de Ácido Clorogénico (ACG). La técnica espectrofotométrica es de bajo costo y relativa sencillez para su utilización, ya que su fundamento se basa en la absorción selectiva de los compuestos ACG en la región del espectro de ondas electromagnéticas conocida como ultra violeta. Para dicho análisis se utilizó el equipo espectrofotométrico perteneciente a la Cervecería y Maltería Quilmes. Luego de estudiar el mismo, (funcionamiento y tecnología) se procedió a realizar la técnica.



Figura 11 - Espectrofotómetro utilizado para el análisis

En primer lugar al estar utilizando una región del espectro UV para el análisis, se debió reemplazar la fuente de radiación por una bobilla Osram de rango de longitud de onda de 310 a 780 nm.



Figura 12 – Fuente de radiación utilizada en el equipo

Luego se realizaron las mediciones de calibración con solvente de acetato de plomo y posteriormente con agua para poder determinar el factor K que se utiliza en el equipo. Dicho factor es un parámetro de corrección, que está en función de la curva de absorción. Luego de reiteradas muestras de control con un blanco, se determinó que el factor de corrección que se le debe aplicar al sistema es de  $K \approx 1$  debido a que, al encontrarnos con una solución acuosa de baja concentración, no se presenta problemas de reflexión, difusión u otra alteración física que afecte la curva de absorción, por tal motivo el factor para corregir el desvío es próximo a 1. Luego colocamos en las dos cubetas de cuarzo, agua ultra pura y seleccionamos la longitud de onda de 324 nm, que según en bibliografía es la que me permite detectar la presencia de ACG. Al pasarlo por el blanco, luego de calibrarlo se llegó a un valor de absorbancia de 0.



Figura 13

Luego de realizar la calibración, procedemos a cargar en la cubeta nuestra solución obtenida de ACG.



Figura 14 - Muestra a analizar

Al colocarlo junta a la cubeta de agua ultra pura en el equipo, procedemos a realizar el análisis.



Figura 15 - Colocación de la muestra en el equipo



Figura 16

Las primeras mediciones nos arrojan un valor de absorción de 3600 nm de radiación. Esto nos está indicando que nuestro compuesto se encuentra presente y está absorbiendo la radiación recibida.

Para comprobar que es nuestro compuesto el presente en la solución, la técnica nos indica que debemos agregar Acetato de plomo, el cual genera que el ACG precipite y luego al colocarlo de vuelta en el equipo deberíamos observar una reducción del 98% de absorción.

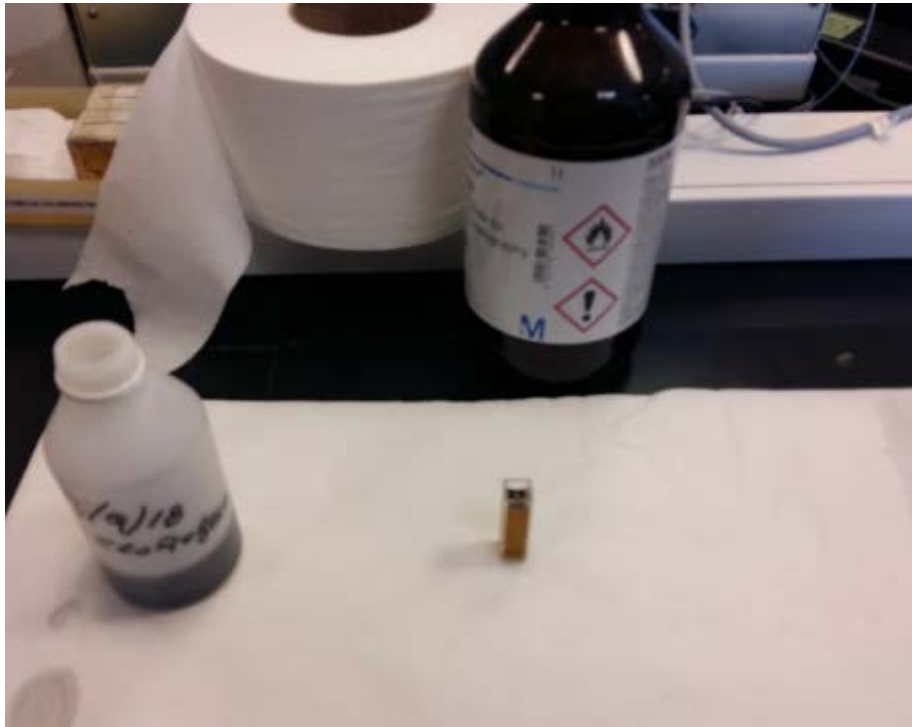


Figura 17 - Preparación de la muestra para el análisis

Al dejarlo precipitar durante 15 minutos y pasarlo por la centrifuga durante 20 minutos, obtenemos una solución más clara que la original. Colocando dicha solución por el equipo obtenemos:





Figura 18

Se obtuvieron valores de 64 a 94 de Abs. Esto representa una reducción de 97,3% a 98,2% según las primeras mediciones (Figura 17).

## **Conclusiones**

- Mediante la técnica utilizada pudimos afirmar la presencia de ACG en nuestra solución, luego de pasar por el proceso de extracción del compuesto en el palo de yerba Mate.
- La cantidad pesada de sólido luego del filtrado fue de 2,44 gramos, es decir, que la cantidad extraída fue de 0,11 gramos. De acuerdo a estos valores, el rendimiento obtenido por la técnica fue de 4,4%, o lo que es lo mismo 4,4 gramos de ACG por cada 100 gramos de materia seca de Palo verde de Yerba Mate; por otro lado, en la bibliografía consultada el rendimiento obtenido fue de 7,8 gramos de ACG por cada 100 gramos de materia seca. En nuestra opinión, la causa se debe a la formación de hongos en la muestra, debido a que durante el tiempo de espera entre recibir la materia prima y realizar la práctica no aplicamos un tratamiento térmico a dicha materia prima, lo que generó la aparición de microorganismos que pudieron alterar las propiedades de la planta. Debido

a esto último comprobamos la importancia de la etapa del tratamiento térmico en el proceso.

**Bibliografía**

- “Extracción y bioconversión del Ácido clorogénico de la yerba mate en químicos finos”
- “Analytical methods for chlorogenic acid”, Carlos Alberto Bastos De Maria; Ricardo Felipe Alves Moreira ,Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto Biomédico, Universidade do Rio de Janeiro, Rua Frei Caneca, 94, 20211-040 Rio de Janeiro - RJ



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Balance de Materia y Energía”**

# Índice

Balance de Materia y Energía.....	Página 1
Ingreso de Materia prima.....	Página 1
Tratamiento Térmico.....	Página 1
Almacenamiento.....	Página 1
Secado.....	Página 2
Reducción de Tamaño.....	Página 2
Extracción sólido líquido.....	Página 2
Filtración.....	Página 6
Evaporación.....	Página 8
Solución de Ácido Clorogénico (20 g/l): Almacenaje.....	Página 9
Solución de Ácido Clorogénico (20 g/l): Calentamiento.....	Página 11
Reactor de lecho.....	Página 12
Resina de Intercambio Aniónico.....	Página 12
Evaporación.....	Página 13
Cristalización.....	Página 15
Condensación.....	Página 16
Secadero.....	Página 17
Purificación del Ácido Quínico.....	Página 21
Solución inductora: Calentamiento.....	Página 24
Fermentador.....	Página 25
Filtración.....	Página 28
Tratamiento Térmico.....	Página 29
Filtración.....	Página 30
Formación del pellet de Catalizador: Tratamiento con Alginato de Sodio y Cloruro de Calcio.....	Página 30

Agua de ósmosis inversa: Condensación.....Página 31

Bibliografía.....Página 33

## **Balance de Materia y Energía**

### **Ingreso de Materia prima**

De acuerdo a la producción establecida, y sabiendo el contenido de Ácido Clorogénico presente en los palos de yerba mate, se establece el ingreso de materia prima en  $26 \frac{\text{Toneladas}}{\text{día}}$ , realizándose dicho ingreso en el período desde Abril hasta Octubre, etapa que se produce la cosecha de la Yerba Mate (esto se analizó en el apartado de “Estudio de Mercado”).

### **Tratamiento Térmico**

La materia prima que ingresa es sometida a un tratamiento térmico, que se realiza a 121°C por un período de 20 minutos, con el objetivo de eliminar microorganismos y enzimas que puedan producir el deterioro de la misma.

Se utiliza para este tratamiento un horno de convección forzada.

El tratamiento térmico se realiza sobre toda la materia prima que ingresa, a fin de poder asegurar su conservación en el tiempo. La cantidad de materia prima tratada (como se verá más adelante), corresponde a  $1,083 \frac{\text{Toneladas}}{\text{hora}}$  (tratando 26 toneladas en 24 horas).

### **Almacenamiento**

Del total de materia prima que ingresa, una parte se destina a almacenamiento para abastecer el proceso en el período que no se produce la cosecha de la Yerba Mate. Se lleva por medio de cintas transportadoras hasta depósitos, donde se almacena en condiciones de baja temperatura y humedad (10°C y 35%). (Las dimensiones del depósito se incluyen en la sección “Diseño de equipos”).

Sabiendo que el abastecimiento de materia prima se da durante los meses de Abril hasta Octubre (período en que se cosecha la yerba mate), y que se almacenan  $10,6 \frac{\text{toneladas}}{\text{día}}$  (15,4  $\frac{\text{toneladas}}{\text{día}}$  de la materia prima que ingresa se utilizan en la producción de los Ácido Quínico y Caféico, así como inductor en el proceso de Fermentación) durante un lapso de 210 días, se

almacena un total de 2.226 toneladas de palos verdes de Yerba Mate que se utilizarán en el proceso durante cuando la época de cosecha haya acabado (esto se analizó en el capítulo de “Estudio de Mercado”). Sin embargo, esta cantidad corresponde a la masa de material húmedo; debido a que en el proceso se elimina totalmente el contenido de humedad, la cantidad de material a almacenar corresponde a 868,14 Toneladas.

### **Secado**

Se seca la materia prima hasta eliminar toda la humedad que contiene. Se eliminan 15,86 toneladas de agua por día.

### **Reducción de tamaño**

Para poder llevar a cabo la etapa de extracción de forma efectiva es necesario reducir el tamaño (aumentando de esta forma la superficie de contacto) de la materia prima que ingresa. Se utilizan molinos de cuchillas, con el fin de alcanzar un tamaño de partícula de 2,5 mm a 5 mm. La operación de los molinos es continua. La cantidad de sólido alimentada al molino es de  $1.69 \frac{Tn}{h}$  (se trata toda la materia prima que ingresa, que corresponde a 10,14 toneladas luego de eliminar el contenido de humedad, en un período de 6 horas, con el objetivo de poder almacenar este material en los silos en condiciones controladas en el menor tiempo posible). El tamaño de los sólidos a la salida se controla utilizando una criba con la abertura deseada.

### **Extracción sólido líquido**

Se realiza en una operación por lotes. Se utiliza como solvente para la extracción agua de ósmosis inversa a una temperatura de 90°C, durante 30 minutos, en una relación 1:20 p/v con respecto al sólido. Asimismo, la operación tiene un tiempo muerto de 30 minutos para la carga, descarga y limpieza del reactor, con lo cual se debe producir en cada ciclo de producción (2 etapas de extracción, que suman 1 hora de proceso, con una filtración entre ambas etapas) la cantidad correspondiente a 4 horas de proceso (descontando la carga y descarga entre las dos etapas, y el tiempo de filtración, que corresponde a 2 horas). En conclusión, durante cada día se realizan 6 cargas del reactor para la extracción. Sabiendo que se utilizan  $6 \frac{\text{Toneladas}}{\text{día}}$  de



materia prima por día, que la densidad del agua destilada es de  $1 \frac{Kg}{litro}$ , y que la cantidad de ACG extraída del palo verde es del 98,5% del total:

$$\frac{6 \text{ Ton}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{día}}{6 \text{ extracciones}} \cdot \frac{1.000 \text{ Kg}}{\text{Ton}} \cdot 20 \cdot \frac{1 \text{ litro}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1}{0,985} = 20.324,87 \frac{\text{litro}}{\text{extracción}}$$

Sabiendo que se realizan dos etapas de extracción el consumo de agua de ósmosis inversa es de 40.649,74 litros. Con el fin de disminuir el tamaño de los equipos, se distribuye la materia prima alimentada en dos reactores, con lo cual la carga de materia prima en cada extracción es de 0,5 toneladas (Las dimensiones del tanque se incluyen en la sección de “Diseño de Equipos”). Además, disminuye a la mitad la cantidad de agua de ósmosis inversa utilizada en cada reactor.

Sabiendo que el contenido de Ácido Clorogénico (ACG) es de  $\frac{7,8 \text{ g ACG}}{100 \text{ g palo verde de Yerba Mate}}$  (palo seco de yerba mate), la concentración de Ácido Clorogénico luego de las dos etapas de extracción será:

$$\frac{7,8 \text{ g ACG}}{100 \text{ g palo verde de Yerba Mate}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ g Palo verde de Yerba Mate}}{h} \cdot \frac{h}{40.649,74 \text{ l}} = \frac{1,95 \text{ g ACG}}{\text{litro}}$$

Luego, esta corriente se concentra hasta  $20 \frac{g}{l}$  en un evaporador, con el objetivo de ser utilizada en el Reactor de Lecho.

Por otra parte, según la bibliografía consultada, la cantidad de inductor que se agrega en el fermentador es arbitraria. Teniendo en cuenta el volumen del medio de cultivo en el fermentador (se analizará más adelante) se decide utilizar un volumen de 3.000 litros de solución en cada fermentación. Teniendo en cuenta que se realiza una fermentación por semana, será necesario un volumen de 12.000 litros por cada mes.

$$12.000 \text{ l} \cdot \frac{0,5 \text{ g ACG}}{\text{l}} = 6.000 \text{ g ACG}$$

$$6.000 \text{ g ACG} \cdot \frac{\text{l}}{1,95 \text{ g ACG}} = 3.077 \text{ l}$$

Se necesitan 3.077 litros de solución de Ácido Clorogénico de concentración  $1,95 \frac{g}{l}$ . Es necesario adicionar un volumen de 8.925 litros de agua esterilizada para obtener la concentración deseada.

La extracción de la solución que va a utilizarse como inductora se realiza en un tanque separado, una vez por semana.

$$1500 \text{ g ACG} \cdot \frac{100 \text{ g palo verde}}{7,8 \text{ g ACG}} \cdot \frac{1}{0,985} = 19.524 \text{ g palo verde} = 19,6 \text{ Kg palo verde}$$

$$19,6 \text{ Kg materia seca} \cdot \frac{100 \text{ Kg. materia húmeda}}{39 \text{ Kg. materia seca}} = 50,1 \text{ Kg. materia húmeda}$$

Para cada carga de solución inductora se alimentan al reactor de extracción 50,1 Kg. de materia prima.

La solución inductora se alimenta al reactor luego de que transcurrieron 5 días del proceso de fermentación.

Por otra parte, en la etapa de extracción es necesario mantener una agitación continua durante el proceso de extracción sólido-líquido de 100 r.p.m. Se utiliza un agitador de paletas.

El volumen de la cámara de mezcla corresponde a  $3,05 \text{ m}^3$ . La misma se encuentra aislada debido a la temperatura de la corriente de solución inductora.

Dimensiones Tanque de dilución (Solución Inductora)	
H (m)	2,04
D (m)	1,36
h(m)	0,34
Altura total (m)	2,72

Tabla 1

Es necesario almacenar la solución inductora hasta su utilización a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ . En un primer momento se determina la temperatura a la que abandona la cámara de mezcla de la dilución. Luego se determina en caudal de refrigerante necesario para disminuir su temperatura hasta los  $4^{\circ}\text{C}$ .

$$m_1 \cdot h_1 + m_2 \cdot h_2 = (m_1 + m_2) \cdot h_3$$

Datos Solución de proceso	
<b>m<sub>1</sub> (Kg)</b>	769,25
<b>m<sub>2</sub> (Kg)</b>	2231,25
<b>h<sub>1</sub> (kJ/Kg)</b>	376,6
<b>h<sub>2</sub> (kJ/Kg) (25°C)</b>	121,46

Tabla 2

**Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones**

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m <sup>3</sup> / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg , K	
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.
		v <sub>f</sub> x 10 <sup>3</sup>	v <sub>g</sub>	u <sub>f</sub>	u <sub>g</sub>	h <sub>f</sub>	h <sub>fg</sub>	h <sub>g</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>g</sub>
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	622,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565

Tabla 3

Resulta  $h_3 = 186,89 \frac{kJ}{kg}$ , con lo cual la temperatura de salida de la mezcla resulta de 43°C.

Sabiendo esto se determina la cantidad de refrigerante necesaria para el proceso.

Datos Solución de proceso	
<b>Caudal (Kg/h)</b>	3000,5
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1
<b>Cp (kJ/Kg.K)</b>	4,128
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	43
<b>Temperatura de salida (°C)</b>	4
<b>Q (Kj/h)</b>	483.056,49

Tabla 4

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 5

El caudal de refrigerante necesario para llevar a cabo el proceso es de  $3.116,49 \frac{Kg}{h}$ .

### **Filtración**

Entre la primera y la segunda etapa de la extracción se realiza un filtrado. Se utiliza un filtro de tipo prensa. El medio filtrante utilizado es la fibra de polipropileno, el cual presenta buenas características de resistencia a la abrasión, a los ácidos, y la temperatura máxima de trabajo (120°C) es adecuada para el servicio que se realiza (la solución a filtrar se encuentra a 90°C). Además resulta un material económico comparado con otras fibras.

TABLE 18-10 Characteristics of Filter-Fabric Materials\*

Generic name and description	Breaking tenacity, g/denier	Abrasion resistance	Resistance to acids	Resistance to alkalis	Resistance to oxidizing agents	Resistance to solvents	Specific gravity	Maximum operating temperature, °F†
Acetate—cellulose acetate. When not less than 92% of the hydroxyl groups are acetylated, "triacetate" may be used as a generic description.	1.2–1.5	G	F	P	G	G	1.33	210
Acrylic—any long-chain synthetic polymer composed of at least 85% by weight of acrylonitrile units.	2.0–4.8	G	G	F	G	E	1.18	300
Class—fiber-forming substance is glass.	3.0–7.2	P	E	P	E	E	2.54	600
Metallic—composed of metal, metal-coated plastic, plastic-coated metal, or a core completely covered by metal.	—	G						
Modacrylic—fiber-forming substance is any long-chain synthetic polymer composed of less than 85% but at least 35% by weight of acrylonitrile units.	2.5–3.0	G	G	G	G	G	1.30	180
Nylon—any long-chain synthetic polyamide having recurring amide groups as an integral part of the polymer chain.	3.8–9.2	E	F–P	G	F–P	G	1.14	225
Polyester—any long-chain synthetic polymer composed of at least 85% by weight of an ester of a dihydric alcohol and terephthalic acid ( $p$ -HOOC—C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> —COOH).	2.2–7.8	E–C	G	C–F	G	G	1.38	300
Polyethylene—long-chain synthetic polymer composed of at least 85% weight of ethylene.	1.0–7.0	G	G	G	F	G	0.92	165‡
Polypropylene—long-chain synthetic polymer composed of at least 85% by weight of propylene.	4.8–8.5	C	E	E	C	C	0.90	250§
Cotton—natural fibers.	3.3–6.4	G	P	F	G	E–C	1.55	210
Fluorocarbon—long-chain synthetic polymer composed of tetrafluoroethylene units.	1.0–2.0	F	E	E	E	C	2.30	550¶

Figura 1

El tiempo de filtrado es de una hora, a lo que se suma otra hora en la preparación y limpieza del filtro.

La operación de filtrado se realiza por lotes, manejando un volumen de filtrado de 10.162,43 litros, con 500 Kg de sólidos. (Las dimensiones del filtro se incluyen en la sección de "Diseño de Equipos").

Por otra parte, luego de que se realizan las dos etapas de extracción, el sólido es tratado en un filtro prensa hasta llegar a un cierto contenido de humedad (4%), para su posterior venta. La cantidad de sólido de la cual se dispone es

$$6.000.000 \frac{g \text{ materia seca}}{día} \cdot \frac{7,8 g \text{ ACG}}{100 g \text{ Palo Verde}} \cdot 0,985 = 475.126,9 \frac{g \text{ ACG}}{día}$$

Este valor corresponde a la cantidad de Ácido Clorogénico que se obtiene en el proceso de extracción sólido-líquido. Restando este valor a la cantidad de materia prima utilizada por día se obtiene el residuo sólido generado por día, que es igual a 5,52 Toneladas.

La presión utilizada en ambos casos para realizar la filtración es de  $3 \frac{Kg}{cm^2}$ .



Figura 2

### **Evaporación**

El objetivo de esta etapa es aumentar la concentración de ACG en la solución (de  $1,95 \frac{g}{l}$  a  $20 \frac{g}{l}$ ), para poder ser utilizada en el reactor de lecho. Se utiliza como fluido calefactor para producir la evaporación del solvente Vapor Saturado a 2,5 bares. Dicho fluido entrega su calor latente en el quipo y lo abandona a la misma temperatura.

Balances:

$$masa_{inicial} = masa_{concentrado} + masa_{evaporada}$$

$$masa_{inicial} \cdot X_{inicial} = masa_{concentrado} \cdot X_{concentrado}$$

En cuanto al consumo de vapor, como la solución ingresa por debajo de la temperatura de ebullición del solvente, es necesario primero elevar dicha temperatura para que se produzca la evaporación. Se trata una caudal de  $10.162,43 \frac{\text{litros}}{\text{h}}$ , dividido en dos equipos, a fin de que tengan una dimensión menor.

Datos Solución de proceso	
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (Kj/Kg.K)	4,128
Concentración inicial (g/l)	1,95
Concentración final (g/l)	20
Caudal inicial (l/h)	5.081,215
Masa inicial (Kg/h)	5.081,215
Masa concentrado (Kg/h)	508,12
Masa evaporada (Kg/h)	4.573,09
Fracción másica inicial	0,0019
Fracción másica final	0,019
Calor vaporización (kJ/Kg)	2.257
Temperatura de entrada (°C)	90
Temperatura de salida (°C)	100
Q (Kj/h)	10.531.224,58

Tabla 6

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 7

El caudal de vapor utilizado es de  $4.829,5 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$  (en cada equipo).

### **Solución de Ácido Clorogénico (20 g/l): Almacenaje**

La solución concentrada que se obtiene es almacenada para luego utilizarse en el proceso. Se utilizan tanques de acero inoxidable AISI 316. Para poder ser almacenada es necesario disminuir su temperatura hasta 4°C, para asegurar la estabilidad del Ácido Clorogénico por largos períodos de tiempo. La solución concentrada que sale del evaporador es previamente tratada en un Intercambiador de Calor, donde su temperatura se reduce de 100°C a 50°C, con el objetivo de disminuir el salto térmico a realizarse en cada equipo. Luego

se enfría hasta los 4°C para ser almacenada. Se utiliza como fluido refrigerante propilenglicol-agua (30%).

El caudal de refrigerante necesario se calcula de la siguiente manera:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Donde “Q” representa la energía térmica intercambiada, “m” el caudal másico de la corriente a tratar; “Cp” el calor específico de la corriente a tratar y “ΔT” el salto de temperatura que debe lograrse. Sabiendo “Q” se puede aplicar la misma ecuación (utilizando las propiedades del refrigerante) para averiguar el caudal necesario.

Por otra parte, el caudal a tratar se divide a la mitad, y se utilizan dos intercambiadores de calor.

### 1º Etapa:

Datos Solución de proceso	
Caudal (Kg/h)	508,12
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	100
Temperatura de salida (°C)	50
Q (Kj/h)	104.876,27

Tabla 8

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 9

El caudal de refrigerante necesario para llevar a cabo el proceso es de  $676,62 \frac{Kg}{h}$  (para cada equipo).



**2º Etapa:**

Datos Solución de proceso	
Caudal (Kg/h)	508,12
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	50
Temperatura de salida (°C)	4
Q (kJ/h)	96.486,17

Tabla 10

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 11

El caudal de refrigerante necesario para llevar a cabo el proceso es de  $622,49 \frac{Kg}{h}$  (para cada equipo).

**Solución de Ácido Clorogénico (20 g/l): Calentamiento**

Previo a la utilización de la solución de Ácido Clorogénico en el reactor de lecho, es necesario elevar su temperatura a la temperatura de proceso, que corresponde a 50°C. Se utiliza un intercambiador de calor. Se utiliza como fluido calefactor vapor saturado a 2,5 bar.

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	1.090,38
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	4
Temperatura de salida (°C)	50
Q (Kj/h)	207.050,07

Tabla 12

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 13

El caudal de fluido calefactor necesario para llevar a cabo el proceso es de  $94,95 \frac{Kg}{h}$ .

### **Reactor de lecho**

En este equipo se produce la hidrólisis enzimática del Ácido Clorogénico y la producción de Ácido Caféico y Quínico. Se trata de un reactor multitubular, en el cual por el interior de los tubos circula la solución de proceso atravesando el lecho formado por las partículas catalíticas (el diseño del reactor de lecho se encuentra en el apartado de “Diseño de equipos”). Como se trata de una reacción endotérmica, se hace circular por la coraza del reactor un fluido calefactor para que la temperatura no disminuya demasiado y se mantenga en el rango de la temperatura óptima de operación de la enzima, teniendo en cuenta también que la temperatura no debe ser muy elevada, ya que eso puede afectar la estabilidad de la enzima.

El caudal de solución de proceso alimentado al reactor es de  $1.090,38 \frac{l}{h}$ . El fluido calefactor utilizado es agua, la cual ingresa a una temperatura de  $60^{\circ}C$  y abandona el equipo a una temperatura de  $55^{\circ}C$ . El caudal de agua de calefacción alimentado al reactor es  $1.671,14 \frac{Kg}{h}$ .

### **Resina de Intercambio Aniónico**

Se utiliza para separar los Ácidos Caféico y Quínico, los cuales abandonan el reactor de lecho formando parte de la misma corriente. Su operación es semicontinua. Se cuenta con dos columnas en paralelo, de las cuales solo una interviene en el proceso, mientras que la restante se utiliza cuando es necesario regenerar la primera columna, pudiendo de esta forma darle continuidad al proceso.

En un primer momento se hace circular la solución que sale del reactor, quedando contenidos los productos. Luego se produce la elución de los mismos, empleando una solución de Cloruro de Sodio y agua de baja concentración para la el Ácido Quínico, y una solución de Etanol para el Ácido Caféico. La temperatura a la que ingresan los eluyentes es de  $25^{\circ}C$ . La concentración de Ácido Caféico y Quínico en sus soluciones es de  $20 \frac{g}{l}$ . El caudal de Etanol

necesario para alcanzar esa concentración es de  $554,5 \frac{l}{h}$ , mientras que en el caso de la solución de Cloruro de Sodio dicho caudal corresponde a  $591,5 \frac{l}{h}$ .

El agua que abandona la columna de intercambio contiene los iones intercambiados (es decir, iones  $\text{OH}^-$ ), y su caudal es igual al caudal de salida del reactor, es decir  $1.090,38 \frac{l}{h}$ .

La regeneración de la columna se lleva a cabo haciendo circular una solución de Hidróxido de Sodio 3%.

Sabiendo que la concentración de la solución de Cloruro de Sodio es 0,05 M, la cantidad de Cloruro de Sodio necesaria será:

$$0,05 \frac{\text{mol NaCl}}{l} \cdot 58,44 \frac{g}{\text{mol NaCl}} \cdot 591,5 \frac{l}{h} \cdot 24 \frac{h}{\text{dia}} \cdot 30 \frac{\text{día}}{\text{mes}} = 1.245 \frac{\text{Kg Na Cl}}{\text{mes}}$$

### **Evaporación**

Luego de que ambas corrientes abandonan la columna, son tratadas en evaporadores, a fin de aumentar la concentración y facilitar la operación del cristalizador. En ambos equipos el fluido calefactor utilizado es vapor saturado a 2,5 bares. El diseño de los evaporadores se encuentra en el apartado de "Diseño de equipos".

En ambos equipos se trabaja a presión atmosférica, sin aplicar vacío, ya que las temperaturas a las cuales se degradan los productos se encuentran alejadas de las temperaturas de ebullición de los solventes.

Asumiendo que los vapores generados (tanto de la solución de Cloruro de Sodio como de Etanol) no contienen solutos, se hacen circular por un condensador y luego se disminuye su temperatura para reingresar al proceso.

La energía entregada en ambos cosas corresponde a la necesaria para elevar su temperatura hasta la temperatura de ebullición ( $78,4^\circ\text{C}$  en el caso del Etanol y  $100^\circ\text{C}$  en el caso de la Solución de Cloruro de Sodio en agua), y la energía necesaria para que se produzca la evaporación.

Evaporación solución Etanol:

<b>Datos Solución de proceso</b>	
<b>Caudal (l/h)</b>	554,5
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,789
<b>Cp (j/g.K)</b>	2,44
<b>Concentración inicial (g/l)</b>	20
<b>Concentración final (g/l)</b>	50
<b>Masa inicial (Kg/h)</b>	437,5
<b>Masa concentrado (Kg/h)</b>	180,104
<b>Masa evaporada (Kg/h)</b>	257,396
<b>Fracción másica inicial</b>	0,0247
<b>Fracción másica final</b>	0,06
<b>Calor vaporización (kJ/Kg)</b>	841
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	25
<b>Temperatura de salida (°C)</b>	78,4
<b>Q (kJ/h)</b>	273.474,70

Tabla 14

<b>Datos Fluido Calefactor</b>	
<b>Calor latente vapor (kJ/Kg)</b>	2.180,6
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	121,6
<b>Temperatura de salida (°C)</b>	121,6

Tabla 15

El caudal de vapor utilizado es  $125,41 \frac{Kg}{h}$ .

Evaporación solución de Cloruro de Sodio:

<b>Datos Solución de proceso</b>	
<b>Caudal (l/h)</b>	591,5
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1
<b>Cp (kJ/Kg.K)</b>	4,128
<b>Concentración inicial (g/l)</b>	20
<b>Concentración final (g/l)</b>	50
<b>masa inicial (Kg/h)</b>	591,5
<b>masa concentrado (Kg/h)</b>	224,77
<b>masa evaporada (Kg/h)</b>	366,73
<b>Fracción másica inicial</b>	0,019
<b>Fracción másica final</b>	0,05
<b>Calor vaporización (kJ/Kg)</b>	2.257
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	25

<b>Temperatura de salida (°C)</b>	100
<b>Q (Kj/h)</b>	1.010.838,01

Tabla 16

<b>Datos Fluido Calefactor</b>	
<b>Calor latente vapor (kJ/Kg)</b>	2.180,6
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	121,6
<b>Temperatura de salida (°C)</b>	121,6

Tabla 17

El consumo de vapor es de  $463,55 \frac{Kg}{h}$ .

### Cristalización

La solución concentrada que se obtiene se hace circular a través de un cristizador para lograr la separación entre el soluto (obtenido de forma sólida) y el líquido (se evapora). Como en ambos casos la solución de alimentación ya se encuentra a la temperatura de ebullición del solvente, solo es necesario entregar el calor latente a la solución para que se produzca la evaporación. Se utiliza como fluido calefactor vapor saturado a 2,5 bares. El sólido abandona el cristizador con un 20% de contenido de solvente.

#### Cristalizador Ácido Caféico:

<b>Datos Solución de proceso</b>	
<b>Masa inicial (Kg/h)</b>	180,104
<b>Calor vaporización (kJ/Kg)</b>	841
<b>Q (kJ/h)</b>	151.467,77

Tabla 18

<b>Datos Fluido Calefactor</b>	
<b>Calor latente vapor (kJ/Kg)</b>	2.180,6
<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	121,6
<b>Temperatura de salida (°C)</b>	121,6

Tabla 19

El consumo de vapor es de  $69,46 \frac{Kg}{h}$ .

Cristalizador Ácido Quínico:

Datos Solución de proceso	
Masa inicial (Kg/h)	224,77
Calor vaporización (kJ/Kg)	2.257
Q (kJ/h)	507.305,89

Tabla 20

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 21

El consumo de vapor es de  $232,64 \frac{Kg}{h}$ .

Condensación

Los vapores que abandonan tanto los evaporadores como los cristalizadores son condensados para poder recircularse al proceso. El refrigerante utilizado será propilenglicol-agua (30%). En este equipo solo se produce la condensación de los vapores, sin cambio de temperatura.

Condensador Etanol:

El caudal que se trata en el condensador es la suma del caudal de vapor que se genera en el evaporador ( $291,66 \frac{Kg}{h}$ ) y el que se genera en el cristalizador ( $145,83 \frac{Kg}{h}$ ). A ese valor se le resta el Etanol que acompaña al Ácido Caféico que abandona el Cristalizador ( $2,218 \frac{Kg}{h}$ , como se verá más adelante).

Datos Solución de proceso	
Masa inicial (Kg/h)	435,28
Calor vaporización (kJ/Kg)	841
Temperatura de entrada (°C)	78,4
Temperatura de salida (°C)	78,4
Q (Kj/h)	366.072,58

Tabla 22

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 23

El caudal de refrigerante necesario para llevar a cabo el proceso es de  $2.361,65 \frac{Kg}{h}$ .

Además, es necesario que el Etanol se encuentre a 25°C para poder ser reutilizado en el proceso. Por esta razón se utiliza un intercambiador de calor para reducir su temperatura, utilizando agua a 20°C como refrigerante.

Datos Solución de proceso	
Caudal (Kg/h)	435,28
Cp (kJ/Kg.K)	2,44
Temperatura de entrada (°C)	78,4
Temperatura de salida (°C)	25
Q (kJ/h)	56.715,56

Tabla 24

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	20
Temperatura de salida (°C)	35

Tabla 25

El caudal de refrigerante utilizado es de  $915,94 \frac{Kg}{h}$ .

### **Secadero**

Los sólidos que abandonan el cristalizador contienen un cierto porcentaje de humedad, que es necesario eliminar antes de que sean empacados. Se utiliza aire caliente a 40°C. El aire tomado del ambiente se acondiciona para cumplir con las necesidades del proceso. Los sólidos ingresan al equipo de secado con una humedad de 20%, la cual es removida en su totalidad en esta operación.

Secado Ácido Quínico

Se utiliza para el secado aire caliente. El aire se toma del ambiente y se acondiciona para las necesidades del proceso. Se toma el aire de entrada a 30°C y 70% de humedad relativa (condiciones en verano, serían las peores condiciones de proceso debido al elevado porcentaje de humedad). La evolución del aire en el proceso representada en un diagrama psicrométrico resulta:

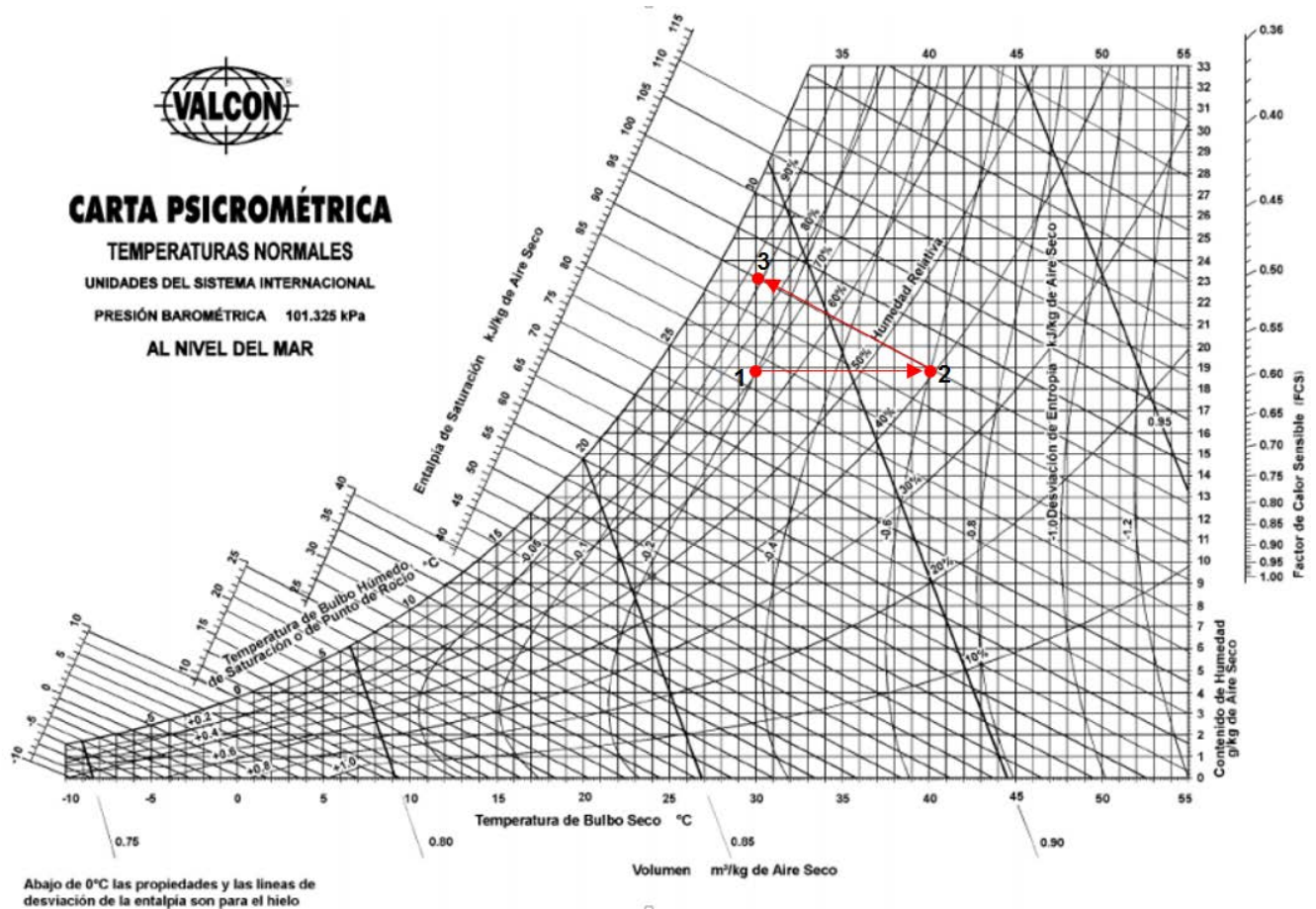


Figura 3



	Estado 1	Estado 2	Estado 3
Temperatura (°C)	30	40	30
Humedad Relativa (%)	70	42	85
Humedad Absoluta(Kg agua/Kg aire seco)	0,0192	0,0192	0,0238

Tabla 26

Es necesario secar  $11,83 \frac{Kg}{h}$  de Ácido Quínico, con 20% de agua. Por lo tanto, la masa de aire necesaria será:

$$m_{\text{aire}} = \frac{2,36 \frac{Kg \text{ agua}}{h}}{(0,0238 - 0,0192) \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ aire seco}}} = 514,34 \frac{Kg \text{ aire seco}}{h}$$

Sabiendo que la densidad del aire a esta temperatura es de  $1,164 \frac{Kg}{m^3}$ , resulta un volumen de aire de  $441,87 \frac{m^3}{h}$ .

En cuanto a la energía que es necesario entregar al aire:

$$Q = (90 - 78) \frac{KJ}{Kg \text{ aire seco}} \cdot 514,34 \frac{Kg \text{ aire seco}}{h}$$

Es necesario entregar  $6.172,08 \frac{KJ}{h}$ .

### Secado Ácido Caféico

Para realizar los cálculos del secado del Ácido Caféico es necesario tener en cuenta que no debe alcanzarse el valor de concentración que corresponde al límite inferior de inflamabilidad de Etanol en el Aire (corresponde a la concentración mínima por debajo de la cual no existe propagación de la llama ante un contacto con una fuente de ignición). En el caso de Etanol, este valor corresponde a  $70 \frac{mg \text{ de Etanol}}{\text{litro de aire}}$ . Como medida de seguridad se trabajará con la mitad de ese valor.

Las condiciones de entrada del aire al secadero son las mismas que para el secado de Ácido Quínico.

Sabiendo que ingresan al secadero  $11,09 \frac{Kg}{h}$  de Ácido Caféico con un 20% de contenido de humedad, es decir  $2,218 \frac{Kg}{h}$  de Etanol:

$$\frac{l \text{ aire}}{35 \text{ mg Etanol}} \cdot 1.000 \frac{mg}{g} \cdot 1.000 \frac{g}{Kg} \cdot 2,218 \frac{Kg \text{ Etanol}}{h} = 63.371,42 \frac{l}{h}$$

Se necesita un caudal de  $63,37 \frac{m^3}{h}$  de aire, que equivalen a  $73,76 \frac{Kg}{h}$ . El contenido de Etanol en el aire corresponde a  $0,03 \frac{Kg. \text{etanol}}{Kg. \text{aire}}$ .

ETHANOL-AIR SYSTEM

1.00 atm pressure

Enthalpy datum : liquid ethanol 0.0°C, 0.0157 atm  
dry air 0.0°C, 1.00 atm

To obtain true enthalpy add enthalpy deviation to enthalpy at saturation

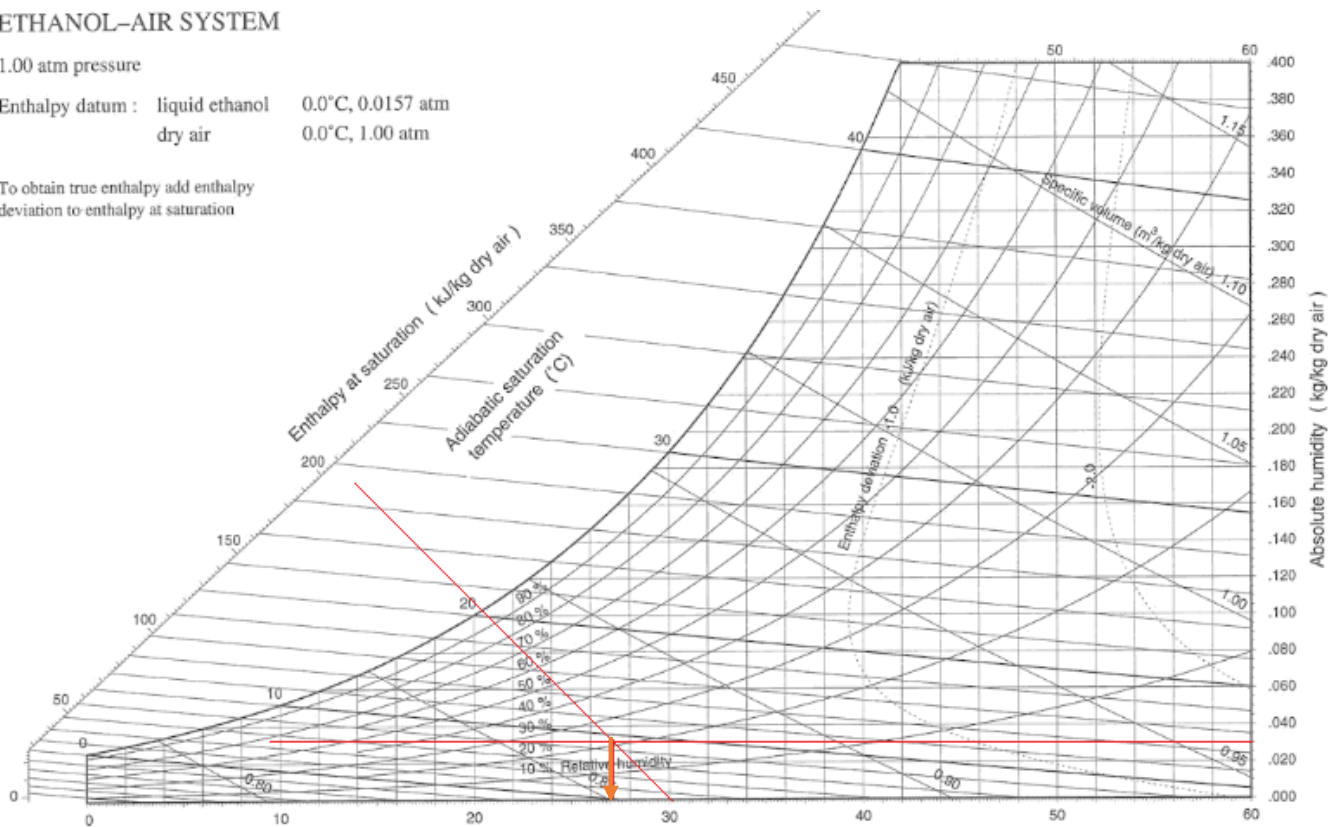


Figura 4

El producto que ingresa al secadero es el que abandona el cristizador, y lo hace a la temperatura de ebullición del Etanol. Por lo tanto, la energía que debe recibir la masa de Etanol

para que se produzca la evaporación corresponde al calor latente de evaporación. La temperatura de salida del aire corresponde a 27°C.

Luego de que el aire abandona el equipo, el mismo pasa a través de una columna de absorción, en la cual se produce la separación del Etanol que contiene.

### **Purificación del Ácido Quínico**

A medida que el solvente se va evaporando para que se produzca la cristalización del Ácido Quínico (AQ), se produce también la cristalización del Cloruro de Sodio, utilizado en la solución eluyente, el cual acompañará al producto como una impureza.

$$591,5 \frac{l}{h} \cdot 0,05 \frac{mol NaCl}{l} \cdot 58,44 \frac{g NaCl}{mol NaCl} \cdot \frac{Kg}{1.000 g} = 1,72 \frac{Kg NaCl}{h}$$

Sabiendo que se producen  $11,83 \frac{Kg AQ}{h}$ .

$$\frac{1,72 \frac{Kg NaCl}{h}}{11,83 \frac{Kg AQ}{h} + 1,72 \frac{Kg NaCl}{h}} = 12,66\%$$

Es decir el producto tendría una pureza menor a 88%, lo cual resulta inaceptable para las especificaciones del mismo (pureza mayor del 98%).

Para purificar el producto se utiliza la diferencia de solubilidad de ambos compuestos en el Etanol: en el caso del Cloruro de Sodio cuenta con una solubilidad de  $0,515 \frac{g}{l}$  a 25°C, mientras que el Ácido Quínico cuenta con una solubilidad de  $48,33 \frac{g}{l}$ .

$$\frac{0,515 \frac{g NaCl}{l}}{48,33 \frac{g AQ}{l} + 0,515 \frac{g NaCl}{l}} = 1,04\%$$

Cumple con la condición de pureza.

Para realizar la dilución se utilizan  $244,77 \frac{l}{h}$  de Etanol. Precipitan 1,593 Kg del Cloruro de Sodio que contenía el producto antes del tratamiento. Este compuesto puede secarse y volver

a utilizarse en el proceso. Para la separación del Cloruro de Sodio precipitado se realiza una filtración.

En cuanto al Ácido Quínico se realiza la cristalización y posterior secado. En el cristizador se intercambia tanto calor sensible como calor latente, ya que la mezcla ingresa a una temperatura menor a la temperatura de ebullición del Etanol. El fluido calefactor utilizado es vapor saturado a 2,5 bares, que entrega calor latente.

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	244,77
Calor vaporización (kJ/Kg)	841
Densidad etanol (g/cm <sup>3</sup> )	0,789
Temperatura entrada (°C)	25
Temperatura salida (°C)	78,4
Cp etanol (kJ/Kg.K)	2,44
Q (kJ/h)	187.580,11

Tabla 27

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 28

El caudal de fluido calefactor necesario es  $86,02 \frac{Kg}{h}$ .

Luego se procede al secado del Ácido Quínico. Al igual que en el paso anterior, se utiliza un túnel de secado.

Se lleva adelante en este caso el mismo análisis efectuado para el secado del Ácido Caféico. Es necesario secar  $11,83 \frac{Kg}{h}$  de Ácido Quínico, con  $2,36 \frac{Kg}{h}$  de Etanol. Por lo tanto, la masa de aire necesaria será:

$$\frac{l \text{ aire}}{35 \text{ mg Etanol}} \cdot 1.000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \cdot 1.000 \frac{\text{g}}{\text{Kg}} \cdot 2,36 \frac{\text{Kg Etanol}}{\text{h}} = 67.428,57 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Se necesita un caudal de  $67,42 \frac{m^3}{h}$  de aire, que equivale a  $78,48 \frac{Kg}{h}$ . El contenido de Etanol en el aire corresponde a  $0,03 \frac{Kg.etanol}{Kg.aire}$ .

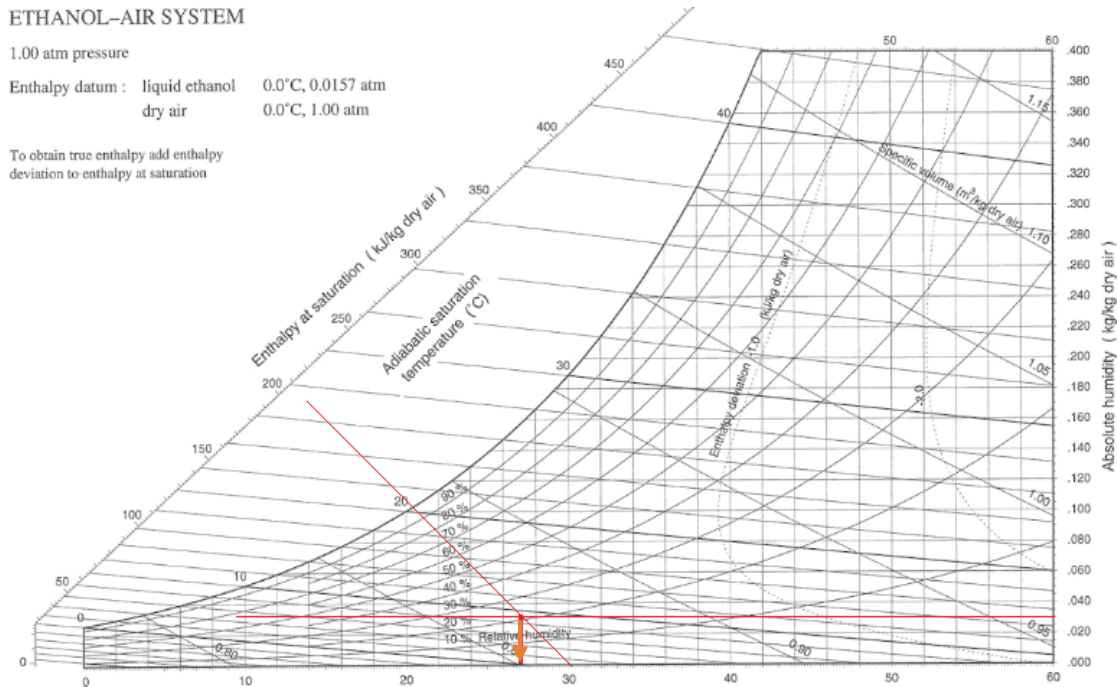


Figura 5

El producto que ingresa al secadero es el que abandona el cristizador, y lo hace a la temperatura de ebullición del Etanol. Por lo tanto, la energía que debe recibir la masa de Etanol para que se produzca la evaporación corresponde al calor latente de evaporación. La temperatura de salida del aire corresponde a 27°C.

Luego de que el aire abandona el equipo, el mismo pasa a través de una columna de absorción, en la cual se produce la separación del Etanol que contiene.

El etanol evaporado se condensa, utilizando como refrigerante Etilenglicol-agua 30%.

Datos Solución de proceso	
Masa inicial (Kg/h)	190,76
Calor vaporización (kJ/Kg)	841
Temperatura de entrada (°C)	78,4
Temperatura de salida (°C)	78,4
Q (kJ/h)	160.432,12

Tabla 29

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 30

El caudal de refrigerante necesario para llevar a cabo el proceso es  $1.035,04 \frac{Kg}{h}$ .

Además, es necesario que el Etanol se encuentre a 25°C para poder ser reutilizado en el proceso. Por esta razón se utiliza un intercambiador de calor para reducir su temperatura, utilizando agua a 20°C como refrigerante.

Datos Solución de proceso	
Caudal (Kg/h)	190,76
Cp (kJ/Kg.K)	2,44
Temperatura de entrada (°C)	78,4
Temperatura de salida (°C)	25
Q (kJ/h)	24.855,72

Tabla 31

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	20
Temperatura de salida (°C)	35

Tabla 32

El caudal de refrigerante utilizado es de  $401,41 \frac{Kg}{h}$ .

Por otra parte, es necesario reponer el Etanol que se pierde durante la purificación.

### **Solución inductora: Calentamiento**

Previo a su alimentación al fermentador, la solución inductora se calienta hasta la temperatura de operación del mismo, la cual corresponde a 30°C. El proceso se lleva a cabo en una hora.

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	3.000
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	4
Temperatura de salida (°C)	30
Q (Kj/h)	321.984

Tabla 33

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 34

El caudal de fluido calefactor necesario para llevar a cabo el proceso es  $147,65 \frac{Kg}{h}$ .

### Fermentador

El fermentador se opera en forma semi-batch. En un principio se carga la biomasa proveniente de un prefermentador, luego de que se alcance una concentración determinada, que permita al microorganismo adaptarse a su nuevo entorno. Esta concentración corresponde a  $1 \frac{g}{l}$ . A su vez se carga el medio en el cual se desarrollará la biomasa, siendo la sacarosa la fuente de Carbono y energía. La fermentación se desarrolla durante 5 días, luego de los cuales se introduce la solución de Ácido Clorogénico ( $0,5 \frac{g}{l}$ ), que actúa como inductor en la producción de la enzima Clorogenato Hidrolasa, y la fermentación continúa por un día más.

Datos Fermentador	
Conc. Inicial células (g/l)	1
Conc. Inicial Sacarosa (g/l)	125
umax (1/h)	0,21
Ks (g/l)	0,005
kd (1/h)	0,004
m (1/h)	0,05
Yx/s	0,55
Yx/O <sub>2</sub>	1,1
Yp/x (U/g)	650

Tabla 35

Balance de Biomasa:  $\frac{dCc}{dt} = u_{max} \cdot \frac{Cs}{Ks+Cs} - kd \cdot Cc$

Siendo: “Cc” la concentración de biomasa; “Cs” la concentración de sustrato; “u<sub>max</sub>” la velocidad de reacción de crecimiento específica máxima; “Ks” la constante de Monod; “kd” la constante de muerte y “t” el tiempo.

Balance de Sustrato:  $\frac{dCs}{dt} = -\frac{Ys}{x} \cdot u_{max} \cdot \frac{Cs}{Ks+Cs} - m \cdot Cc$

Siendo: “Y<sub>s/x</sub>” el rendimiento del sustrato con respecto a la biomasa; “m” la constante de mantenimiento de la biomasa.

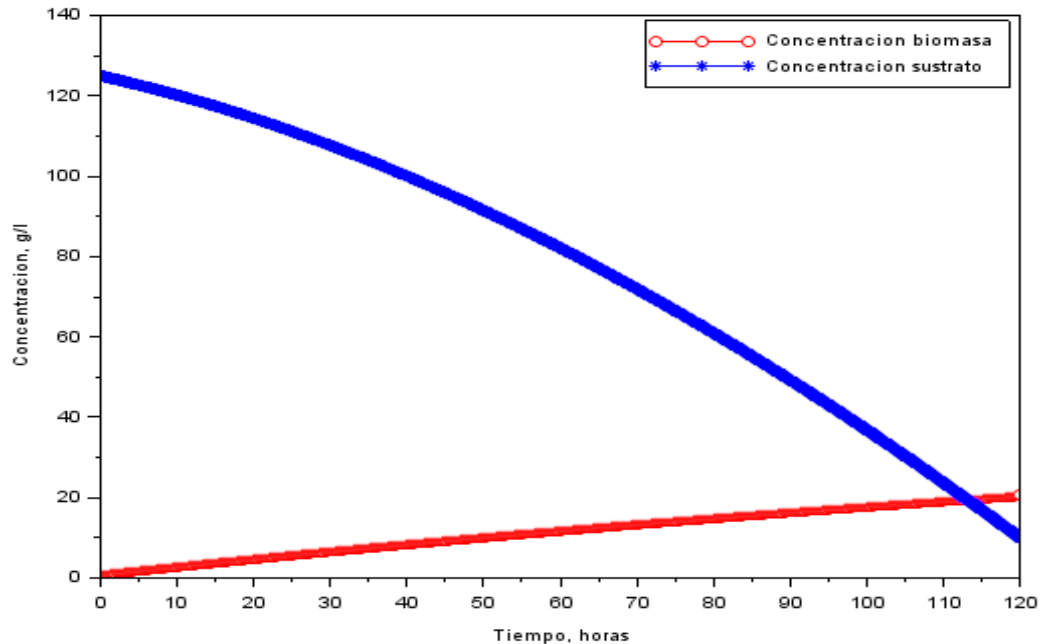


Figura 6

La cantidad de biomasa que se utiliza en el reactor de lecho se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\rho_b \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L = 0,051 \frac{\text{Kg de catalizador}}{\text{tubo}}$$

Sabiendo que  $\rho_b = 14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  es la densidad del lecho; L= 6 m. es la longitud de los tubos; D = 0,0278 m. es el diámetro interno de los tubos.



Teniendo en cuenta que el reactor cuenta con 275 tubos, para cada carga del reactor se necesitan 14,02 Kg. Por otra parte, como el reactor se carga tres veces por día (cada ciclo de trabajo dura 8 horas, luego la actividad de la enzima comienza a decaer), y se trabaja los 7 días de la semana, por lo tanto se realizan 21 cargas en la semana. Finalmente, se necesitan producir 295 Kg de biomasa.

Por otra parte, en cuanto a la aireación requerida, sabiendo que el rendimiento biomasa/oxígeno ( $Y_{X/O_2}$ ) es de 1,2, y sabiendo que la biomasa producida es de 295 Kg, se necesitarán 354 Kg de Oxígeno. Sabiendo que el Oxígeno constituye el 20% del aire, la masa de aire necesaria sería de 1.770 Kg, y teniendo en cuenta que la densidad del aire es de  $1,293 \frac{g}{l}$ , el volumen de aire necesario será de  $1.370 m^3$ . La aireación es introducida en el fermentador a través de orificios en el agitador, a la vez que el movimiento de las paletas genera una correcta distribución del aire que ingresa.

Además se debe mantener una buena agitación durante la fermentación. Se utiliza para esto un agitador de seis paletas (denominada “Rushton”). La velocidad de agitación es de 100 r.p.m.

Para calcular el volumen del fermentador en primer lugar se calcula en volumen del medio de fermentación antes de la inducción.

$$\frac{295.000 \text{ gr. biomasa}}{20 \frac{\text{gr. biomasa}}{l}} = 14.750 \text{ l} = 14,75 \text{ m}^3$$

El volumen del medio de fermentación antes de la inducción corresponde a  $14,75 m^3$ . Luego se introducen  $3 m^3$  de solución de inductor, con lo cual resulta un volumen de fermentador de  $18 m^3$  (las dimensiones se incluyen en la sección de “Diseño de equipos”).

En cuanto a los iones que se alimentan al fermentador para el crecimiento de los microorganismos:

- La sacarosa se alimenta en una concentración de  $125 \frac{g}{l}$ , por lo que sabiendo que durante cada fermentación se trabaja con un volumen de 14.750 litros, y se

realizan 4 fermentaciones por mes, da un total de sacarosa consumido de 7.375 Kg por mes. Sin embargo, se agrega al total el reactivo necesario para una fermentación adicional, ante cualquier problema que pueda presentarse. Finalmente, la cantidad de sacarosa necesaria es de 9.220 Kg por mes.

- El Nitrato de Sodio se alimenta en una concentración de  $10 \frac{g}{l}$ , por lo que sabiendo que durante cada fermentación se trabaja con un volumen de 14.750 litros, y se realizan 4 fermentaciones por mes, da un total de sacarosa consumido de 590 Kg por mes. Sin embargo, se agrega al total el reactivo necesario para una fermentación adicional, ante cualquier problema que pueda presentarse. Finalmente, la cantidad de sacarosa necesaria es de 738 Kg por mes.
- El fosfato ácido de Potasio se alimenta en una concentración de  $5 \frac{g}{l}$ , por lo que sabiendo que durante cada fermentación se trabaja con un volumen de 14.750 litros, y se realizan 4 fermentaciones por mes, da un total de sacarosa consumido de 295 Kg por mes. Sin embargo, se agrega al total el reactivo necesario para una fermentación adicional, ante cualquier problema que pueda presentarse. Finalmente, la cantidad de sacarosa necesaria es de 369 Kg por mes.
- El sulfato de Magnesio se alimenta en una concentración de  $5 \frac{g}{l}$ , por lo que sabiendo que durante cada fermentación se trabaja con un volumen de 14.750 litros, y se realizan 4 fermentaciones por mes, da un total de sacarosa consumido de 295 Kg por mes. Sin embargo, se agrega al total el reactivo necesario para una fermentación adicional, ante cualquier problema que pueda presentarse. Finalmente, la cantidad de sacarosa necesaria es de 369 Kg por mes.

### **Filtración**

Luego de la fermentación, es necesario separar la biomasa del medio de fermentación. Esto se logra a través de una centrífuga decantadora. El medio de fermentación puede recircularse hacia el fermentador, agregando los reactivos que sean necesarios, o bien hacia el prefermentador.



Figura 7

### Tratamiento térmico

El objetivo de esta etapa es lograr que la biomasa pierda su capacidad de crecimiento, pero que continúe actuando como un soporte natural para la enzima. Dicho tratamiento se aplica a la suspensión de biomasa obtenida luego del lavado a una temperatura de 55°C durante un tiempo de 60 minutos.

Se utiliza un tanque agitado que trabaja de forma discontinua, calefaccionado con una camisa por la cual circula agua a 60°C. Asimismo, por otro circuito se cuenta con la posibilidad de circular agua a 20°C, con el fin de disminuir la temperatura si se alcanzaran valores que pudieran afectar la integridad de la enzima, afectando el desarrollo de las etapas siguientes del proceso. Es necesario mantener un control estricto de temperatura en el interior del tanque (Las dimensiones del tanque se incluyen en la sección de “Diseño de Equipos”).

El primer paso de esta etapa es lograr que la temperatura de la suspensión alcance los 55°C, ya que para la suspensión se utiliza agua a 20°C.

Datos del Tratamiento Térmico	
Energía a transferir (kJ)	368.640,72
Volumen de suspensión (litros)	3.000
Densidad agua (kg/m <sup>3</sup> )	992,25
Cp (Kj/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	25
Temperatura final (°C)	55

Tabla 36

Dimensiones Tanque de Tratamiento Térmico	
H (m)	2,03
D (m)	1,35
h(m)	0,33
Altura total (m)	2,71

Tabla 37

### **Filtración**

Se utiliza un filtro centrífugo para separar la biomasa suspendida. El filtro utilizado es el mismo que se utilizaba para tratar la corriente que abandona el fermentador. La alimentación al filtro corresponde a 3.000 litros de suspensión que contienen la biomasa inviable. La parte líquida obtenida en esta operación se recircula y previa esterilización puede volver a utilizarse como agua de lavado, o en otra parte del proceso.

### **Formación del pellet de catalizador: tratamiento con Alginato de Sodio y Cloruro de Calcio**

Luego de que se realiza el tratamiento térmico en el cual la biomasa pierde su viabilidad y se realiza el proceso de liofilizado, se realiza un tratamiento con una solución de Alginato de Sodio y posteriormente con una solución de Cloruro de Calcio, para que luego el pellet de biomasa sea almacenado hasta su uso en el reactor de lecho fijo.

La biomasa que es producto de cada fermentación (295 Kg.) se trata con 2,95 m<sup>3</sup> de Solución 2% (p/p) de Alginato de Sodio. Sabiendo que se realizan cuatro fermentaciones por mes, el consumo de Alginato será de 295 Kg (se calcula la cantidad de Alginato necesaria para una fermentación extra).

En cuanto a la solución de Cloruro de Calcio, se utilizan 18 m<sup>3</sup> de Solución 0,5 M, con lo cual el consumo de Cloruro de Calcio es de

$$18.000 \text{ litros} \cdot 0,5 \frac{\text{Mol CaCl}_2}{\text{litro}} \cdot 110,98 \frac{\text{g}}{\text{mol CaCl}_2} \cdot \frac{\text{Kg}}{1000 \text{ g}} = 998,82 \text{ Kg CaCl}_2$$

Resulta un consumo de Cloruro de Calcio de 4.994,1 Kg por mes (se calcula la cantidad de Cloruro de Calcio para una fermentación extra).

### **Agua de ósmosis inversa: Condensación**

Con el objetivo de evitar un consumo excesivo del agua utilizada para la extracción, la misma se condensará luego de los procesos de evaporación y secado a los que está sometido el producto, para ser luego recirculada al proceso.

Durante las dos etapas de extracción el consumo de agua de ósmosis inversa es de 40.649,74 litros por cada extracción. El mayor caudal de vapor se produce en el evaporador que concentra la solución de salida del proceso de extracción sólido-líquido hasta 20  $\frac{\text{g}}{\text{l}}$  de Ácido Clorogénico, y corresponde a 4.573,09  $\frac{\text{Kg}}{\text{h}}$ , con lo cual se utiliza ese valor para el diseño de los equipos. El caudal se divide en dos equipos.

La corriente de vapor se encuentra a la temperatura de ebullición del fluido, por lo que la energía que se intercambia corresponde al calor latente de dicha corriente. Esta corriente se utiliza para intercambiar energía con otras corrientes del proceso hasta que se condensa, logrando de esta forma un mejor aprovechamiento de los recursos.

Luego es necesario disminuir la temperatura del agua hasta 90°C, para que pueda utilizarse nuevamente en el proceso. Se utiliza como refrigerante agua a 20°C:

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	2.286,54
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	55
Temperatura de salida (°C)	4
Q (kJ/h)	631.584

Tabla 38

Datos refrigerante	
Cp (kJ/Kg.K)	3,875
Temperatura de entrada (°C)	0
Temperatura de salida (°C)	40

Tabla 39

Se requieren  $1.524,36 \frac{Kg}{h}$  de agua de refrigeración para llevar adelante el proceso.

## **Bibliografía**

- “Termodinámica”, Yunus Çengel, Michael Boles, Séptima edición.
- “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos”, Eduardo Cao, Cuarta Edición.
- “Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas”, Scott Fogler, Tercera Edición.
- “Perry’s Chemical Engineer’s Handbook”, Séptima edición.
- “Process Heat Transfer”, D. Kern, International Student Edition.
- “Tabla de Propiedades termodinámicas del agua”, Marcelo Turchetti.
- <http://www.vaxasoftware.com>
- <http://materias.fi.uba.ar/>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Diseño de Equipos”**



# Índice

Diseño de equipos.....	Página 1
Evaporador.....	Página 2
Características y funcionamiento.....	Página 2
Cambio en la temperatura de ebullición.....	Página 4
Energía a transferir.....	Página 4
Cálculo del área de Transferencia.....	Página 5
Cálculo del coeficiente pelicular del lado coraza.....	Página 8
Cálculo del coeficiente pelicular lado tubos.....	Página 9
Cálculo del coeficiente global de transmisión (U).....	Página 10
Verificación temperatura de la pared.....	Página 11
Espesor tubos.....	Página 11
Espesor de la coraza.....	Página 13
Baffles.....	Página 15
Pérdida de carga por la coraza.....	Página 15
Tanque de almacenamiento.....	Página 18
Dimensionamiento del tanque.....	Página 19
Cálculo del Aislante.....	Página 22
Cálculo del “h” del aire.....	Página 23
Cálculo del “h” del agua.....	Página 24
Reactor de Lecho Fijo.....	Página 25

Características y operación.....	Página 25
Diseño.....	Página 28
Balance de masa.....	Página 28
Balance de Energía.....	Página 29
Balance de masa en función de la distancia a lo largo del reactor.....	Página 29
Balance de Energía en función de la distancia a lo largo del reactor.....	Página 29
Cálculo del coeficiente de transferencia global “U”.....	Página 30
Cálculo del coeficiente de transferencia pelicular del lecho.....	Página 30
Cálculo del coeficiente de transferencia pelicular de la coraza.....	Página 30
Balance de masa y Energía a través del reactor.....	Página 32
Baffles.....	Página 34
Espesor tubos.....	Página 35
Espesor de la coraza.....	Página 37
Pérdida de carga por el lado tubos.....	Página 38
Pérdida de carga a través de la coraza.....	Página 39
Equipos restantes: justificación.....	Página 41
Tratamiento térmico.....	Página 41
Secadero palo verde.....	Página 41
Depósito.....	Página 42
Intercambiadores de calor.....	Página 44
Tanque de mezcla para extracción.....	Página 54
Molinos.....	Página 56

Filtro prensa.....	Página 58
Columna de Intercambio Iónico.....	Página 59
Condensadores.....	Página 60
Evaporador.....	Página 62
Cristalizadores.....	Página 64
Secadero.....	Página 67
Centrífugas.....	Página 69
Tanques de almacenamiento.....	Página 71
Fermentador.....	Página 74
Calefacción de tanques por camisa: Ciclo cerrado.....	Página 76
Autoclaves.....	Página 79
Liofilización.....	Página 80
Almacenaje del catalizador.....	Página 81
Cinta Transportadora.....	Página 83
Envasadora.....	Página 83
Anexo: Diseño Sistema de Control.....	Página 86
Elementos del Sistema de Control.....	Página 87
Cañerías.....	Página 91
Válvula.....	Página 92
Bibliografía.....	Página 95

## **Diseño de equipos**

Se realizará el diseño de tres equipos que intervienen en el proceso productivo del Ácido Quínico y Caféico, dentro de los cuales se encuentran:

- El reactor de lecho fijo, en el cual se produce la reacción de hidrólisis del Ácido Clorogénico y la formación de Ácido Quínico y Caféico.
- El evaporador, que se utiliza para concentrar las corrientes que salen de la columna de intercambio, luego de abandonar el reactor de lecho fijo.
- Tanques de almacenamiento para la solución de Ácido Clorogénico con la que se alimenta el reactor de lecho fijo.

## **Evaporador**

El evaporador tiene como objetivo aumentar la concentración de la solución de Ácido Caféico y Quínico que abandonan la columna de intercambio iónico antes de que ingresen al Cristalizador, donde se produce la separación final. El objetivo es generar un ahorro energético en el Cristalizador, y aumentar su productividad.

Se realiza el diseño del evaporador correspondiente a la concentración de la solución de Ácido Caféico en Etanol.

Se utilizará un evaporador de película descendente, de simple efecto, operado en forma continua, en el cual el vapor circula por la coraza y la corriente de proceso circula por el interior de los tubos. El material de fabricación del evaporador es Acero Inoxidable AISI 316.

La concentración inicial de Ácido Caféico que ingresa al evaporador es de  $20 \frac{g}{l}$ . Si la producción de dicho ácido es de  $11.090 \frac{g}{h}$ , para alcanzar esa concentración se requiere un caudal de Etanol de  $554,5 \frac{litros}{h}$ .

La temperatura de entrada de la solución a tratar es de  $25^{\circ}C$ , y se utiliza vapor saturado a  $127,6^{\circ}C$  y 2,5 bares.

Es posible trabajar con vacío para evitar la descomposición del soluto. Sin embargo, la temperatura de ebullición del solvente ( $78,4^{\circ}C$ ) está muy alejada de la temperatura de descomposición del Ácido Caféico ( $225^{\circ}C$ ), por lo que se opta por trabajar a presión atmosférica.

### **Características y funcionamiento**

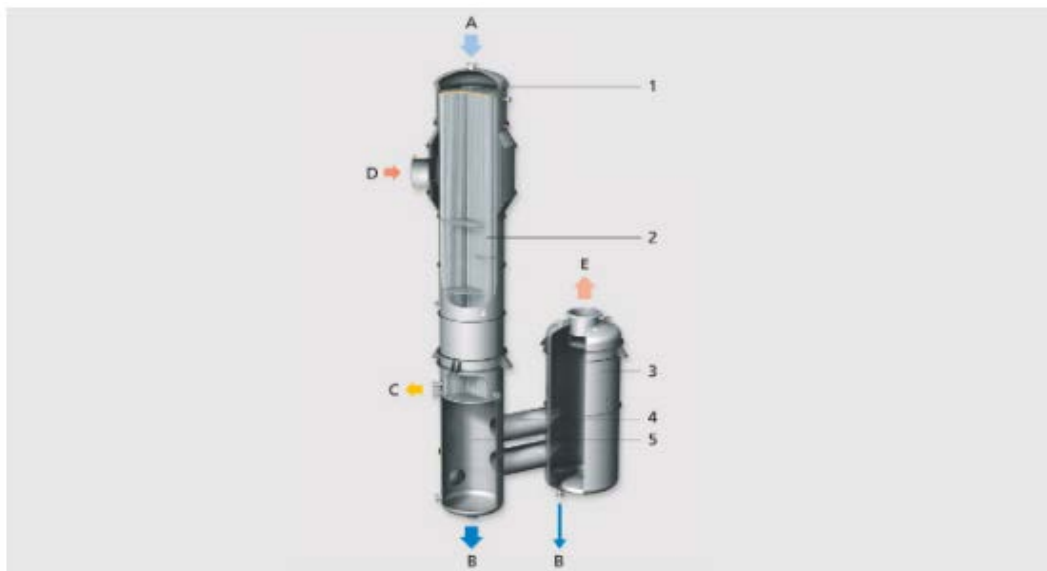
La corriente de proceso circula por el interior de los tubos y cae por acción de la gravedad, formando una capa delgada, y en contacto con la pared del tubo recibe energía del fluido calefactor que circula por la coraza, aumentando su temperatura. Es importante que esta capa se mantenga lo más delgada posible, para generar la menor resistencia al intercambio de

energía, debiendo evitarse la formación de incrustaciones. A su vez, el vapor que se va generando asciende dentro del tubo. El equipo opera en un régimen continuo.

A medida que los líquidos aumentan su temperatura, generalmente disminuye el valor de su viscosidad, logrando de esta forma una mayor velocidad de circulación de los mismos y por ende tiempos de residencia menores en el equipo, lo cual favorece la operación cuando se trabaja con compuestos termosensibles.



Debido a la temperatura del vapor que circula por coraza, es necesario recubrir el equipo con un aislamiento (se utiliza lana de vidrio), tanto para prevenir accidentes como para evitar la pérdida de energía al exterior, lo que disminuiría el rendimiento de la operación.



*A = Product, B = Concentrate, C = Condensate, D = Heating steam, E = vapor, 1 = Head, 2 = Calandria, 3 = Separator, 4 = Separator duct, 5 = Calandria base*

Figura 1

El equipo cuenta con cabezales toriesféricos. Además, a la entrada del equipo se encuentra un sistema que permite una correcta distribución del flujo entre cada uno de los tubos del haz, y que consiste en platos perforados posicionados sobre el haz de tubos.

### Cambio en la temperatura de ebullición

En un primer momento es necesario calcular el cambio que se produce en la temperatura de ebullición del líquido debido a la presencia de sustancias disueltas. El cambio en la temperatura de ebullición se determina de la siguiente forma:

$$\Delta T_{\text{ebullición}} = K_e \cdot m$$

Siendo “ $K_e$ ” la constante de ebullición (obtenida de la Tabla 1), que es propia de cada compuesto, y “ $m$ ” es la molalidad de la solución.

TABLA VI-2. Constante molal ebulloscópica,  $K_e$

	$K_e$		$K_e$
Agua	0,513	Etanol	1,20
Benceno	2,63	Tetracloruro de carbono	5,02
Metanol	0,83	Acetona	1,72
Cloroformo	3,85	Ácido acético	3,14

Tabla 1

En cuanto a la molalidad, se obtiene de la siguiente manera:

$$m = \frac{20 \text{ g AC}}{1 \text{ etanol}} \cdot \frac{\text{mol AC}}{180,16 \text{ g AC}} \cdot \frac{\text{cm}^3}{0,791 \text{ g etanol}} \cdot \frac{0,001 \text{ l}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{\text{Kg}}$$

$$m = \frac{0,14 \text{ mol AC}}{\text{Kg etanol}}$$

Entonces, resulta  $\Delta T_{\text{ebullición}} = 0,168 \text{ }^\circ\text{C}$ . Siendo un valor tan pequeño, se considera despreciable y se toma la temperatura de ebullición de la solución como la temperatura de ebullición del Etanol, es decir,  $78,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Energía a transferir

La energía que se le debe entregar a la corriente de proceso en el evaporador corresponde al calor sensible necesario para elevar la temperatura de la solución hasta la

temperatura de ebullición, y el calor latente necesario para la evaporación de una porción del etanol.

Balances:

$$masa_{inicial} = masa_{concentrado} + masa_{evaporada}$$

$$masa_{inicial} \cdot X_{inicial} = masa_{concentrado} \cdot X_{concentrado}$$

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	554,5
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,789
Cp (j/g.K)	2,44
Concentración inicial (g/l)	20
Concentración final (g/l)	50
Masa inicial (g/h)	437.500,5
Masa concentrado (g/h)	180.104,37
Masa evaporada (g/h)	257.396,12
Fracción másica inicial	0,0247
Fracción másica final	0,06
Calor vaporización (Kj/Kg)	841
Temperatura de entrada (°C)	25
Temperatura de salida (°C)	78,4
Q (Kj/h)	273.474,7

Tabla 2

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (KJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 3

Resulta un caudal de vapor de  $125,41 \frac{Kg}{h}$  (como se analizó en el capítulo de "Balance de Materia y Energía).

### Cálculo del área de Transferencia

Las propiedades del Etanol se evalúan a una temperatura media entre 78,4°C y 25°C. Se tomarán las propiedades del compuesto puro ya que se trata de una solución muy diluida.



Para realizar el cálculo, se necesita primero tomar un valor aproximado del coeficiente de transferencia global (U), el cual se obtiene de tablas (Tabla 4). Se toma  $U=200 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ .

Type of Evaporator	Overall U	
	W/m <sup>2</sup> · K	Btu/h · ft <sup>2</sup> · °F
Short-tube vertical, natural circulation	1100–2800	200–500
Horizontal-tube, natural circulation	1100–2800	200–500
Long-tube vertical, natural circulation	1100–4000	200–700
Long-tube vertical, forced circulation	2300–11 000	400–2000
Agitated film	680–2300	120–400

Tabla 4

Luego se define la diferencia de temperatura medio logarítmica como

$$\Delta T_{ml} (^\circ F) = \frac{(T_{vapor} - T_{entradasolución}) - (T_{vapor} - T_{salidasolución})}{\ln \frac{(T_{vapor} - T_{entradasolución})}{(T_{vapor} - T_{salidasolución})}}$$

Resulta  $\Delta T_{ml}(^\circ F)=130,46$  °F.

Finalmente, se calcula el área de transferencia

$$A = \frac{Q}{\Delta T_{ml} \cdot U}$$

Se obtiene un área de 9,93 ft<sup>2</sup>, que equivale a 0,92 m<sup>2</sup>.

Se toma un tubo de 3/4" de diámetro, como se indica en la tabla (Tabla 5):

APENDICE 23- Dimensiones de tubos según norma BWG

D <sub>o</sub> (")	BWG	D <sub>o</sub> (m)	D <sub>i</sub> (m)
1/2	12	0,0127	0,00716
	14	"	0,00848
	16	"	0,00940
	18	"	0,01020
	20	"	0,0109
3/4	10	0,0190	0,0122
	11	"	0,0129
	12	"	0,0135
	13	"	0,0142
	14	"	0,0148
	16	"	0,0153
	16	"	0,0157
	17	"	0,0161
	18	"	0,0165
1	8	0,0254	0,0170
	9	"	0,0178
	10	"	0,0185
	11	"	0,0193
	12	"	0,0198
	13	"	0,0205
	14	"	0,0211
	15	"	0,0217
	16	"	0,0221
	17	"	0,0224
	18	"	0,0229

Tabla 5

La longitud de cañería necesaria para la transferencia se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$L (m) = \frac{A (m^2)}{\pi \cdot D_{\text{externotubo}} (m)}$$

Resulta L = 15,47 m.

Se tomará un diseño de 16 tubos de 1 metro de longitud cada uno, con un arreglo triangular a 30°.

**Cálculo del coeficiente pelicular del lado coraza**

Se utiliza una correlación obtenida de “Transferencia de calor en Ingeniería de Procesos” (Eduardo Cao, página 253), la cual corresponde al valor del coeficiente de transferencia pelicular cuando se produce la condensación sobre un haz de tubos verticales:

$$h \cdot \left(\frac{\mu^2}{k^3 \cdot \rho^2 \cdot g}\right)^{1/3} = 1,47 \cdot \left(\frac{4 \cdot G'}{\mu}\right)^{-1/3}$$

Se define

$$Re = \frac{4 \cdot G'}{\mu}$$

$$G' = \frac{W_{vapor}}{D_{exterioritubo} \cdot \pi \cdot N_{tubos}}$$

Las propiedades se obtienen de tablas (Tabla 6):

**AGUA**

Temperatur °C	Densidad ρ (Kg/m³)	Calor específico cp J/Kg°C	Conductiv. térmica "k" W/m°C	Dif. térmica α · 10 <sup>6</sup> (m²/seg)	Visc. dinám. η · 10 <sup>6</sup> N.seg/m <sup>2</sup>	Visc. cinem. ν · 10 <sup>6</sup> (m²/seg)	Nº de Prandt Pr	$\frac{g \beta}{\nu^2} \cdot 10^{-9}$
0	999,9	4226	0,558	0,131	1794	1,789	13,7	
20	998,2	4182	0,597	0,143	1004	1,006	7,02	2,035
40	992,3	4178	0,633	0,151	653,0	0,658	4,34	8,833
60	983,2	4181	0,658	0,155	470,0	0,478	3,02	22,75
80	971,8	4194	0,673	0,165	353,7	0,364	2,22	46,68
100	958,4	4211	0,682	0,169	281,0	0,294	1,75	85,09
120	943,1	4245	0,685	0,171	233,0	0,247	1,45	
140	926,1	4279	0,687	0,172	198,2	0,214	1,24	
160	907,6	4338	0,682	0,173	171,5	0,189	1,10	
180	887,0	4413	0,678	0,172	153,5	0,173	1,00	
200	864,8	4501	0,665	0,170	129,0	0,160	0,94	517,2
220	840,5	4606	0,656	0,168	126,0	0,150	0,89	
240	812,2	4752	0,639	0,164	116,0	0,143	0,87	
260	784,0	4944	0,614	0,157	107,5	0,137	0,87	
280	750,8	5204	0,583	0,150	101,4	0,135	0,92	
300	712,5	6594	0,543	0,132	94,1	0,132	1,02	1766

Tabla 6

Dichas propiedades se evalúan a una temperatura media entre la temperatura de pared y la temperatura del vapor. Se supone una temperatura de pared de 90°C, la cual se podrá verificar más adelante. La temperatura a la que se evalúan las propiedades es de 105°C.

Datos	
Viscosidad vapor agua (kg/m.s)	0,000281
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	950
Conductividad térmica (W/m°C)	0,685

Tabla 7

Resulta  $h_{coraza}(\frac{W}{m^2.K}) = 2.388,05$ .

**Cálculo del coeficiente pelicular lado tubos**

Para realizar los cálculos se toman las propiedades del etanol puro, ya que se trata de una solución muy diluida. Dichas propiedades se evalúan a una temperatura media entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida.

Se calcula el factor “Γ”, que se utiliza posteriormente para definir el número de Reynolds:

$$\Gamma = \frac{\rho_{j1} g \delta_{j1}^3}{3 \cdot \nu_{j1}}$$

Siendo “ρ” la densidad “ν” la viscosidad cinématica del líquido, “g” la aceleración de la gravedad y “δ” el espesor de la película. En cuanto a este último dato, al no encontrar datos de bibliografía, se adoptó un valor intermedio entre los valores que toma en otros procesos industriales.

Datos	
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	772
Espesor de película (m)	0,0005748
Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)	0,000000906
Viscosidad etanol (g/cm.s)	0,007
Conductividad térmica etanol (w/m.k)	0,173
Calor específico etanol (j/g.K)	2,44
Re	3.020,689
Pr	9,872
$5800.Pr^{-1,06}$	512,058

Tabla 8

$$Re = 4.\Gamma / \mu_L$$

$$Pr = Cp.\mu_L / k_L$$

para  $Re < 5800.Pr^{-1,06}$

$$u = \frac{h_L}{k_L} \sqrt[3]{\frac{\mu_L^2}{\rho_L^2 \cdot g}} = 0,821.Re^{-0,22}$$

para  $Re > 5800.Pr^{-1,06}$

$$u = \frac{h_L}{k_L} \sqrt[3]{\frac{\mu_L^2}{\rho_L^2 \cdot g}} = 3,8.10^{-3} . Re^{0,4} . Pr^{0,65}$$

Utilizando la segunda correlación, se obtiene  $h_{tubos}(\frac{W}{m^2.K})=1.640,64$ .

### Cálculo del coeficiente global de transmisión (U)

Finalmente, se calcula el coeficiente de transferencia “U” tomando los coeficientes obtenidos anteriormente, y teniendo en cuenta factores de ensuciamiento para el vapor y el etanol que se obtienen de bibliografía:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{tubos}} + \frac{1}{h_{coraza}} + f_{etanol} + f_{vapor}$$

Resulta  $U(\frac{W}{m^2.K})=972,58$ .

Calculando nuevamente el área de transferencia se obtiene un valor de 1,239 m<sup>2</sup>. Se añade un 15% al valor del área obtenida, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, y se calcula nuevamente la geometría del banco de tubos.

Dimensiones	
Longitud (m)	20,77
Número de tubos	21
Longitud (m)	1

Se adopta un diámetro interno de coraza de 0,203 m (Cao, página 448), con un arreglo triangular de 30°, y una separación entre tubos de 1”.

### **Verificación temperatura de la pared**

La verificación de la temperatura de pared supuesta se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$Q = h \cdot (T - Tw) \cdot A$$

Siendo “Q” la energía intercambiada, “T” la temperatura a la que condensa el vapor, “Tw” la temperatura de pared, “A” el área de intercambio y “h” el coeficiente pelicular del fluido condensado. En función de los datos obtenidos anteriormente, resulta una temperatura de pared de 95,33°C. Si bien existe una diferencia con respecto a la temperatura planteada, las propiedades del fluido no varían sensiblemente en ese rango, por lo cual se acepta la suposición.

### **Espesor tubos**

Se determina en función de las normas ASME. En un primer momento se asume un espesor de tubos “t” (en este caso, 1,25 mm.), y se calculan las relaciones  $\frac{Do}{t}$  y  $\frac{L}{Do}$ , siendo “L” la longitud de los tubos y “Do” el diámetro exterior de los mismos. En este caso, esas relaciones corresponden a 15,2 y 52,63 respectivamente.

Con estos dos valores, se obtienen de tabla (Figura 2 y 3) los factores A y B.

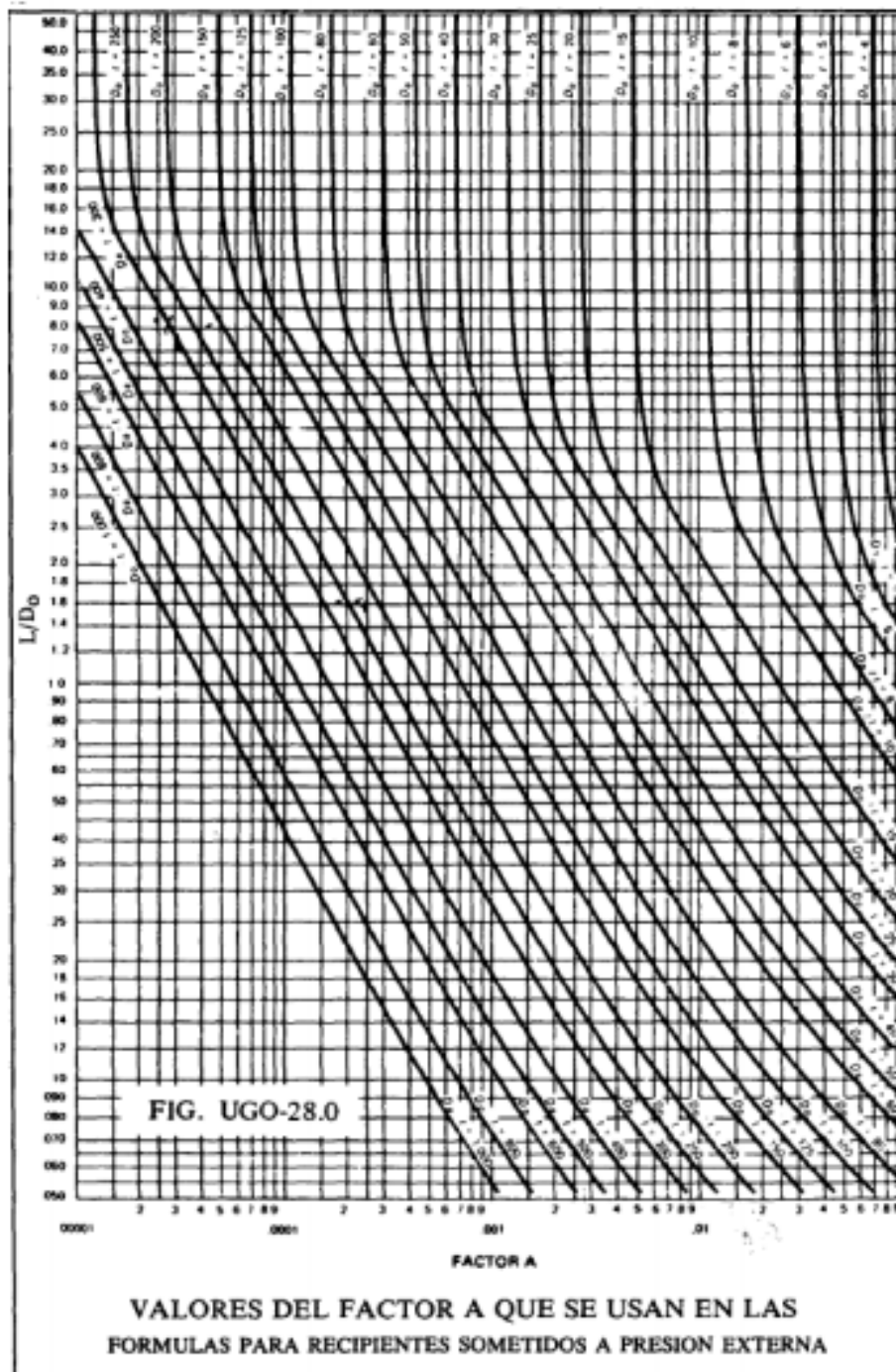
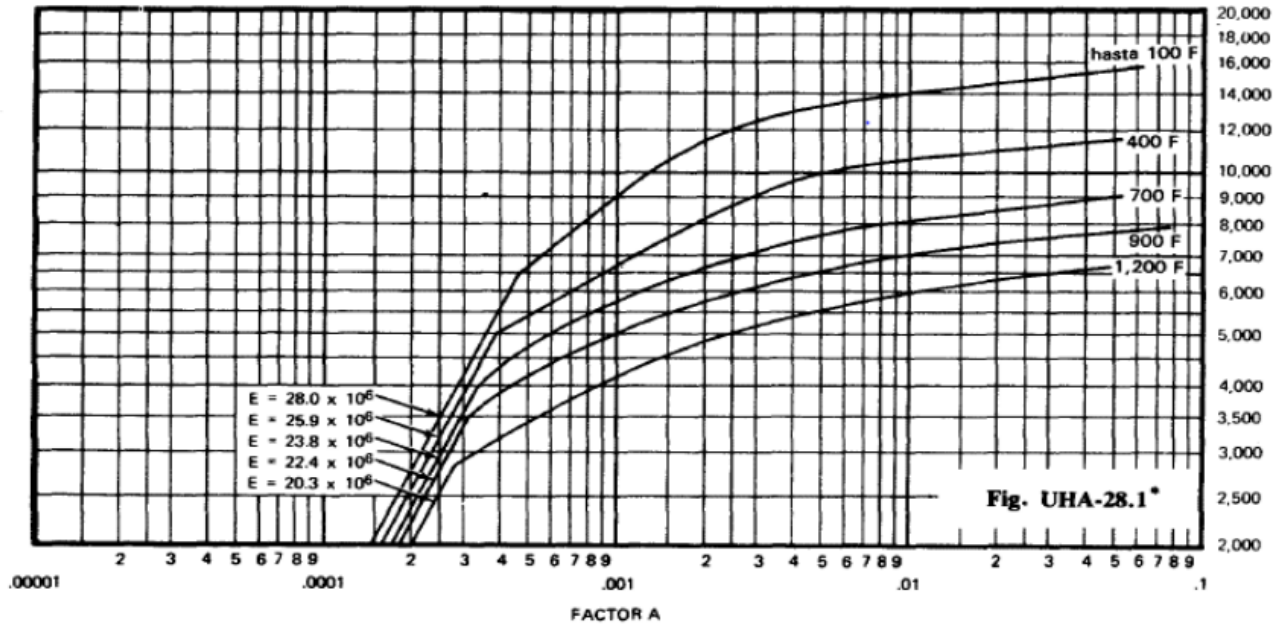


Figura 2



VALORES DEL FACTOR B  
QUE SE EMPLEAN EN LAS FORMULAS PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA

Figura 3

El factor A corresponde a 0,005, mientras que el factor B corresponde a 11.500, teniendo en cuenta la temperatura de trabajo en 250°F.

Como la relación entre el diámetro externo y espesor es un valor mayor a 10, la fórmula utilizada para calcular la presión admisible es

$$P_{ad} = \frac{4B}{3\left(\frac{D_{b,t,o}}{t_{b,t,min}}\right)}$$

La presión admisible corresponde a 1008,77 psi. Como es mayor a la presión de diseño (establecida en 3,75 bar = 54,39 psi, es decir, 1,5 veces la presión de trabajo), el espesor del tubo resulta adecuado.

**Espesor de la coraza**

De acuerdo a la norma ASME, el espesor mínimo se calcula de la siguiente forma:



$$t_{c,\min} = \frac{P_c R_c}{S_c E - 0,6 P_c}$$

$P_c$ : Presión de diseño o Presión de trabajo máxima permitida [kPa].

$P_o$ : Presión de operación [kPa].

$R_c$ : Radio interior de la coraza [m].

$S_c$ : Esfuerzo permisible de la coraza [kPa].

$E$ : Eficiencia de la Junta.

La presión de diseño se establece en 3,75 bar = 375 kPa; la presión de operación es de 250 kPa; el radio interior de la coraza corresponde a 0,203 m; el esfuerzo permisible de la coraza corresponde a 137.895,15 kPa; la eficiencia de la junta se considera 0,6.

Finalmente, el espesor mínimo que se obtiene es 0,92 mm. De acuerdo a las medidas existentes en el mercado (Tabla 9), se toma un espesor de 1 mm.

CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE						
Nº	Milímetros	Peso por m <sup>2</sup>	Peso por Chapa			
			2000 x 1000	2500 x 1250	3000 x 1250	3000 x 1500
30 BWG	0.30	2.39	4.78	7.47	8.96	10.76
28 BWG	0.36	2.87	5.74	8.96	10.76	12.91
26 BWG	0.46	3.67	7.33	11.45	13.75	16.49
---	0.50	3.98	7.97	12.45	14.94	17.93
24 BWG	0.56	4.46	8.92	13.94	16.73	20.08
---	0.60	4.78	9.56	14.94	17.93	21.51
22 BWG	0.71	5.66	11.32	17.68	21.22	25.46
---	0.80	6.37	12.75	19.92	23.91	28.69
20 BWG	0.89	7.09	14.18	22.16	26.59	31.91
---	0.90	7.17	14.34	22.41	26.89	32.27
---	1.00	7.97	15.94	24.90	29.88	35.86
---	1.20	9.56	19.12	29.88	35.86	43.03
18 BWG	1.25	9.96	19.92	31.13	37.35	44.82
---	1.50	11.95	23.91	37.35	44.82	53.79
16 BG	1.59	12.67	25.34	39.59	47.51	57.01
---	1.75	13.94	27.89	43.58	52.29	62.75
14 BG	2.00	15.94	31.87	49.80	59.76	71.72
---	2.50	19.92	39.84	62.25	74.70	89.65
12 BG	2.52	20.08	40.16	62.75	75.30	90.36
---	3.00	23.91	47.81	74.70	89.65	107.57
---	4.00	31.87	63.75	99.61	119.53	143.43
---	5.00	39.84	79.69	124.51	149.41	179.29
---	6.00	47.81	95.62	149.41	179.29	215.15
---	7.93	63.19	126.38	197.47	236.96	284.36
---	9.53	75.94	151.88	237.31	284.77	341.73
---	10.00	79.69	159.37	249.02	298.82	358.58
---	12.70	101.19	202.37	316.21	379.45	455.34
---	15.87	126.49	252.97	395.27	474.32	569.19
---	19.05	151.80	303.60	474.37	569.25	683.10
---	22.22	177.06	354.12	553.31	663.98	796.77
---	25.40	202.40	404.80	632.50	759.00	910.80

Tabla 9

**Baffles**

Se utilizan baffles con un corte de 25%. Por normas TEMA, la separación mínima entre ellos se fija en una quinta parte del diámetro de la coraza, y nunca debe ser menor a 2". En este caso la distancia mínima de separación corresponde a  $\frac{0,203 m}{5} = 0,04 metros$ . Sin embargo, como no debe ser menor a 2", se toma ese valor como separación. Entonces, sabiendo que el largo de la coraza es de 1 metro (corresponde al largo de los tubos), el equipo cuenta con 19 baffles.

Los baffles son fijados en el equipo por medio de barras separadoras o "tie rods". El número mínimo de los mismos está determinado por normas TEMA en función del diámetro de la coraza. En este caso dicho número corresponde a 4 (página 107, Cao), por lo que se utilizará esa cantidad de barras separadoras.

**Pérdida de carga por la coraza**

Se calcula a través del método de Kern.

En un primer momento se calcula el diámetro equivalente, un parámetro que se utiliza para obtener posteriormente el número de Reynolds. Este valor está tabulado para la geometría utilizada (tabla 10), y es igual a 0.0183 metros.

Diámetro de tubos	Distribución	Separación	Diámetro equivalente
3/4" (0.019m)	cuadro	1" (0.0254m)	0.95" (0.0241m)
1" (0.0254m)	cuadro	1 1/4" (0.0317m)	0.99" (0.0251m)
1 1/4" (0.0317m)	cuadro	1 9/16" (0.0397m)	1.23" (0.0312m)
3/4" (0.019m)	triángulo	15/16" (0.0238m)	0.55" (0.0139m)
3/4" (0.019m)	triángulo	1" (0.0254m)	0.73" (0.0185m)
1" (0.0254m)	triángulo	1 1/4" (0.0317m)	0.72" (0.0183m)
1 1/4" (0.0317m)	triángulo	1 9/16" (0.0397m)	0.91" (0.0231m)

Tabla 10

Luego se define el Reynolds como

$$Re = \frac{De \cdot Gs}{\mu}$$

Siendo "De" el diámetro equivalente, "Gs" la velocidad másica y "μ" la viscosidad del fluido que circula por coraza.

La velocidad másica se define a su vez como

$$Gs = \frac{W}{as}$$

con

$$as = \frac{Ds \cdot c \cdot B}{Pt}$$

Siendo "W" el caudal que circula por coraza, "as" el área del flujo para la coraza, "Ds" el diámetro interno de la coraza, "B" la separación entre baffles, "c" la distancia entre dos tubos adyacentes de una misma fila y "Pt" la separación entre ejes de dos tubos.

Datos	
<b>Diámetro interno coraza (m)</b>	0,203
<b>Espaciado baffles (m)</b>	0,0508
<b>Pt (m)</b>	0,044
<b>c (m)</b>	0,0254
<b>as (m<sup>2</sup>)</b>	0,0059
<b>Gs (Kg/h.m<sup>2</sup>)</b>	21.066,88

Tabla 11

Utilizando estos datos se calcula el número de Reynolds, que resulta igual a 385,26.

En función de este valor se calcula el factor de fricción “*f*”. La correlación correspondiente para el valor del número de Reynolds obtenido es

Para  $Re_5 < 500$

$$f = \exp \left\{ 5.1858 - 1.7645 \cdot \ln(Re_5) + 0.13357 (\ln(Re_5))^2 \right\}$$

El factor de fricción toma un valor de 0,557.

Finalmente, la pérdida de carga se calcula como

$$\Delta p = f \cdot \frac{Gs^2 \cdot Ds \cdot (Nb + 1)}{2 \cdot \rho \cdot De}$$

Siendo, “*Nb*” el número de 17afles, “ $\rho$ ” la densidad del fluido que circula por coraza, “ $\Delta p$ ” la pérdida de carga y “*f*” el factor de fricción. El valor de pérdida de carga resulta  $1.556,18 \frac{N}{m^2}$ .

## **Tanque de almacenamiento**

La solución a almacenar será la solución que contiene Ácido Clorogénico, proveniente de la operación de Extracción sólido-líquido, con una concentración de  $20 \frac{g}{l}$ . La fracción másica del soluto resulta muy baja (0,02) por lo que se toman las propiedades del agua.

La temperatura de entrada de la corriente será de 4°C. Es necesario mantener esa temperatura para poder almacenar dicho producto por un tiempo más prolongado y evitar que se produzca el deterioro del mismo. Por esta razón los tanques de almacenamiento se encuentran aislados.

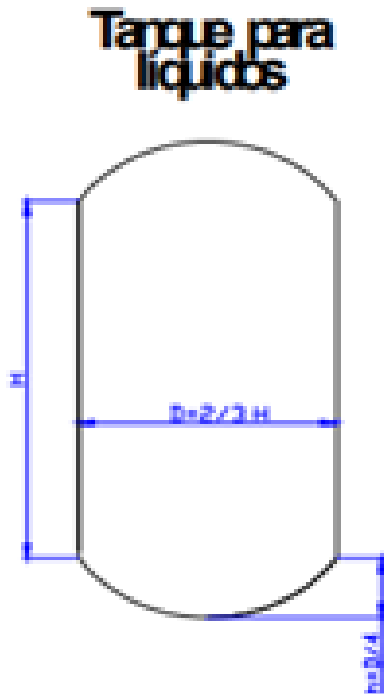
El material de construcción de los tanques será de Acero Inoxidable AISI 316, y el aislante será lana de vidrio, cubierto por una lámina de Aluminio.

Para determinar el volumen del tanque, se tomó como criterio cubrir la demanda de la solución por dos días de producción.

Teniendo en cuenta que se obtienen  $508,12 \frac{Kg}{h}$  de solución concentrada de Ácido Clorogénico proveniente de un evaporador, y que la planta trabaja en tres turnos de 8 horas, se producen en total 12.194,88 Kg. por día de solución. Sabiendo que durante la primera semana de la producción no se contará con la enzima necesaria para tratar esta corriente y llevar a cabo la reacción para obtener los productos, es necesario que el sistema de almacenamiento cuente con la autonomía necesaria para ese período. Esto equivale a 85.364,16 Kg, que equivale a 85,4 m<sup>3</sup>.

Se decide implementar para el almacenaje 3 tanques de 30 m<sup>3</sup> cada uno.

**Dimensionamiento del tanque**



$$V_{\text{cilindro}} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cabeza}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{\text{cab}}) / 6$$

$$V_{\text{Tanque Líquidos}} = V_{\text{cono}} + 2 \cdot V_{\text{cabeza}}$$

Figura 4

Despejando la altura (H) de las ecuaciones, y tomando como volumen 30 m<sup>3</sup>, se obtiene un tanque de las siguientes dimensiones:

Dimensiones	
H (m)	4,38
D (m)	2,92
h (m)	0,73
Altura total (m)	5,84

Luego se calcula el espesor de la pared para cada parte del tanque. Para dicho cálculo se utilizan los siguientes datos (las propiedades del fluido se toman a la temperatura de almacenamiento):

Datos	
Peso específico agua (Kg/cm <sup>3</sup> ) (a 4°C)	0,001
Nivel máximo de agua almacenado (cm.)	467,85
Radio del cilindro (cm)	146,2
Tensión máxima admisible (psi)	20.000
Eficiencia de Soldadura	0,6
Presión externa (kg/cm <sup>2</sup> )	1,03
Diámetro externo (cm)	292,41
Semiángulo de apertura del cono,°	7,5

Tabla 12

MATERIAL	TEMPERATURA (°F)			
	-20 a 500	700	900	1000
ASTM-A36	16.600	15.600	-	-
ASTM-A283 C	15.700	-	-	-
ASTM-A285 C	15.700	14.300	5.900	-
ASTM-A518 Gr. 70	20.000	18.100	6.700	2.500
MATERIAL	-20 a 200	300	600	1000
AISI-304	20.000	18.900	16.600	10.100
AISI-316	20.000	20.000	17.000	11.100

Tabla 13

El nivel máximo de agua almacenado corresponde a un 80% de la altura del tanque.

$$t_{cilindro} = (\gamma \cdot d \cdot r) / \sigma_t \cdot E_s$$

$$t_{cono} = (\gamma \cdot d^2 \cdot \text{tg}\alpha) / 4 \cdot \sigma_t \cdot E_s \cdot \cos\alpha$$

$$t_{cabeza} = (P \cdot D_e) / 2 \cdot \sigma_t \cdot E_s + 1,8 \cdot P$$

A cada espesor se le agrega un sobreespesor por corrosión. Por norma ASME, debido a que se trata de un fluido que no es corrosivo, se añade 1/16" (corresponde a 1,587 mm).

Dimensiones	
<b>Espesor cilindro (mm)</b>	0,814
<b>Espesor fondo (mm)</b>	5,08
<b>Espesor techo (mm)</b>	1,79

Sin embargo, por norma (API 650), el espesor del cuerpo no puede ser menos de 4,76 mm, por lo que adopta ese espesor en el caso de que el resultado obtenido sea menor (Tabla 14).

Diámetro nominal en metros	Espesor mínimo en milímetros
< 15.24	4.76
15.24 < 36.576	6.35
36.576 < 80.96	7.93
> 60.96	9.52

Tabla 14

En función de las dimensiones comerciales disponibles, se seleccionan los siguientes espesores (Tabla 15):

CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE						
Nº	Milímetros	Peso por m <sup>2</sup>	Peso por Chapa			
			2000 x 1000	2500 x 1250	3000 x 1250	3000 x 1500
30 BWG	0.30	2.39	4.78	7.47	8.96	10.76
28 BWG	0.36	2.87	5.74	8.96	10.76	12.91
26 BWG	0.46	3.67	7.33	11.45	13.75	16.49
---	0.50	3.98	7.97	12.45	14.94	17.93
24 BWG	0.56	4.46	8.92	13.94	16.73	20.08
---	0.60	4.78	9.56	14.94	17.93	21.51
22 BWG	0.71	5.66	11.32	17.68	21.22	25.46
---	0.80	6.37	12.75	19.92	23.91	28.69
20 BWG	0.89	7.09	14.18	22.16	26.59	31.91
---	0.90	7.17	14.34	22.41	26.89	32.27
---	1.00	7.97	15.94	24.90	29.88	35.86
---	1.20	9.56	19.12	29.88	35.86	43.03
18 BWG	1.25	9.96	19.92	31.13	37.35	44.82
---	1.50	11.95	23.91	37.35	44.82	53.79
16 BG	1.59	12.67	25.34	39.59	47.51	57.01
---	1.75	13.94	27.89	43.58	52.29	62.75
14 BG	2.00	15.94	31.87	49.80	59.76	71.72
---	2.50	19.92	39.84	62.25	74.70	89.65
12 BG	2.52	20.08	40.16	62.75	75.30	90.36
---	3.00	23.91	47.81	74.70	89.65	107.57
---	4.00	31.87	63.75	99.61	119.53	143.43
---	5.00	39.84	79.69	124.51	149.41	179.29
---	6.00	47.81	95.62	149.41	179.29	215.15
---	7.93	63.19	126.38	197.47	236.96	284.36
---	9.53	75.94	151.88	237.31	284.77	341.73
---	10.00	79.69	159.37	249.02	298.82	358.58
---	12.70	101.19	202.37	316.21	379.45	455.34
---	15.87	126.49	252.97	395.27	474.32	569.19
---	19.05	151.80	303.60	474.37	569.25	683.10
---	22.22	177.06	354.12	553.31	663.98	796.77
---	25.40	202.40	404.80	632.50	759.00	910.80

Tabla 15



El espesor del cilindro corresponde a 5 mm, el espesor del fondo corresponde a 6 mm, y el espesor del techo corresponde a 2mm.

**Cálculo del Aislante**

Se utilizará el aislante para mantener una temperatura adecuada del fluido del tanque. Para el cálculo se tomó una temperatura externa de 30°C, que corresponde a la temperatura máxima media en verano en Posadas (peor condición de diseño).

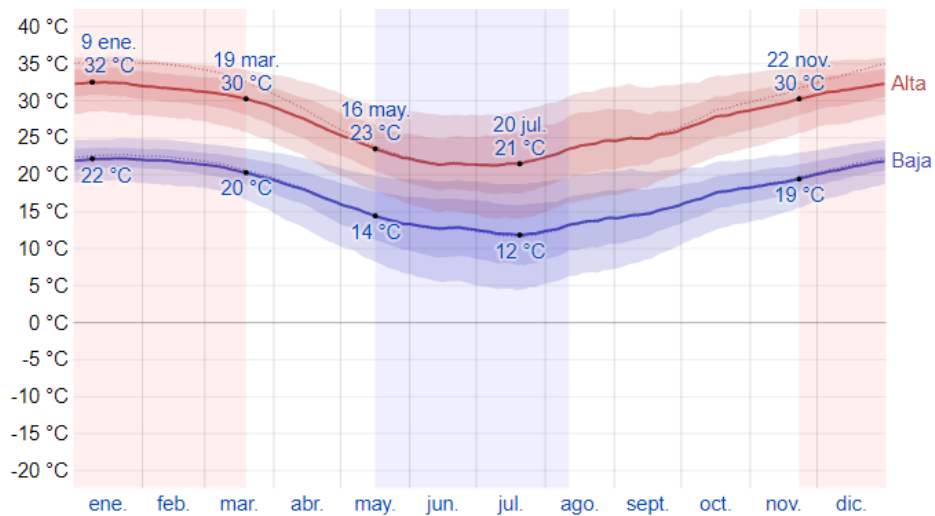


Figura 5

Se propone un espesor de 1” de espuma de poliuretano, cuya conductividad térmica es de  $0,023 \frac{W}{m.K}$ , recubierto por una lámina de Aluminio.

En un principio, se calcula el coeficiente de transferencia global:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} + \frac{\Delta x}{k_{aislante}}$$

Luego se calcula

$$q = \frac{U}{T_{fluido} - T_{aire}}$$

Finalmente se calculan la temperatura interna del tanque y la temperatura externa del aislante:

$$T_{interna\ tanque} = T_{fluido} + \frac{q}{h_i}$$

$$T_{\text{externa aislante}} = T_{\text{aire}} - \frac{q}{h_o}$$

Como inicialmente no se conocen estas dos últimas temperaturas, no pueden calcularse las propiedades de los fluidos, y por lo tanto los coeficientes peliculares, tanto del aire como del fluido almacenado. Por esta razón se toman valores iniciales de los coeficientes peliculares para determinar dichas temperaturas. De bibliografía (“Transferencia de calor en Ingeniería de Procesos”, Eduardo Cao) se toma  $h_i=1000 \frac{W}{m^2.K}$  y  $h_o=10 \frac{W}{m^2.K}$ .

Datos	
U (W/m <sup>2</sup> .k)	1,358
q (W/m <sup>2</sup> )	35,326
T pared tanque (°C)	4,021
T externa aislante (°C)	27,842

Con estas temperaturas se pueden calcular las propiedades de los fluidos (a una temperatura media, que corresponde a 4,01°C en el agua y 28,92°C en el aire).

### Cálculo del “h” del aire

Se calculan los números de Grashoff y de Prandtl, para luego aplicar correlaciones y determinar el valor del coeficiente pelicular.

Datos	
Conductividad térmica aire (W/m.K)	0,0264
$\delta^2.g.\beta/\mu^2$	874.000.000
Viscosidad del aire (kg/m.s)	0,000172
Número de Prandtl	0,707
Número de Grashoff	3,78772E+11
Gr.Pr	2,67792E+11

Tabla 16

Del Cao, para el intervalo de Gr.Pr obtenido se utiliza la siguiente correlación:

$$Nu = \frac{h.L}{k} = 0,021. (Gr. Pr)^{2/5}$$

Siendo “L” el diámetro del tanque.

Se obtiene finalmente  $h \left(\frac{W}{m^2.K}\right)=8,084$ .

**Cálculo del “h” del agua**

Se calculan los números de Grashoff y de Prandtl, para luego aplicar correlaciones y determinar el valor del coeficiente pelicular.

Datos	
Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	1.000
Coefficiente de expansión (1/K)	0,00207
Viscosidad del agua (kg/m.s)	0,001569
Conductividad térmica (W/m.K)	0,58
Capacidad calorífica agua (J/kg.k)	4.190
Gr	3,57122E+12
Pr	11,33467241
Gr.Pr	4,04786E+13

Tabla 17

Del Cao, para el intervalo de Gr.Pr obtenido se utiliza la siguiente correlación:

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} = 0,021 \cdot (Gr \cdot Pr)^{2/5}$$

Siendo “L” el diámetro del tanque.

Se obtiene finalmente  $h \left(\frac{W}{m^2K}\right) = 60,174$ .

Se vuelve a calcular el “U” y las temperaturas de pared.

Datos	
U (W/m <sup>2</sup> .K)	0,039
q (W/m <sup>2</sup> )	1,034
T pared tanque (°C)	4,009
T externa aislante (°C)	29,926

Tabla 18

Las nuevas temperaturas medias serán 4,004°C para el agua y 29,96°C para el aire. Como no varían mucho con respecto a las utilizadas en la iteración anterior, tampoco van a variar las propiedades de los fluidos, por lo que se termina la iteración.

## **Reactor de Lecho Fijo**

El proyecto se basa en la extracción de Ácido Clorogénico de los palos verdes de yerba mate (residuo poco valorado de la industria yerbatera), y su posterior conversión en dos químicos finos: Ácido Caféico y Quínico, con aplicaciones en la industria cosmética y farmacéutica.

Se utiliza un reactor de lecho fijo para la reacción de hidrólisis del Ácido Clorogénico, para obtener Ácido Caféico y Quínico. Se trata de una reacción endotérmica, catalizada por la enzima Clorogenato Hidrolasa.

Una de las geometrías propuestas para este tipo de reacciones es un reactor multitubular, en el cual un haz de tubos contiene en su interior el catalizador, y se alimenta por la coraza del reactor un fluido para mantener la temperatura de reacción (en este caso, un fluido calefactor).

La Clorogenato Hidrolasa es una enzima intracelular. La biomasa utilizada crece formando pellets. Para evitar los pasos de purificación de la enzima, que pueden llevar algún deterioro de la misma, o la pérdida de la actividad, se le realiza un tratamiento térmico a la biomasa. El resultado de dicho tratamiento térmico es una biomasa inviable (es decir, sin capacidad de crecimiento), que actúa como soporte natural del catalizador.

La Hidrólisis del Ácido Clorogénico sigue una cinética de Michelis-Menten. Se alimenta al reactor una solución de Ácido Clorogénico y agua.

Como fluido calefactor se utiliza agua a 60°C. Es importante que la temperatura del medio calefactor no sea demasiado elevada, ya que un aumento excesivo en la temperatura de la mezcla que reacciona puede llevar a la pérdida de actividad o el deterioro de la enzima.

El material de fabricación del reactor es Acero Inoxidable AISI 316.

### **Características y operación**

El reactor está construido de forma similar a un intercambiador de casco y tubos: por el interior de los tubos circula la solución de proceso, y se carga el catalizador, mientras que por

la coraza circula el fluido calefactor. El equipo se encuentra dispuesto en forma vertical. A la entrada de la corriente que contiene Ácido Clorogénico el equipo cuenta con una placa para distribuir uniformemente el caudal de entrada entre los tubos que conforman el haz. En la coraza hay presentes deflectores que permiten dirigir el flujo del fluido calefactor.

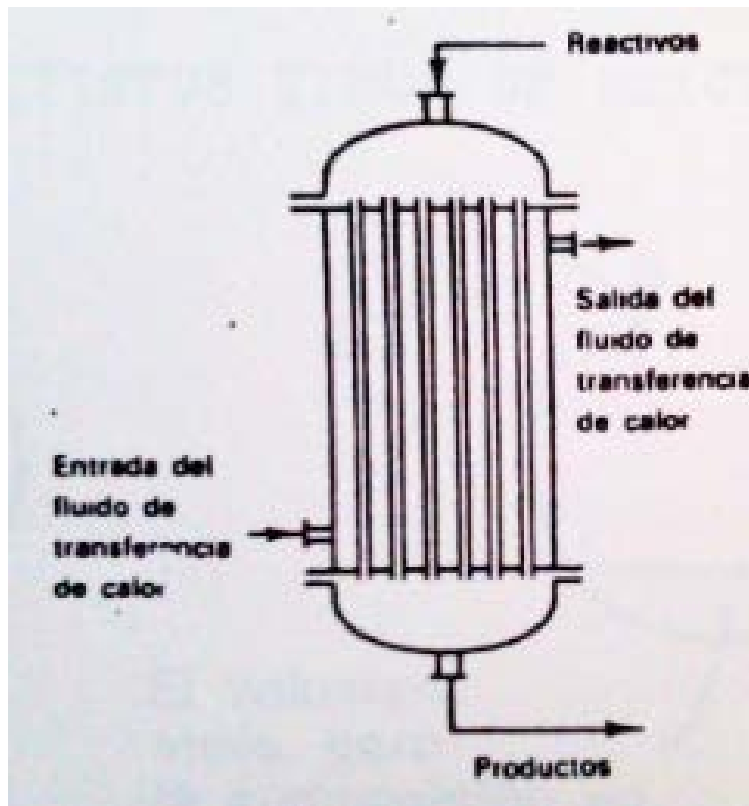


Figura 6

El catalizador se coloca dentro de los tubos y en los extremos se colocan membranas poliméricas que eviten que el catalizador se pierda durante la operación.

El cabezal que sostiene el haz debe poder desmontarse fácilmente para permitir la carga y descarga del catalizador contenido en los tubos. De acuerdo a esto, se opta por un cabezal flotante de tipo T (Norma TEMA). Además, a la entrada del cabezal se cuenta con una rejilla que permite una correcta distribución del flujo entre los tubos del haz.

La carga del catalizador se puede realizar de forma manual, pero existen máquinas dedicadas a este fin, que permiten disminuir el contacto del operario con el catalizador y la

posibilidad de que el catalizador se dañe, mientras que para retirarlo se lo aspira aplicando vacío. Luego se realiza un lavado con agua estéril.

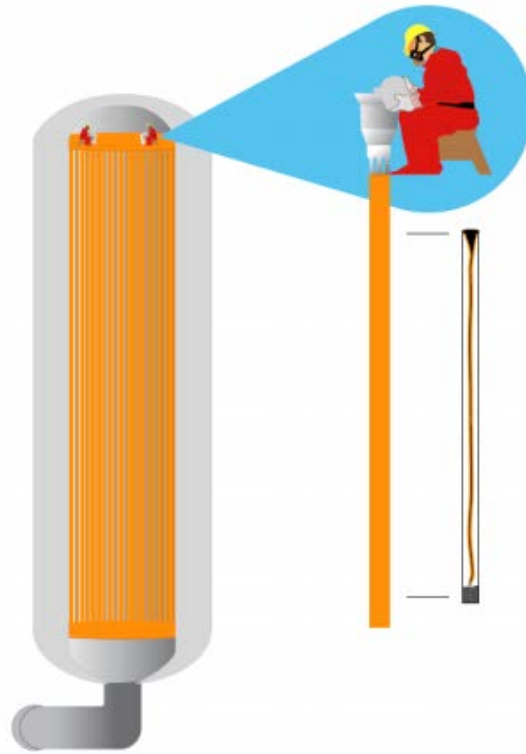


Figura 7



Figura 8

**Diseño**

Datos	
Temperatura de reacción (°C)	50
Concentración inicial Ac. Clorogénico (g/l)	20
Caudal alimentación (l/h)	1.090,38
Temperatura Entrada alimentación (°C)	50
F <sub>ao</sub> (mol de Ácido Clorogénico/h)	61,54
Diámetro pellet biomasa(m)	0,005
V <sub>max</sub> enzima (µmol/l.min)	4,41
K <sub>monod</sub> enzima (g/l)	0,5
Fracción espacio vacío lecho	0,3
Densidad del lecho (Kg/m <sup>3</sup> )	14
Entalpia de reacción (Kj/mol)	568
Temperatura entrada agua (°C)	60
Temperatura salida agua (°C)	55

Tabla 19

La temperatura de reacción se establece en 50°C ya que es la temperatura óptima de operación de la enzima.

**Balance de masa**

$$F_{ao} \cdot dX = (-r_a') \cdot dW$$

F<sub>ao</sub> = Caudal de alimentación molar por cada tubo

W= Carga de catalizador por cada tubo

### **Balance de Energía**

$$\frac{dT}{dW} = \left( \frac{4 \cdot U \cdot (T_c - T)}{\delta_l \cdot d_t} + \Delta H_{\text{reacc}} \cdot (-r_a') \right) \cdot \frac{1}{F_{ao} \cdot C_{p_{\text{alim}}}}$$

U = Coeficiente global de transferencia de energía

T<sub>c</sub> = Temperatura del medio calefactor

δ<sub>l</sub> = densidad del lecho

d<sub>t</sub> = Diámetro del tubo

Se establece un número de tubos y el largo de los tubos, y se realizan los cálculos. Luego se calcula la caída de presión, a partir de la ecuación de Ergun.

### **Balance de masa en función de la distancia a lo largo del reactor:**

Sabiendo que:

$$W = \delta l \cdot \pi \cdot \frac{dt^2}{4} \cdot L$$

$$dW = \delta l \cdot \pi \cdot \frac{dt^2}{4} \cdot dL$$

Resulta

$$F_{ao} \cdot dX = (-r_a') \cdot \delta l \cdot \pi \cdot \frac{dt^2}{4} \cdot dL$$

$$\frac{dX}{dL} = \left( \frac{V_{\text{max}} \cdot C_{ao} \cdot (1 - X)}{K_m + C_{ao} \cdot (1 - X)} \right) \cdot \frac{\pi \cdot dt^2}{4 \cdot F_{ao}}$$

### **Balance de Energía en función de la distancia a lo largo del reactor**

Sabiendo que:

$$W = \delta l \cdot \pi \cdot \frac{dt^2}{4} \cdot L$$



$$dW = \delta l \cdot \pi \cdot \frac{dt^2}{4} \cdot dL$$

Resulta

$$\frac{dT}{dL} = \left( \frac{4 \cdot U \cdot (T_c - T)}{\delta l \cdot dt} + \Delta H_{\text{reacc}} \cdot (-r_a') \right) \cdot \frac{\delta l \cdot \pi \cdot dt^2}{F_{ao} \cdot C_{p\text{alim}} \cdot 4}$$

### **Cálculo del coeficiente de transferencia global “U”**

En un primer momento se calcula el coeficiente de transferencia global “U” para poder realizar el análisis del balance de energía. Para realizar este cálculo es necesario conocer los coeficientes peliculares del lado de los tubos, del lado de la coraza, y la transferencia de energía a través de la pared de los tubos.

### **Cálculo del coeficiente de transferencia pelicular del lecho**

El coeficiente de transferencia pelicular del lado del lecho se calcula a partir de correlaciones; una de ellas es la correlación de Leva, que varía según el caso en el que la mezcla reaccionante se calienta o se enfría:

Para calentamiento:

$$\frac{h_i d_i}{k_s} = 0,813 \left( \frac{d_p G}{\mu} \right)^{0,9} \exp \left( -\frac{6 d_p}{d_i} \right)$$

Para enfriamiento:

$$\frac{h_i d_i}{k_s} = 3,50 \left( \frac{d_p G}{\mu} \right)^{0,7} \exp \left( -\frac{4 d_p}{d_i} \right)$$

Siendo: “dt” el diámetro del tubo; “dp” el diámetro de la partícula; “G” la velocidad másica por el lado de los tubos; “μ” la viscosidad del fluido que circula por tubos; “k” la conductividad térmica del fluido que circula por tubos y “hi” el coeficiente pelicular de transferencia de energía por el lecho.

En este caso se utiliza la correlación que corresponde al calentamiento.

Resulta  $h_i = 31,17 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ .

### **Cálculo del coeficiente de transferencia pelicular de la coraza**

Por otro lado, el coeficiente de transferencia pelicular por el lado de la coraza se calcula utilizando el método de Kern.

En un primer momento se calcula el área de flujo por la coraza

$$as = \frac{Ds \cdot c \cdot B}{Pt}$$

Siendo: “Ds” el diámetro de la coraza; “c” la distancia entre tubos; “Pt” el paso entre tubos y “B” la distancia entre baffles.

Luego se calcula la Velocidad másica para el fluido de la coraza (Gs)

$$Gs = \frac{W}{as}$$

Siendo “W” el caudal que circula por la coraza.

Luego se calcula el diámetro equivalente (De) como

$$De = \frac{4 \cdot (Pt^2 - \pi \cdot \frac{Do^2}{4})}{\pi \cdot Do}$$

Siendo “Do” el diámetro exterior del tubo.

Finalmente, con los datos anteriores se calcula el número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{De \cdot Gs}{\mu}$$

Siendo “μ” la viscosidad del fluido que circula por la coraza.

La correlación sugerida por Kern para coraza, con baffles segmentados en un 25% es

$$\frac{ho \cdot De}{k} = 0,36 \cdot Re^{0,55} \cdot Pr^{0,33}$$

Siendo “ho” el coeficiente pelicular de transferencia de energía por coraza.

Las propiedades se evalúan a una temperatura media entre 60°C y 55°C, es decir 57,5°C.

Datos	
Energía a transferir (Kj/h)	34.960,33
Caudal de agua (Kg/h)	1.671,14
Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	984,66
B (espaciado baffles) (m)	0,25
Dist. Entre tubos (pulg)	7/8
Viscosidad agua (Kg/m.s)	0,000489
Cond. Térmica (W/m.K)	0,58
a <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	0,0427
Velocidad másica (Kg/m <sup>2</sup> .s)	10,857
Diámetro equivalente (m)	0,0323
Re	717,63
Cp agua (Kj/Kg.K)	4,184

Tabla 20

Resulta  $h_o=297,98 \frac{W}{m^2.K}$ .

Luego el coeficiente global de transferencia de energía “U” se calcula a través de

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} + \frac{e}{kt}$$

Siendo “e” el espesor del tubo y “kt” la conductividad térmica del material del tubo.

Sabiendo que  $k_{acero\ inoxidable}=20 \frac{W}{m.K}$  y  $espesor_{tubo}=0,00338$  m, resulta  $U=28,11 \frac{W}{m^2.K}$ .

### **Balance de masa y Energía a través del reactor**

Una vez que se cuanta con los datos anteriores, se realiza el balance de materia y energía en el reactor, tomando la siguiente geometría: 275 tubos en arreglo triangular, de 7 metros de largo y 1 ½” pulgadas de diámetro; y tomando una temperatura de ingreso del fluido calefactor de 60°C (Figura 9 y 10):

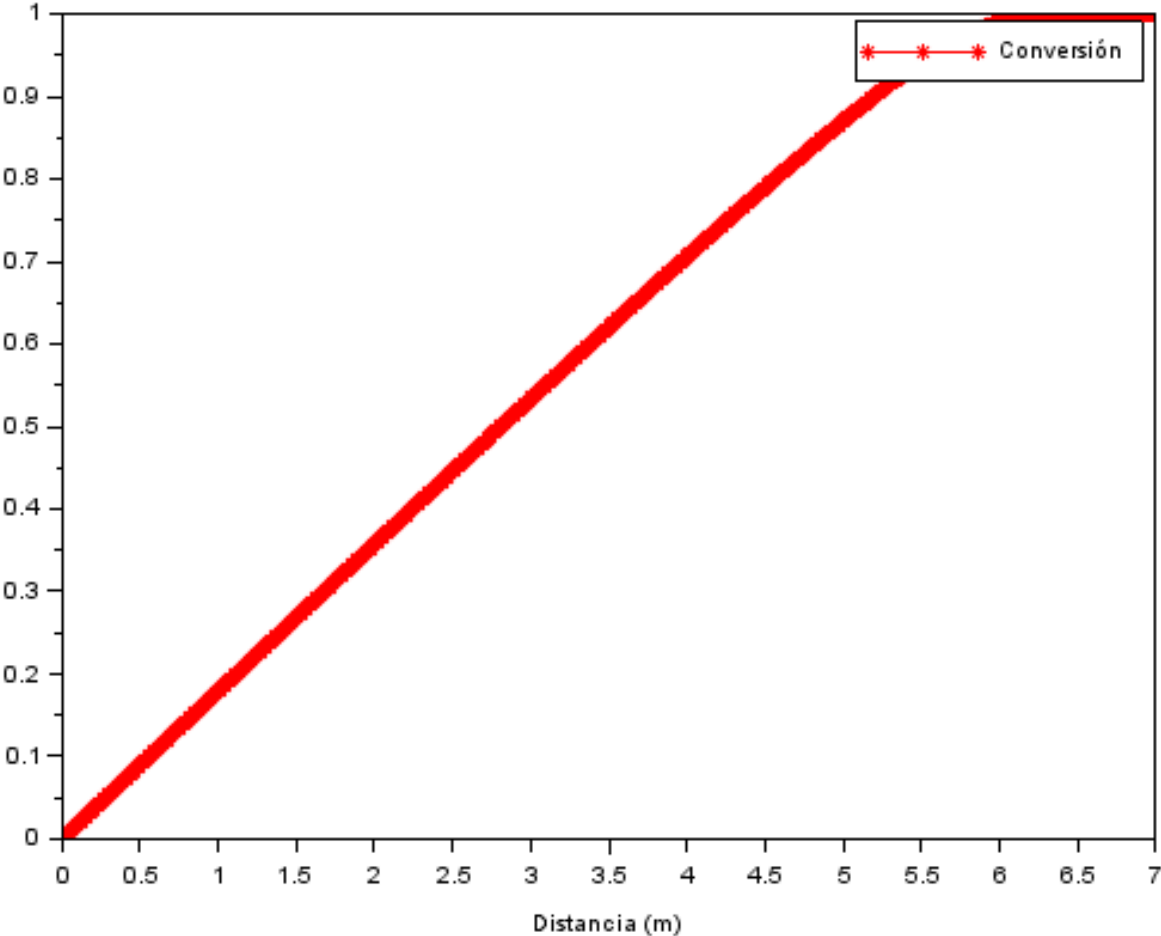


Figura 9

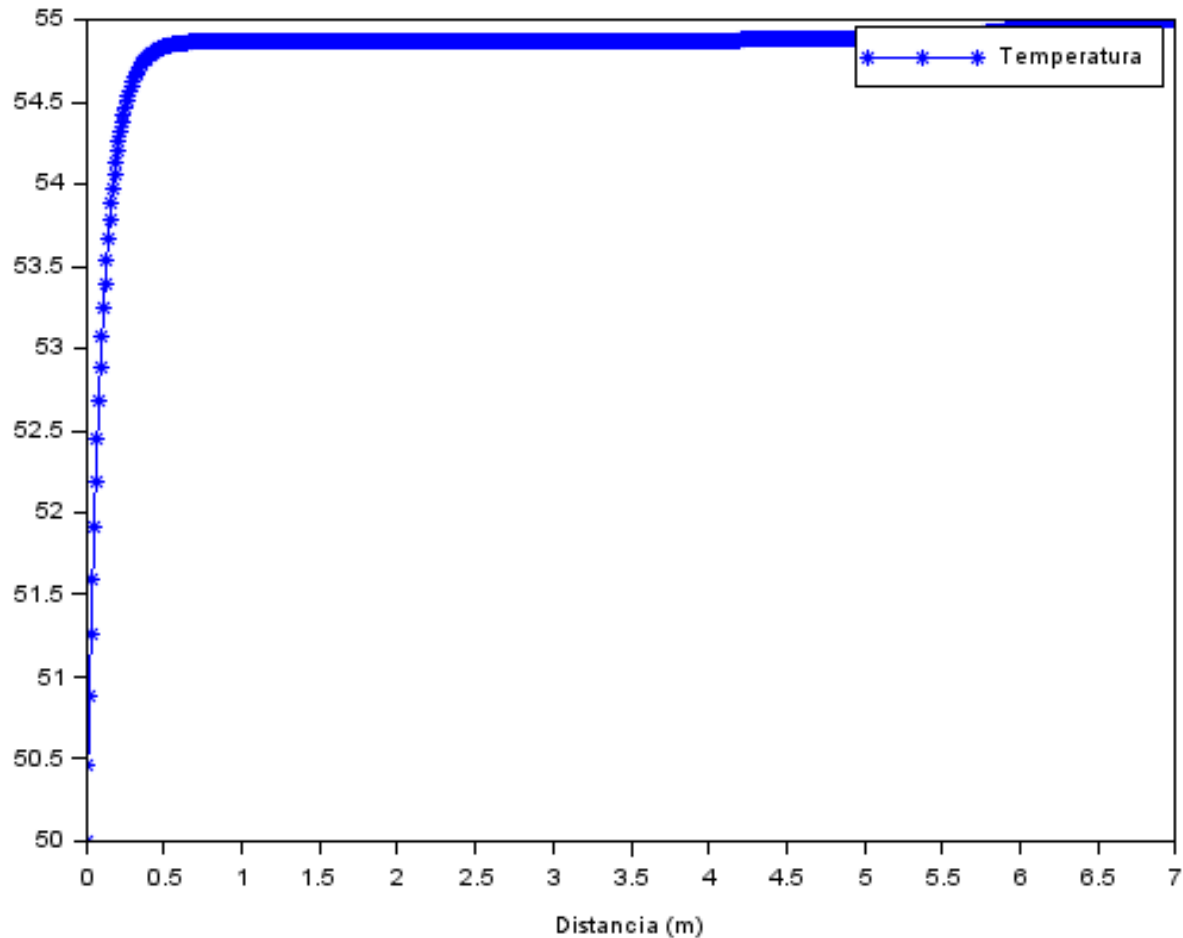


Figura 10

Se observa que se alcanza la máxima conversión a una distancia de 6 metros, con lo cual se decide tomar ese largo de tubos. La temperatura de salida de la corriente de proceso se encuentra por debajo de 55°C, a 54,8°C.

### **Baffles**

Se utilizan 34 baffles con un corte de 25%. Por normas TEMA, la separación mínima entre ellos se fija en una quinta parte del diámetro de la coraza, y nunca debe ser menor a 2". En este caso la distancia mínima de separación corresponde a  $\frac{0,94 \text{ m}}{5} = 0,188 \text{ metros}$ . Se toma una separación de baffles de 0,2 metros. Entonces, sabiendo que el largo de la coraza es de 6 metros (corresponde al largo de los tubos), el equipo cuenta con 30 baffles.

Los 35afles son fijados en el equipo por medio de barras separadoras o “tie rods”. El número mínimo de los mismos está determinado por normas TEMA en función del diámetro de la coraza. En este caso dicho número corresponde a 8, por lo que se utilizará esa cantidad de barras separadoras.

**Espesor tubos**

Se determina en función de las normas ASME. En un primer momento se asume un espesor de tubos “t” (en este caso, 1,65 mm.), y se calculan las relaciones  $\frac{Do}{t}$  y  $\frac{L}{Do}$ , siendo “L” la longitud de los tubos y “Do” el diámetro exterior de los mismos. En este caso, esas relaciones corresponden a 23,09 y 157,48 respectivamente.

Ø Nominal en pulgadas	Ø Exter mm	Espesor nominal pared			
		sch 5 S mm	sch 10 S mm	sch 40 S mm	sch 80 S mm
1/4"	13,72	1,24	1,65	2,24	3,02
3/8"	17,15		1,65	2,31	3,20
1/2"	21,34	1,65	2,11	2,77	3,73
3/4"	26,67	1,65	2,11	2,87	3,91
1"	33,40	1,65	2,77	3,38	4,55
1 1/4"	42,16	1,65	2,77	3,56	4,85
1 1/2"	48,26	1,65	2,77	6,68	5,08
2"	60,33	1,65	2,77	3,91	5,54
2 1/2"	73,03	2,11	3,05	5,16	7,01
3"	88,90	2,11	3,05	5,49	7,62
4"	114,30	2,11	3,05	6,02	8,56
5"	141,30	2,77	3,40	6,55	9,53
6"	168,28	2,77	3,40	7,11	10,97
8"	219,08	2,77	3,76	8,18	12,70

Tabla 21

Con estos dos valores, se obtienen de tabla los factores A y B (Figura 11 y 12).

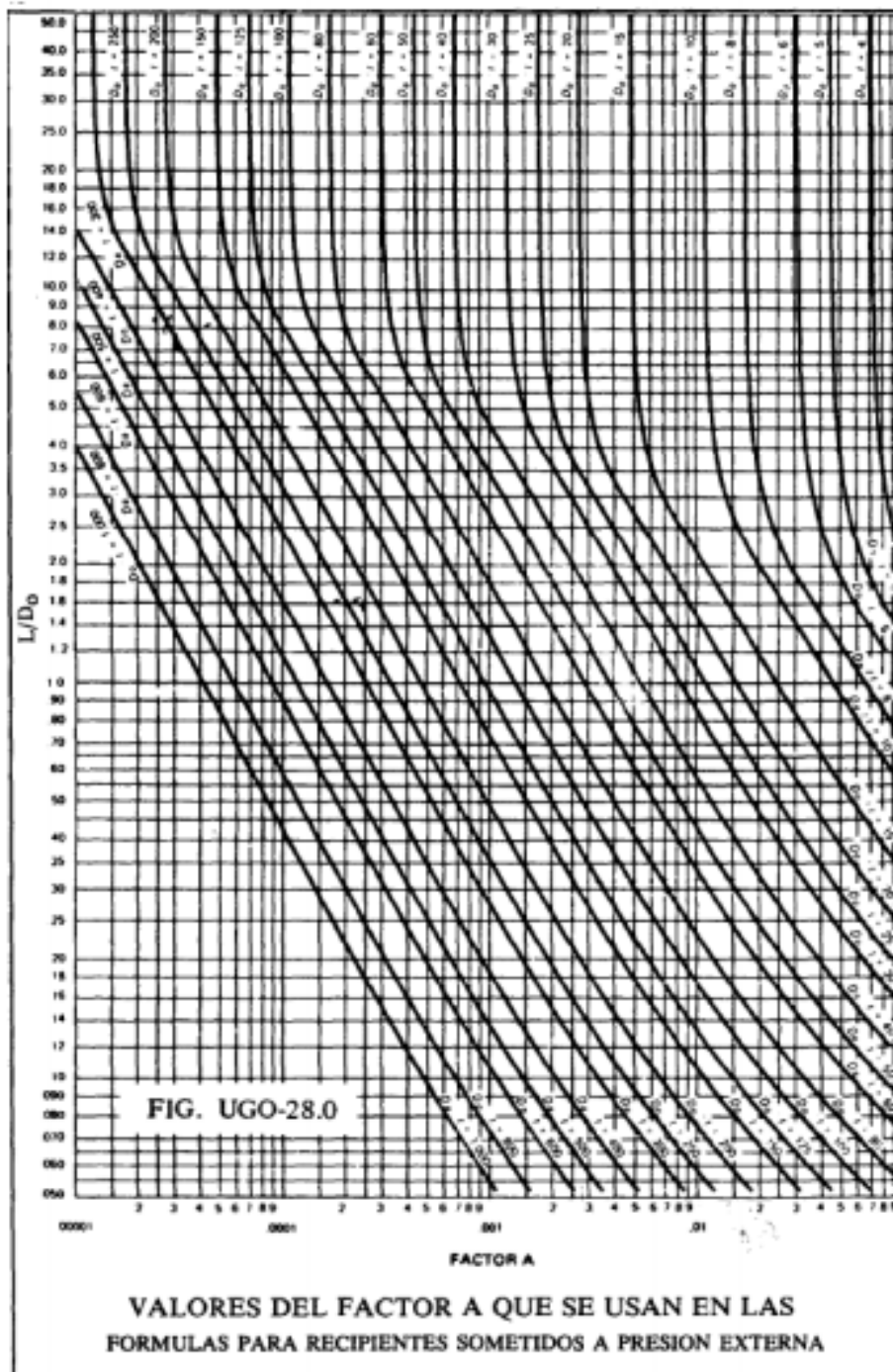
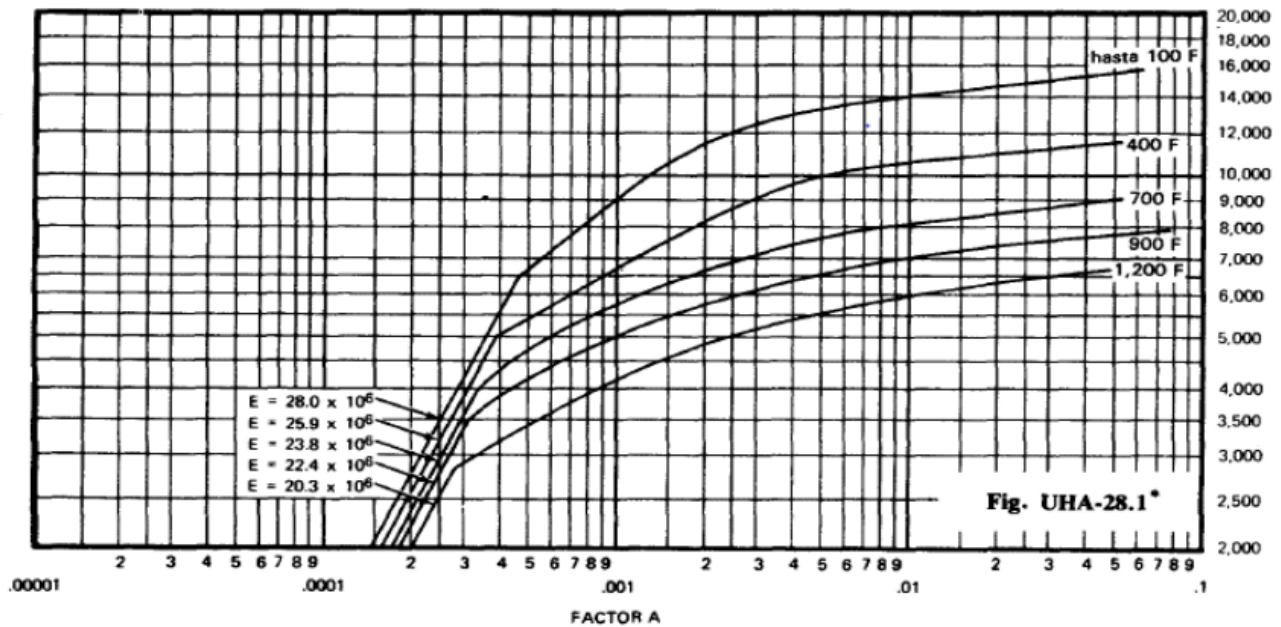


Figura 11



VALORES DEL FACTOR B  
QUE SE EMPLEAN EN LAS FORMULAS PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA

Figura 12

El factor A corresponde a 0,0023, mientras que el factor B corresponde a 11.500, teniendo en cuenta la temperatura de trabajo en 140°F.

Como la relación entre el diámetro externo y espesor es un valor mayor a 10, la fórmula utilizada para calcular la presión admisible es

$$P_{ad} = \frac{4B}{3\left(\frac{D_{b,t,o}}{t_{b,t,min}}\right)}$$

La presión admisible corresponde a 524,24 psi. Como es mayor a la presión de diseño (establecida en 1,5 bar = 14,5 psi, es decir, 1,5 veces la presión de trabajo), el espesor del tubo resulta adecuado.

**Espesor de la coraza**

De acuerdo a la norma ASME, el espesor mínimo se calcula de la siguiente forma:



$$t_{c,\min} = \frac{P_c R_c}{S_c E - 0,6 P_c}$$

$P_c$ : Presión de diseño o Presión de trabajo máxima permitida [kPa].

$P_o$ : Presión de operación [kPa].

$R_c$ : Radio interior de la coraza [m].

$S_c$ : Esfuerzo permisible de la coraza [kPa].

$E$ : Eficiencia de la Junta.

La presión de diseño se establece en 1,5 bar = 150 kPa; la presión de operación es de 100 kPa; el radio interior de la coraza corresponde a 0,94 m; el esfuerzo permisible de la coraza corresponde a 137.895,15 kPa; la eficiencia de la junta se considera 0,6.

Finalmente, el espesor mínimo que se obtiene es 1,7 mm. De acuerdo a las medidas existentes en el mercado, se toma un espesor de 2 mm.

### **Pérdida de carga por el lado tubos**

Se analiza a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{(-\Delta P)}{L} = \frac{-(P_{salida} - P_{entrada})}{L} = \frac{f \cdot u_s^2 \cdot \rho f}{d_p}$$

Siendo: “ $d_p$ ” el diámetro de la partícula; “ $u_s$ ” la velocidad superficial del fluido a lo largo del lecho; “ $\rho_f$ ” es la densidad del fluido y “ $f$ ” es el factor de fricción, que se calcula a partir de la ecuación de Ergun.

La ecuación de Ergun se define de la siguiente forma:

$$f = \frac{(1 - \varepsilon_L)}{\varepsilon_L^3} \left[ 1,75 + 150 \frac{(1 - \varepsilon_L)}{Re'} \right]$$

Siendo “ $\varepsilon_L$ ” la porosidad del lecho (en este caso 0,3), y  $Re'$  el Reynolds definido en función del diámetro de partícula.

$$Re = \frac{d_p u_s \rho_f}{\mu_f} = \frac{d_p G}{\mu_f}$$

Siendo “μ<sub>f</sub>” la viscosidad del fluido. A su vez, “G” es la velocidad másica del fluido, que se calcula a partir de:

$$G = \frac{w}{S} = \frac{4w}{\pi D^2}$$

Siendo “w” el caudal másico del fluido, y “D” el diámetro del tubo donde se encuentra el lecho.

Cálculos	
Caudal másico (Kg/h)	3,917
G (Kg/h.m <sup>2</sup> )	2.725,55
Re	6,92
f	438,728
Velocidad lineal (m/s)	0,00084
ΔP (Pa)	61,595

Tabla 22

**Pérdida de carga a través de la coraza**

Se utiliza el método de Kern

$$\Delta P = f \cdot \frac{(Nb + 1) \cdot D_s}{De} \cdot \frac{Gs^2}{2 \cdot \rho}$$

Siendo: “ΔP” la caída de presión; “Nb” el número de baffles; “Ds” el diámetro de la coraza; “Gs” la velocidad másica por la coraza; “f” el factor de fricción y “ρ” la densidad del fluido que circula por coraza.

El factor de fricción se puede estimar a partir de correlaciones que dependen del número de Reynolds. En este caso, la correlación a utilizar es

$$f = 1,728 \cdot Re^{-0,188}$$

Cálculos	
Número de baffles	24
f	0,5019
$\Delta P$ (Pa)	49,987

Tabla 23

Finalmente, las dimensiones del reactor son las siguientes:

Dimensiones	
Diámetro interno de la coraza (m)	0,94
Espesor coraza (mm)	2
Diámetro tubos (pulg)	1 1/2
Espesor tubos (mm)	1,65
Largo de los tubos (m)	6

Tabla 24

## Equipos restantes: justificación

Por otra parte, se definen las características y función dentro del proceso del resto de los equipos en la planta. Los valores de las corrientes que circulan por cada equipo y que permiten su especificación se analizaron previamente en el apartado “Balance de Materia y Energía”.

### Tratamiento térmico

Se realiza con el fin de eliminar las enzimas o microorganismos que puedan producir un deterioro de la materia prima. Es importante conservar la materia prima en un estado adecuado, ya que un deterioro en la misma puede producir una disminución en la cantidad de Ácido Clorogénico que contiene. Por otra parte, al tratarse de un cultivo que se realiza de forma estacional, resulta indispensable acopiar una cantidad suficiente de materia prima en un cierto tiempo, ya que en caso contrario puede verse comprometida la productividad de la planta.

Se aplica un calentamiento a 121°C durante un período de 20 minutos, lo cual permite asegurar que se eliminen los factores que pueden producir alteraciones en la materia prima.

Se utilizan dos hornos de convección forzada.

MODELO	MEDIDAS ÚTILES			RECIRCULADOR		RECIRCULADOR		TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	CAPACIDAD VOLUMÉTRICA (m³)
	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	PROF. (mm)	CAUDAL (m³/min)	POTENCIA (HP)	ELECTR. (Kw/h)	GAS NAT. (Kcal/h)		
B4-250	1.830	1.830	3.050	12.200	5, 1/2	60	65.000	250	10,20
B4-350	1.830	1.830	3.050	12.200	5, 1/2	80	75.000	350	10,20
B4-450	1.830	1.830	3.050	17.000	7, 1/2	120	125.000	450	10,20
B4-550	1.830	1.830	3.050	25.500	10	140	175.000	550	10,20
B4-650	1.830	1.830	3.050	25.500	10	160	225.000	650	10,20

Tabla 25

### Secadero palo verde

El objetivo de este equipo es eliminar la humedad presente en la materia prima utilizada en su totalidad.

Se utiliza un horno de convección forzada como en el caso anterior. Sin embargo, las condiciones de secado son diferentes.

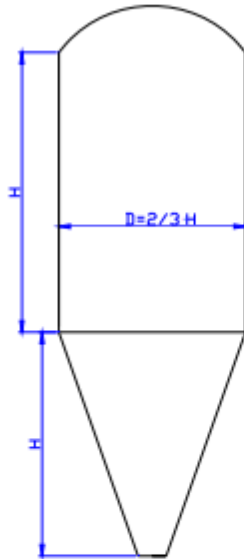
### **Depósito**

En el depósito se almacena la materia prima para su posterior utilización, en condiciones que permitan su conservación en el tiempo. La materia prima se almacena luego de sufrir el proceso de molienda.

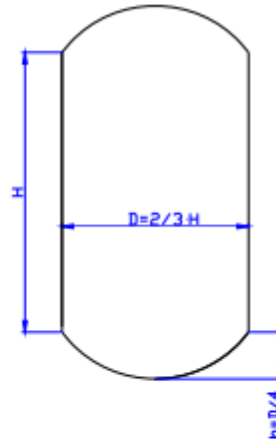
Se utilizan para esto Silos de granel, con el fondo cónico, debido a que el producto que se almacena es sólido. El material de construcción del silo es acero inoxidable. El equipo cuenta con un sistema que permite mantener las condiciones adecuadas para su almacenamiento, que corresponden a una temperatura de 10°C y 35% de humedad.

La cantidad de materia prima almacenada durante el período de cosecha es de aproximadamente 870 Toneladas (ver capítulo de “Balance de Materia y Energía”), por lo que se usa dicho valor para determinar el tamaño de los silos. Teniendo en cuenta que la densidad de la materia prima  $0,6 \frac{g}{cm^3}$ , el volumen de material a almacenar es de 1.450 m<sup>3</sup>. Se opta por disponer de 6 silos de 250 m<sup>3</sup>.

**Tanque con fondo cónico para sólidos**



**Tanque para líquidos**



**1.2 Volumen de los recipientes**

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cabeza}} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{\text{cab}}) / 6$$

$$V_{\text{Tanque Sólidos}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}} + V_{\text{cabeza}}$$

$$V_{\text{Tanque Líquidos}} = V_{\text{cono}} + 2 \cdot V_{\text{cabeza}}$$

Dimensiones	
H (m)	8,49
D (m)	5,66
h(m)	1,41
Altura total (m)	18,41

Tabla 26



Figura 13

Por otra parte, es necesario también contar con una zona que permita acopiar la materia prima húmeda ante algún problema en los equipos de secado.

### **Intercambiadores de calor**

Se utilizarán Intercambiadores de calor de placa y juntas en las secciones que se trabajen con soluciones que contengan Ácido Clorogénico, Caféico y Quínico. Entre las razones para su elección se encuentran: son equipos más compactos que los intercambiadores de casco y tubos, ocupando menos espacio en planta; cuentan con una mayor versatilidad ante un cambio en el caudal a tratar; las temperaturas y presiones con las que se trabaja en la planta son moderadas; tiempo de residencia menor, lo que favorece la operación cuando se tratan materiales termosensibles; mantenimiento sencillo.

Estos equipos constan de una serie de placas de superficie corrugada, con el objetivo de lograr una mayor estabilidad estructural y favorecer la turbulencia en el flujo a lo largo de la placa, suspendidas de un bastidor y comprimidas entre sí por dos marcos o cabezales rígidos. Cada placa está provista de juntas que permiten dirigir el flujo dentro del intercambiador.

Todos los elementos constituyentes deben estar fabricados en materiales que soporten las condiciones de trabajo, tanto de presión como de temperatura. En este caso, los materiales de construcción son Acero inoxidable AISI 316 (para las placas) y Butilo (para las juntas).

Para las secciones en que no se opere con materiales termosensibles, o que se requiera un mayor salto térmico, se utilizarán intercambiadores de casco y tubos.

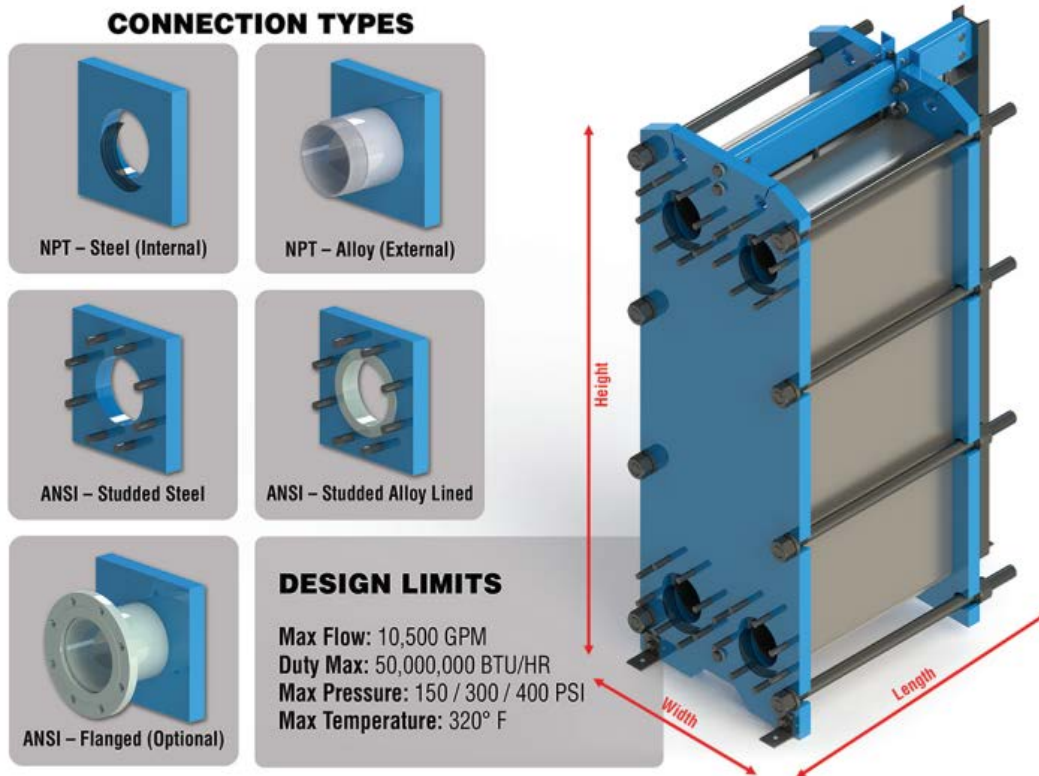
Se utilizan valores del coeficiente global de transferencia de calor (“U”) aproximados obtenidos de tablas, en función de los fluidos que intervienen en la operación.

- Enfriamiento de la solución concentrada de Ácido Clorogénico para almacenaje:  
Se utilizan intercambiadores de calor de placas y se realiza en dos etapas:

<b>Intercambiador de Calor 1</b>	
<b>Temperatura entrada producto (°C)</b>	100
<b>Temperatura salida producto (°C)</b>	50
<b>Temperatura entrada refrigerante (°C)</b>	0
<b>Temperatura salida refrigerante (°C)</b>	40
<b>Q (kJ/h)</b>	104.876,27
<b><math>\Delta T</math> ml (°C)</b>	54,84
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	1.000
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	0,63

Tabla 27





**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

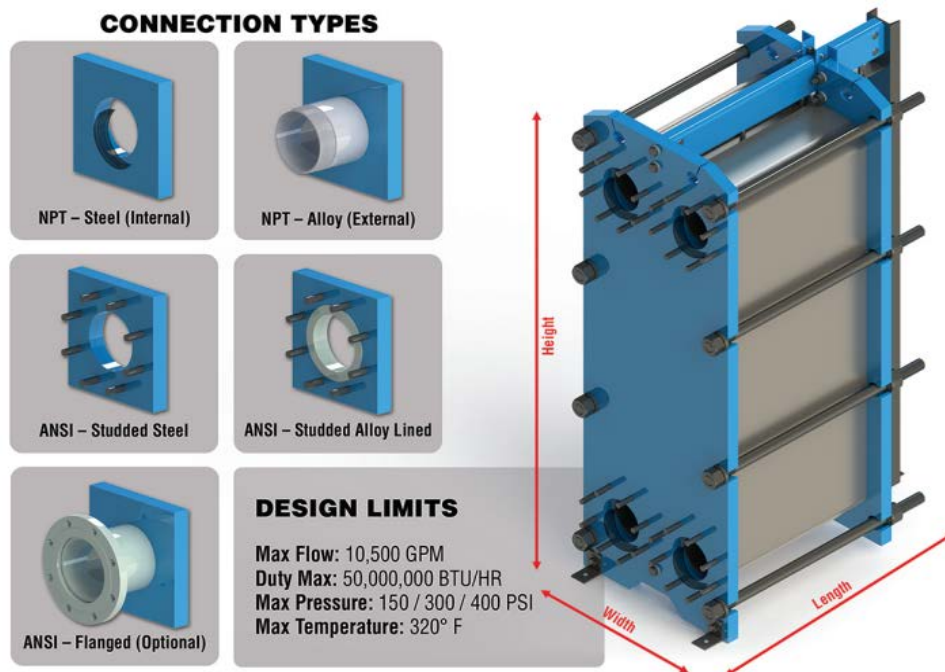
Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft²)	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

Figura 14

Teniendo en cuenta la superficie con que cuenta cada placa y la superficie que se necesita para la operación, el equipo elegido es el indicado en la figura.

Intercambiador de Calor 2	
Temperatura entrada producto (°C)	50
Temperatura salida producto (°C)	4
Temperatura entrada refrigerante (°C)	0
Temperatura salida refrigerante (°C)	40
Q (kJ/h)	96.486,17
$\Delta T$ ml (°C)	6,54
U (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.000
A (m <sup>2</sup> )	4,91

Tabla 28



**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft <sup>2</sup> )	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

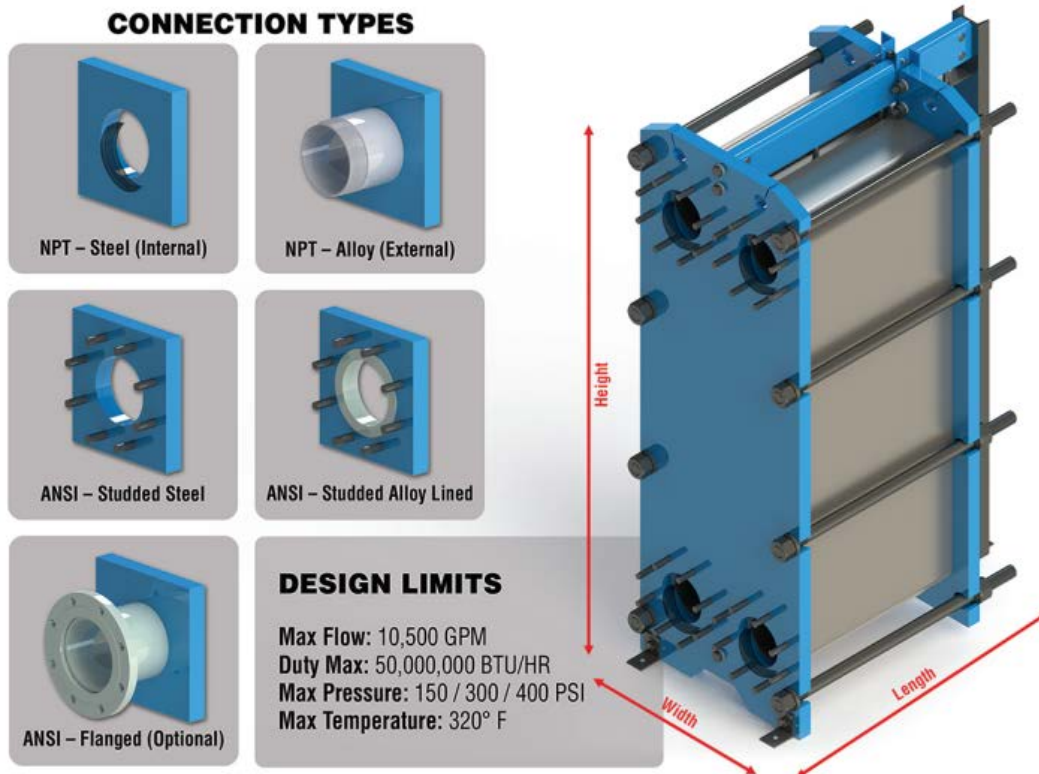
Figura 15

Teniendo en cuenta la superficie con que cuenta cada placa y la superficie que se necesita para la operación, el equipo elegido es el indicado en la figura.

- Calentamiento de la solución de Ácido Clorogénico concentrada para su utilización en el Reactor de Lecho Fijo: se utiliza un intercambiador de calor de placas:

Intercambiador de Calor 3	
Temperatura entrada producto (°C)	4
Temperatura salida producto (°C)	50
Temperatura entrada calefactor (°C)	121,6
Temperatura salida calefactor (°C)	121,6
Q (kJ/h)	207.050,07
$\Delta T$ ml (°C)	92,70
U (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.000
A (m <sup>2</sup> )	0,74

Tabla 29



**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft²)	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

Figura 16

Teniendo en cuenta la superficie con que cuenta cada placa y la superficie que se necesita para la operación, el equipo elegido es el indicado en la figura.

- Enfriamiento del Etanol para ser reciclado al proceso: se trata tanto el Etanol correspondiente a la obtención del Ácido Caféico, así como el que se utiliza en la purificación del Ácido Quínico. Se emplea un intercambiador de calor de casco y tubos.

Intercambiador de Calor 4	
Temperatura entrada producto (°C)	78,4
Temperatura salida producto (°C)	25
Temperatura entrada refrigerante (°C)	20
Temperatura salida refrigerante (°C)	35
Q (kJ/h)	56.715,56
ΔT ml (°C)	17,76
U (W/m².°C)	50
A (m²)	21,27

Tabla 30

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 1 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 267 metros. Utilizando tubos de 3 metros, en un intercambiador de un

solo paso, se necesitarán 89 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,387 metros.

<b>Intercambiador de Calor 5</b>	
<b>Temperatura entrada producto (°C)</b>	78,4
<b>Temperatura salida producto (°C)</b>	25
<b>Temperatura entrada refrigerante (°C)</b>	20
<b>Temperatura salida refrigerante (°C)</b>	35
<b>Q (kJ/h)</b>	24.855,72
<b>ΔT ml (°C)</b>	17,76
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	50
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	9,32

Tabla 31

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 3/4 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 156 metros. Utilizando tubos de 2,5 metros, en un intercambiador de un solo paso, se necesitarán 63 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,254 metros.

- Enfriamiento de la solución inductora de Ácido Clorogénico para ser almacenada: se utiliza un intercambiador de casco y tubos:

<b>Intercambiador de Calor 6</b>	
<b>Temperatura entrada producto (°C)</b>	43
<b>Temperatura salida producto (°C)</b>	4
<b>Temperatura entrada refrigerante (°C)</b>	0
<b>Temperatura salida refrigerante (°C)</b>	40
<b>Q (kJ/h)</b>	483.056,49
<b>ΔT ml (°C)</b>	3,47
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	1.000
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	46,32

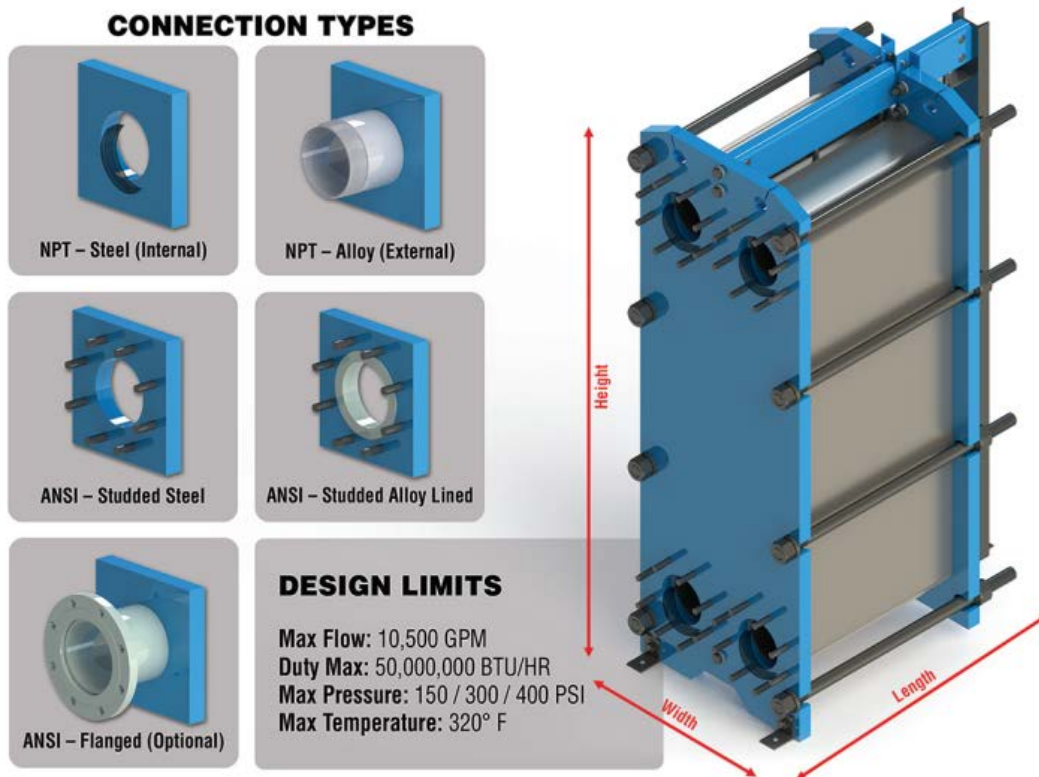
Tabla 32

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 1 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 580,47 metros. Utilizando tubos de 3.5 metros, en un intercambiador de un solo paso, se necesitarán 166 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,48 metros.

- Calentamiento de la solución inductora para alimentar al fermentador: Se debe elevar la temperatura de la solución de 4°C a 30°C, que corresponde a la temperatura de operación del fermentador. Se utiliza un intercambiador de placas:

Intercambiador de Calor 7	
Temperatura entrada producto (°C)	4
Temperatura salida producto (°C)	30
Temperatura entrada calefactor (°C)	121,6
Temperatura salida calefactor (°C)	121,6
Q (kJ/h)	321.984
$\Delta T$ ml (°C)	104,05
U (W/m <sup>2</sup> .°C)	1.000
A (m <sup>2</sup> )	1,03

Tabla 33



**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft²)	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

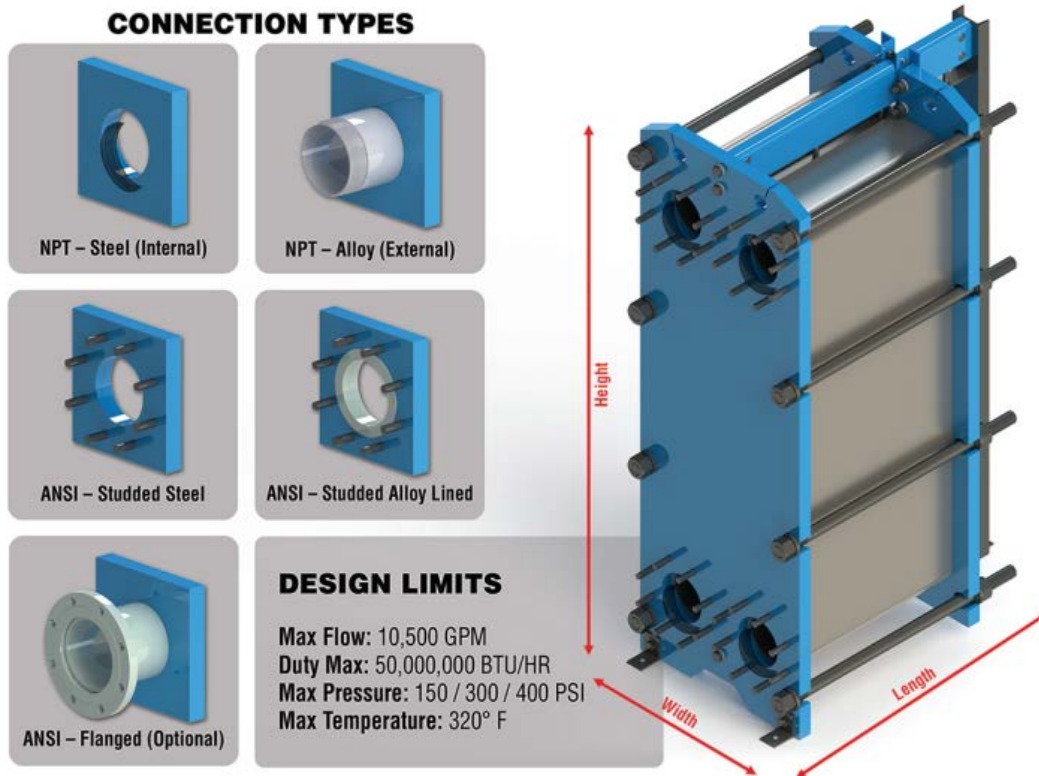
Figura 17

Teniendo en cuenta la superficie con que cuenta cada placa y la superficie que se necesita para la operación, el equipo elegido es el indicado en la figura.

- Enfriamiento del agua de ósmosis inversa para ser reciclada al proceso: luego que abandona el evaporador, el vapor de agua de ósmosis inversa se utiliza como fluido calefactor de otras corrientes hasta que se condensa. Luego es necesario disminuir su temperatura hasta 90°C para poder utilizarlo en el proceso de extracción sólido líquido. Se utiliza un intercambiado de calor de placas:

Intercambiador de Calor 8	
Temperatura entrada producto (°C)	100
Temperatura salida producto (°C)	90
Temperatura entrada refrigerante (°C)	0
Temperatura salida refrigerante (°C)	40
Q (kJ/h)	94.388,57
ΔT ml (°C)	73,98
U (W/m².°C)	1.000
A (m²)	0,42

Tabla 34



**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft²)	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

Figura 18

Teniendo en cuenta la superficie con que cuenta cada placa y la superficie que se necesita para la operación, el equipo elegido es el indicado en la figura.



**Tanque de mezcla para extracción**

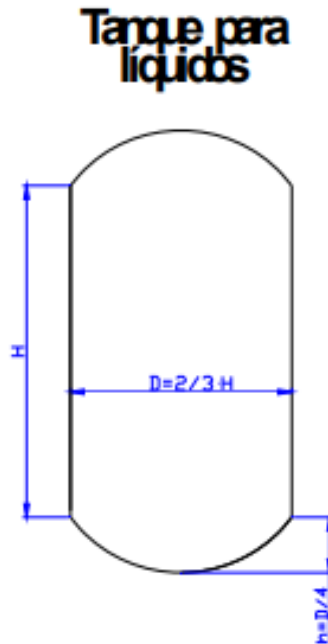
Se utiliza en el proceso de extracción del Ácido Clorogénico a partir del palo verde de yerba mate. Se trata de un tanque agitado que opera en forma discontinua, de forma cilíndrica, fondo y techo toriesféricos. El tanque cuenta con una agitación continua, para favorecer el contacto entre las fases sólida y líquida y promover las mejores condiciones para la realización de la extracción. El agitador es del tipo de Hélice, para mantener un buen flujo axial y de esta forma lograr una suspensión homogénea.

En cuanto a las dimensiones del tanque, el volumen a tratar de agua en cada extracción es de 10.162,44 litros (como se determinó en el Balance de Materia y Energía). Se adiciona un 15% a ese volumen, teniendo en cuenta la masa de sólido que se adiciona, y para evitar que el tanque quede totalmente lleno. El volumen total resulta de 11.686,8 litros (se toma un volumen de 11.700 litros, es decir, 12 m<sup>3</sup>). Se cuenta con dos tanques para llevar a cabo el proceso.

<b>Dimensiones Tanque de extracción (Solución de Proceso)</b>	
<b>H (m)</b>	3,23
<b>D (m)</b>	2,15
<b>h(m)</b>	0,53
<b>Altura total (m)</b>	4,30

Tabla 35

Por otra parte, es necesario mantener una agitación constante para asegurar un buen contacto entre ambas fases, y que la extracción se realice de forma efectiva. Como se trata de un fluido poco viscoso y el objetivo es lograr una distribución homogénea de los sólidos en el tanque, se utiliza un agitador de hélice.



Por otra parte, existe también otro tanque de extracción en el cual se realiza el mismo proceso, pero con el objetivo de obtener la solución de Ácido Clorogénico que se utilizará como inductora en el fermentador. El volumen de solución que se necesita obtener es de 3.077 litros (como se analizó en el capítulo de “Balance de Materia y Energía”). Siguiendo el mismo criterio que en el caso anterior, resulta un volumen de 3.600 litros, es decir, 3,6 m<sup>3</sup>.

Dimensiones Tanque de extracción (Solución Inductora)	
<b>H (m)</b>	2,16
<b>D (m)</b>	1,44
<b>h(m)</b>	0,36
<b>Altura total (m)</b>	2,88

Tabla 36

El tanque de mezcla se encuentra aislado, con el objetivo de prevenir accidentes y evitar la disipación de energía al exterior. Se utiliza como material aislante Lana de vidrio, recubierta con una lámina de Aluminio de 0,5 mm de espesor.

## Molinos

El objetivo de esta operación es reducir el tamaño de la materia prima para aumentar la superficie específica de la misma, favoreciendo de esta forma la velocidad de reacción en la operación de extracción.

Se realiza en un primer momento una molienda grosera, y luego el refinado de la misma hasta alcanzar el tamaño requerido en el proceso. La granulometría final (en el equipo donde se realiza la segunda molienda) se regula a través de una rejilla con la luz correspondiente (en este caso, malla 5), ubicada a la salida del equipo.

Se utilizan molinos de cuchillas. Se utilizan equipos en serie (para realizar en un primer momento una molienda grosera y luego alcanzar el tamaño deseado), para evitar un tamaño excesivo de los mismos y optimizar el uso de la energía.

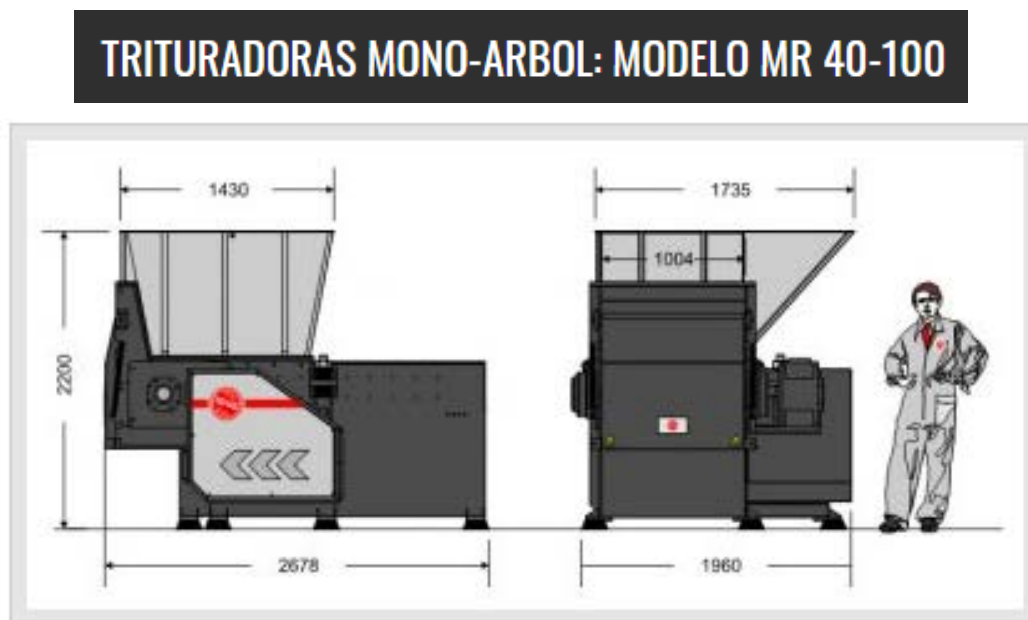


Figura 19

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:**

- ▶ Potencia Instalada en el rotor: 45 kW (HP 60) SIEMENS
- ▶ Potencia central hidráulica: 3,75 kW (HP 5)
- ▶ Transmisión: Mediante ejes
- ▶ N° rotores: 1
- ▶ Diámetro Rotor: 400 mm
- ▶ Largo rotor: 1000 mm
- ▶ N° Dentado reversible: 45
- ▶ N°Lados dentato utilizables: 4
- ▶ ½ R.P.M.: 85
- ▶ Peso: 4.400 Kgs
- ▶ Producción: 1,5-2 t/hora
- ▶ Dispositivo seguridad: Paro de emergencia, sistema de inversión cajón
- ▶ Realización conforme a las normas CE

Tabla 37

Número Malla (U.S. STD. Sieve)	Abertura (mm)	Abertura (pulg)
4	4.76	0.187
5	4.00	0.157
6	3.35	0.132
8	2.38	0.0937
10	2.00	0.0787
12	1.68	0.0661
14	1.41	0.0555

Tabla 38

**Filtro prensa**

Se trata de un equipo que opera a presión, en forma discontinua. Este tipo de filtros tiene la ventaja de ser muy versátil, variando fácilmente el área y las condiciones de filtración; requiere poco equipo adicional, así como un espacio menor que otros filtros, y su costo de mantenimiento es bajo.

Este equipo está formado por una serie de marco y placas intercalados, montados sobre un par de guías; las placas tienen una superficie acanalada para permitir el escurrido del filtrado, mientras que cada marco se recubre, de ambos lados, por el medio filtrante. Una vez armado el conjunto, se ajusta manual o hidráulicamente.

Como los marcos son huecos, entre cada par de placas queda constituida una cámara. A cada lado de la cámara se depositan dos tortas, mientras que el filtrado atraviesa el medio filtrante y escurre por los canales de las placas. Cuando la operación finaliza la prensa se abre y la torta se raspa y separa del medio filtrante.

Se cuenta con esta clase de equipos en dos secciones del proceso:

- En la separación de los sólidos luego de cada etapa de la extracción Sólido-Líquido, para recircular los sólidos al proceso mientras que el filtrado es almacenado.
- Luego de la segunda etapa de extracción, cuando ya fue extraída una gran cantidad de Ácido Clorogénico del palo verde de Yerba Mate, tal que no resulta económicamente viable una tercera extracción, los sólidos son tratados en un filtro prensa hasta alcanzar valores de humedad bajos, para luego ser vendido (esto fue explicado previamente en la sección de “Proceso”).

En un principio se determina la capacidad del filtro a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Total de galones}}{\text{por ciclo}} \times \frac{\text{Sólidos}}{\text{por peso}} \times \frac{\text{Peso en libras}}{\text{por galón de líquido}} \div \frac{\text{Peso (lbs)}}{\text{por ft}^3} = \frac{\text{Capacidad (ft}^3\text{)}}{\text{por ciclo}}$$

Datos	
Galones por ciclo	5415
Sólidos en peso	0,048
Peso en libras por galón de líquido	8,34
Peso en libras por pie cubico del sólido	37,45

Tabla 39

Resulta una capacidad de  $57,88 \frac{ft^3}{ciclo}$ . Teniendo en cuenta la densidad del agua, esto equivale a 1.639 Kg.

Tech specifications

Model	Filter Area(²)	Filter Chamber Volume(L)	Capacity(t/h)	Weight(kg )	Dimension(mm)
YL50	50	748	1-1.5	3456	4110*1400*1230
YL80	80	1210	1-2	5082	5120*1500*1400
YL100	100	1475	2-4	6628	5020*1800*1600
YL150	150	2063	3-5	10455	5990*1800*1600
YL200	200	2896	4-5	13504	7360*1800*1600
YL250	250	3650	6-8	16227	8600*1800*1600

Tabla 40

Se utilizará el mismo equipo para el secado de eliminar la humedad de los sólidos obtenidos.

**Columna de Intercambio Iónico**

Se utiliza para la separación del Ácido Quínico y Caféico en la corriente de salida del reactor de lecho fijo. Luego estos componentes abandonan la columna de forma separada, utilizando diferentes eluyentes. Se trata de una resina de intercambio aniónico débil. En un principio la solución que abandona el Reactor de Lecho Fijo atraviesa la columna, quedando retenidos productos de interés. Luego circulan por la columna los eluyentes, los cuales abandonan la misma conteniendo los productos.

Las resinas iónicas son sustancias granuladas o esféricas insolubles en agua, compuestas por una alta concentración de grupos polares, ácidos o básicos, incorporados a una matriz polimérica reticulada por la acción de un agente entrecruzante.

Con el objetivo de poder continuar con la operación cuando la capacidad de la resina se agota (es decir cuando la disponibilidad de iones para ser intercambiados disminuye), se colocan dos columnas en paralelo, para que una intervenga en la operación, mientras la otra es regenerada. La regeneración se lleva a cabo con una solución de Hidróxido de Sodio.

### DOWEX MARATHON WBA-2 Weak Base Anion Exchange Resin

Guaranteed Sales Specifications		FB (free base) form
Total exchange capacity, min.	eq/l	1.7
Water content	%	40 – 51
Uniformity coefficient, max.		1.1
Typical Physical and Chemical Properties		FB (free base) form
Mean particle size <sup>†</sup>	µm	550 ± 50
Whole beads	%	95 – 100
Total swelling (FB → HCl)	%	23
Particle density	g/ml	1.04
Shipping weight	g/l	640
	lbs/ft <sup>3</sup>	40
<sup>†</sup> For additional particle size information, please refer to the Particle Size Distribution Cross Reference Chart (Form No. 177-01775).		
Recommended Operating Conditions		
Maximum operating temperature	100°C (212°F)	
pH range	0 – 7	
Bed depth, min.	800 mm (2.6 ft)	
Flow rates:		
Service/fast rinse	5 – 30 m/h (2 – 12 gpm/ft <sup>2</sup> )	
Backwash	See figure 1	
Co-current regeneration/displacement rinse	1 – 10 m/h (0.4 – 4 gpm/ft <sup>2</sup> )	
Counter-current regeneration/displacement rinse	5 – 20 m/h (2 – 8 gpm/ft <sup>2</sup> )	
Total rinse requirement	2 – 4 bed volumes	
Regenerant	2 – 5% NaOH	

Figura 20

### Condensadores

El fin de estos equipos en el proceso es lograr el pasaje de una corriente de su estado gaseoso al líquido, con el fin de poder reciclarse y evitar un gasto excesivo de recursos. Se utiliza para las corrientes de Etanol, agua de ósmosis inversa.

Se utilizan condensadores horizontales de casco y tubo. Estos consisten en una coraza en la cual se tiene un determinado número de tubos unidos en los extremos a un cabezal. El refrigerante circula a través de los tubos, mientras que la corriente de proceso está contenida en la coraza.

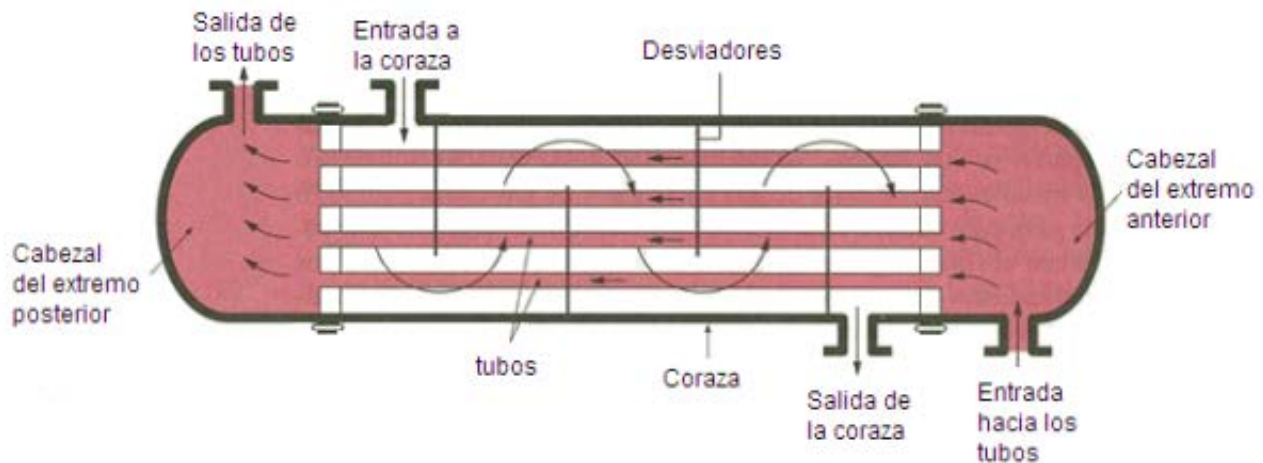


Figura 21

La suma de los caudales de Etanol que deben condensarse es de  $627 \frac{Kg}{h}$  (corresponde a los caudales que se obtienen del proceso y de la posterior purificación del Ácido Quínico).

- Condensador de Etanol (obtención Ácido Caféico): Corresponde a la condensación del Etanol que se utiliza en la elución del Ácido Caféico en la columna de intercambio iónico, y posteriormente se condensa para reciclarse al proceso. Se utiliza un condensador horizontal de casco y tubos:

Condensador 1	
Temperatura producto (°C)	100
Temperatura entrada refrigerante (°C)	0
Temperatura salida refrigerante (°C)	40
Q (kJ/h)	366.072,58
ΔT ml (°C)	56,04
U (W/m <sup>2</sup> .°C)	200
A (m <sup>2</sup> )	8,82

Tabla 41



Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 3/4 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 148 metros. Utilizando tubos de 2 metros se necesitarán 74 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,304 metros.

- Condensador de Etanol (purificación Ácido Quínico): Corresponde a la condensación del Etanol que se utiliza en la purificación del Ácido Quínico para alcanzar el nivel de pureza deseado, y posteriormente se condensa para reciclarse al proceso. Se utiliza un condensador horizontal de casco y tubos:

<b>Condensador 2</b>	
<b>Temperatura producto (°C)</b>	100
<b>Temperatura entrada refrigerante (°C)</b>	0
<b>Temperatura salida refrigerante (°C)</b>	40
<b>Q (kJ/h)</b>	160.432,12
<b><math>\Delta T</math> ml (°C)</b>	56,04
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	200
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	3,86

Tabla 42

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 3/4 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 65 metros. Utilizando tubos de 2 metros se necesitarán 33 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,203 metros.

### **Evaporador**

La función de los evaporadores dentro del proceso es la de concentrar soluciones para posteriores tratamientos. Se utiliza en:

- La concentración de la solución de Ácido Clorogénico que abandona el proceso de extracción, para poder alcanzar el valor de concentración con el cual ingresa al reactor de Lecho Fijo.
- La concentración de las soluciones que abandonan la Columna de Intercambio Iónico antes de su paso por los Cristalizadores, con el fin de disminuir el caudal que debe ser tratado, así como al energía que debe aportarse en la operación.

En ambos casos se utilizan evaporadores de película descendente (sus características se describieron previamente).

- Evaporador Solución de Extracción (salida del proceso de extracción sólido líquido): Se utiliza para aumentar la concentración de la solución que abandona el proceso de extracción, reduciendo de esta forma el volumen que debe almacenarse, y para alcanzar la concentración con la que se alimentará posteriormente al reactor de lecho fijo:

<b>Evaporador 1</b>	
<b>Temperatura vapor (°C)</b>	121,6
<b>Temperatura entrada producto (°C)</b>	90
<b>Temperatura salida producto (°C)</b>	100
<b>Q (kJ/h)</b>	10.531.224,58
<b>ΔT ml (°C)</b>	26,28
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	2000
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	66,77

Tabla 43

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 1 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 836 metros. Utilizando tubos de 4 metros se necesitarán 209 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,539 metros. Se cuenta con dos unidades de este equipo (analizado en el balance de Materia y Energía).

- Evaporador Solución de Agua, Cloruro de Sodio (0,05 M) – Ácido Quínico (salida de la columna de intercambio iónico): Se utiliza para aumentar la concentración de la solución que abandona la columna de intercambio iónico, reduciendo de esta forma la cantidad de energía que es necesario aportar en el cristalizador:

<b>Evaporador 2</b>	
<b>Temperatura vapor (°C)</b>	121,6
<b>Temperatura entrada producto (°C)</b>	25
<b>Temperatura salida producto (°C)</b>	100
<b>Q (kJ/h)</b>	1.010.838,01
<b>ΔT ml (°C)</b>	50,07
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	600
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	11,21

Tabla 44

Teniendo en cuenta que se utilizan tubos de 1 pulgada de diámetro exterior, el largo de los mismos resulta de 141 metros. Utilizando tubos de 3 metros se necesitarán 47 tubos. El diámetro de la coraza del equipo corresponde a 0,304 metros.

### Cristalizadores

El objetivo es lograr la separación de los productos en forma sólida, mediante la evaporación del solvente en el cual se encuentran en disolución, aumentando la concentración del soluto hasta límites mayores que su solubilidad, y su posterior precipitación.

Se utiliza un cristizador de circulación forzada. Dicho equipo consiste de cuatro elementos: el recipiente de cristizador, que proporciona la mayor parte del volumen de acuerdo a los requisitos del tiempo de permanencia; la bomba de circulación, la cual proporciona la energía de mezcla; el intercambiador de calor, que suministra energía al cristizador (para lograr la evaporación del solvente), y el equipo de vacío.

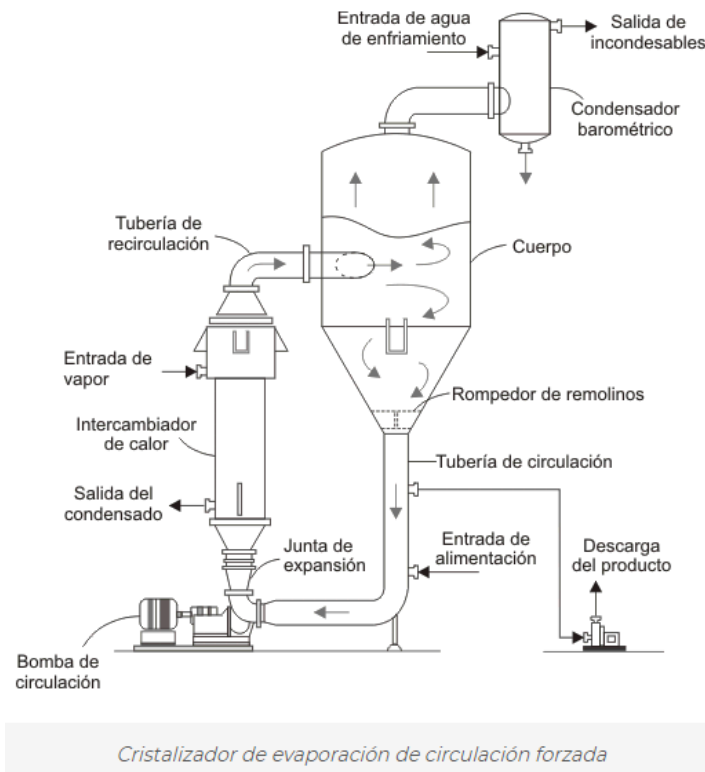


Figura 22



Figura 23

- Cristalizador de Ácido Caféico:

Datos Solución de proceso	
Masa inicial (Kg/h)	180,104
Calor vaporización (kJ/Kg)	841
Q (kJ/h)	151.467,77

Model (WRC)	160U	450U	900U	1600U	2500U
hopper capacity(KG)	100	300	60	1000	1500
Heater power(KW)	12	24	48	86	128
Blending motor power(KW)	0.25	1.1	1.5	1.5	2.2
Blower power(KW)	0.55	2.2	3	8.5	15
Max. throughput (KG/h)	50	150	300	500	750
Dimensions					
W (mm)	2380	3850	4450	5350	5670
D (mm)	1040	1440	1930	2190	2350
H (mm)	1140	2370	2890	3570	4050
Weight (mm)	230	500	870	2290	2790

Tabla 45

- Cristalizador Ácido Quínico (Proceso):

Datos Solución de proceso	
<b>Masa inicial (Kg/h)</b>	224,77
<b>Calor vaporización (kJ/Kg)</b>	2.257
<b>Q (kJ/h)</b>	507.305,89

Model (WRC)	160U	450U	900U	1600U	2500U
hopper capacity(KG)	100	300	60	1000	1500
Heater power(KW)	12	24	48	86	128
Blending motor power(KW)	0.25	1.1	1.5	1.5	2.2
Blower power(KW)	0.55	2.2	3	8.5	15
Max. throughput (KG/h)	50	150	300	500	750
Dimensions					
W (mm)	2380	3850	4450	5350	5670
D (mm)	1040	1440	1930	2190	2350
H (mm)	1140	2370	2890	3570	4050
Weight (mm)	230	500	870	2290	2790

Tabla 46

- Cristalizador Ácido Quínico (Purificación):

Datos Solución de proceso	
<b>Caudal (l/h)</b>	244,77
<b>Calor vaporización (kJ/Kg)</b>	841
<b>Densidad etanol (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,789
<b>Temperatura entrada (°C)</b>	25
<b>Temperatura salida (°C)</b>	78,4
<b>Cp etanol (kJ/Kg.K)</b>	2,44
<b>Q (kJ/h)</b>	187.580,11

Model (WRC)	160U	450U	900U	1600U	2500U
hopper capacity(KG)	100	300	60	1000	1500
Heater power(KW)	12	24	48	86	128
Blending motor power(KW)	0.25	1.1	1.5	1.5	2.2
Blower power(KW)	0.55	2.2	3	8.5	15
Max. throughput (KG/h)	50	150	300	500	750
Dimensions					
W (mm)	2380	3850	4450	5350	5670
D (mm)	1040	1440	1930	2190	2350
H (mm)	1140	2370	2890	3570	4050
Weight (mm)	230	500	870	2290	2790

Tabla 47

**Secadero**

Su función dentro del proceso es eliminar la humedad con la cual el producto abandona el cristalizador, para poder luego ser envasado.

En el caso equipo utilizado para tratar el Ácido Caféico es necesario una instalación antiexplosiva, ya que se trabaja con una sustancia inflamable, como es el Etanol. Además se trabaja con un exceso de aire para asegurar que la concentración de Etanol se encuentra siempre en valores que no resulten riesgosos.



Figura 24

Modelo No L.	RXH12C	RXH-14C
Capacidad de secado para cada vez (kg)	50	100
Poder (Kw)	0,45	0,45
Vapor para consumo (kg/h)	9	15
La capacidad de aire (M & sup3;/h)	3000	3400
Temperatura entre La parte superior e inferior (°C)	± 2	± 2
Placa para cada máquina	24	48
Tamaño de la máquina	1400* 1200*2000	2300 × 1200 × 2300
Detalle	De una sola puerta	Puerta doble

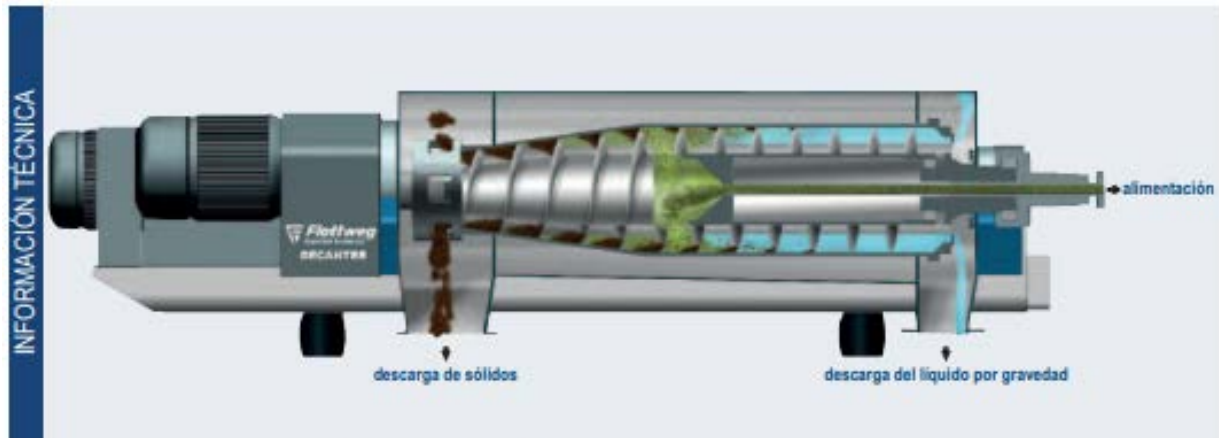
Tabla 48

### Centrífugas

Su función dentro del proceso es la de separar la biomasa obtenida en la fermentación del medio de cultivo, y así poder continuar con el proceso. El medio de cultivo se recircula al fermentador.

Se utiliza una centrífuga decantadora. El producto a ser separado se introduce a través de un tubo de alimentación central y es conducido a la zona media de alimentación del tornillo sinfín. Luego el producto es acelerado en dirección circunferencial, quedando los sólidos contenidos en la pared del tambor por efecto de la fuerza centrífuga, y se dirige e ingresa en el tambor centrífugo a través de las puertas de distribución.





Decanters Flottweg para la separación de sólidos y líquidos con descarga de la fase líquida por gravedad

Figura 25



DATOS TÉCNICOS DEL SEDICANTER® FLOTTWEG			
Modelo	S3E-3	S4E-3	S6E-3
Diámetro del tambor	300 mm	470 mm	670 mm
Velocidad del tambor	7750/rpm	5000/rpm	3650/rpm
Velocidad g máxima	10000	6500	5000
Velocidad diferencial	1,5 – 30/rpm	1,5 – 30/rpm	1,5 – 30/rpm
Materiales de construcción	Todas las partes en contacto con el producto son fabricadas en acero inoxidable de alta calidad (1.4571 y superior).		
Dimensiones* (l x a x a)	2304 x 700 x 752 mm	3222 x 1000 x 1200 mm	4527 x 1705 x 1270 mm
Peso bruto*	1050 kg	2400 kg	8580 kg
Potencia del motor Accionamiento del tambor	15 kW	37 kW	75 – 132 kW
Potencia del motor Accionamiento del tornillo Simp Drive® Flottweg	4 kW	5,5 kW	15 kW
Capacidad**	1 t/h	4 – 5 t/h	25 – 40 t/h
Diseño	S3E y S4E equipadas con capot abisagrado, juegos de toberas de enjuague para la carcasa y el tornillo; opcional: superficies electro-pulidas / versión estanca a gases		

Figura 26

### Tanques de almacenamiento

Se utiliza para almacenar reactivos y soluciones hasta su utilización. Es importante el uso de aislamiento en función de la temperatura de los tanques, tanto para evitar accidentes (por ejemplo en el caso del tanque que contiene la solución de Ácido Clorogénico luego de la extracción, la cual se encuentra a 90°C), como para preservar correctamente el contenido (por ejemplo en el caso del tanque donde se almacena la solución de Ácido Clorogénico concentrada que luego se utilizará en el reactor de lecho, y se encuentra a 4°C).

El material de fabricación es Acero Inoxidable AISI 316.

- Etanol: Por cuestiones de seguridad, el volumen de los tanques que almacenen este compuesto no podrá superar los 10 m<sup>3</sup>. Se toma como criterio para definir el volumen del tanque la posibilidad de poder abastecer al proceso durante dos días, teniendo en cuenta además que gran parte se condensa y se recicla al proceso. Sabiendo que el consumo de Etanol por hora es de 800 litros, y que la planta opera 24 horas por día, el consumo de Etanol en ese período es de 38,400 litros. Sumando un Se decide instalar 5 tanques de 7,7 m<sup>3</sup> cada uno. Cada tanque contará con un recinto que permita contener el volumen de líquido en caso de un derrame. Se diseña el recinto para contener un volumen de 10 m<sup>3</sup>. Las dimensiones del recinto resultan de 2,85 metros de largo y ancho (se extiende 0,5 metros con respecto al borde del tanque), y 1,25 metros de altura.

Dimensiones	
H (m)	2,78
D (m)	1,85
h(m)	0,46
Altura total (m)	3,71

Tabla 49

- Solución de Ácido Clorogénico (20 g/l): El diseño de los tanques utilizados en el almacenamiento de esta corriente se analizó anteriormente en este capítulo.
- Solución de Ácido Clorogénico (entre cada etapa de extracción): Luego de la primera etapa de extracción del Ácido Clorogénico, y luego de finalizar dicho

proceso, el volumen resultante de ambas extracciones se almacena en un tanque desde donde se alimenta a los evaporadores para continuar con el proceso. El volumen obtenido luego de las dos extracciones es de 40.650 litros. Se utilizan dos tanques que trabajan en paralelo. Debido a que se encuentran a una temperatura de 90°C, es necesario que sean recubiertos con un aislante.

Dimensiones	
H (m)	4,85
D (m)	3,23
h(m)	0,80
Altura total (m)	6,47

Tabla 50

Por otro lado, también es necesario calcular el volumen del tanque que se utilizará para almacenar el filtrado entre etapas de extracción de la solución utilizada como inductora en el fermentador. De acuerdo al Balance de Materia y energía, la cantidad de solución generada luego de ambas etapas es de 770 litros. Se determinan las dimensiones del tanque utilizando este volumen.

Dimensiones	
H (m)	1,29
D (m)	0,86
h(m)	0,21
Altura total (m)	1,72

Tabla 51

- Solución de Ácido Clorogénico (utilizada como inductor): El volumen de solución inductora que se almacena corresponde a 3.080 litros. Para evitar pérdidas de energía al exterior y mantener las condiciones necesarias para la correcta conservación del contenido, se recubre el tanque con un aislante.

Dimensiones	
H (m)	2,05
D (m)	1,36
h(m)	0,34
Altura total (m)	2,73

Tabla 52

- Refrigerante Propilenglicol-Agua (30%): La cantidad de refrigerante utilizado es de  $7.127,29 \frac{Kg}{h}$ . Se incluye además el equipo frigorífico que se utiliza para que el refrigerante regrese a su temperatura inicial. El tanque se encuentra aislado (con fibra de vidrio) para evitar la pérdida de energía al exterior. Teniendo en cuenta que la densidad del refrigerante es de  $1,03 \frac{g}{cm^3}$ , resulta un volumen de  $8 m^3$  (se sobredimensiona para cubrir la demanda ante cualquier circunstancia).

Dimensiones	
H (m)	2,82
D (m)	1,88
h(m)	0,47
<b>Altura total (m)</b>	<b>3,76</b>

Tabla 53

- Solución Agua - Cloruro de Sodio (0,05 M): Teniendo en cuenta que la cantidad de solución utilizada es de  $591,5 \frac{Kg}{h}$ , se determina el tamaño del tanque necesario para cubrir la demanda durante tres horas. Sabiendo que la densidad de la solución es de  $1 \frac{g}{cm^3}$  (al estar tan diluida se asemeja a la del agua), resulta un volumen de  $2 m^3$ .

Dimensiones	
H (m)	1,77
D (m)	1,18
h(m)	0,29
<b>Altura total (m)</b>	<b>2,37</b>

Tabla 54

- Purificación del Ácido Quínico: Sabiendo que el consumo de Etanol en el proceso de purificación es de  $244,77 \frac{l}{h}$  de Etanol (ver “Balance de Materia y Energía”), se instala un tanque de 500 litros para realizar la dilución.

Dimensiones	
H (m)	1,12
D (m)	0,74
h(m)	0,18
<b>Altura total (m)</b>	<b>1,49</b>

Tabla 55

### **Fermentador**

Se utiliza en la fermentación del microorganismo *Aspergillus Niger* AKU 3302, a través del cual se obtendrá la enzima Clorogenato Hidrolasa, la cual es responsable de la hidrólisis del Ácido Clorogénico. Se trata de un microorganismo aerobio, con lo cual es necesario introducir Oxígeno para su desarrollo.

El equipo trabaja en forma semibatch, es decir, en un primer momento se añade el microorganismo y el medio de cultivo, y luego de un cierto período de fermentación se añade el inductor para la producción de la enzima.

Todas las corrientes que ingresen al fermentador deben estar previamente esterilizadas, para evitar el ingreso de alguna partícula o microorganismo que pueda afectar el correcto desarrollo de la operación. Para este fin se cuenta con filtros especiales, así como autoclaves que permiten asegurar la inocuidad necesaria.

A su vez, el reactor cuenta con diversos elementos de control que permiten medir características como la temperatura, el pH, concentración de ciertos iones, con el fin de asegurar las condiciones óptimas en función del producto que desea obtenerse (en este caso, la enzima Clorogenato Hidrolasa).

El material de construcción es acero inoxidable AISI 316.

Dimensiones	
H (m)	3,69
D (m)	2,46
h(m)	0,61
<b>Altura total (m)</b>	<b>4,93</b>

Tabla 56

Es necesario además mantener una agitación continua. Se utilizan agitadores de paletas planas (denominado Rushton), en los que el oxígeno ingresa por el eje del agitador, y es distribuido uniformemente por el movimiento de las paletas.

Además es necesario contar con un fermentador, para escalar el proceso desde el laboratorio y evitar que el microorganismo no se adapte a las nuevas condiciones y muera, perdiendo de esta forma la enzima y la capacidad de obtener los productos deseados en el proceso. Se determina un volumen que corresponde a la décima parte del volumen del fermentador, es decir, 1,8 m<sup>3</sup>.

Dimensiones	
H (m)	1,71
D (m)	1,14
h(m)	0,28
<b>Altura total (m)</b>	<b>2,28</b>

Tabla 57

Por otra parte, deben considerarse también los tanques donde se lleva a cabo el tratamiento de la biomasa con una solución de Alginato de Sodio y luego de Cloruro de Calcio (0,5 M). En el caso del primer tratamiento, sabiendo que según bibliografía cada gramo de biomasa se disuelve en 10 ml de solución de Alginato de Sodio, y se trabaja con 295 Kg de biomasa, resulta un volumen de solución necesario de 2,95 m<sup>3</sup>. Las dimensiones del tanque resultan:

Dimensiones Tanque Suspensión Alginato	
H (m)	2,03
D (m)	1,35
h(m)	0,33
<b>Altura total (m)</b>	<b>2,71</b>

Tabla 58

Por otro lado, el tanque donde se lleva a cabo el tratamiento con Cloruro de Calcio se dimensiona sabiendo que por la relación de volumen entre la solución de Alginato de Sodio y biomasa y la solución de Cloruro de Sodio es 1:6. Resulta entonces un volumen de solución de Cloruro de Sodio de 18 m<sup>3</sup>. Finalmente, las dimensiones del tanque resultan:

Dimensiones Tanque Tratamiento CaCl <sub>2</sub>	
H (m)	3,89
D (m)	2,59
h(m)	0,64
Altura total (m)	5,19

Tabla 59

### Calefacción de tanques por camisa: Ciclo cerrado

En ciertos equipos es necesario mantener una temperatura dentro del mismo, para favorecer las reacciones o procesos que se estén llevando a cabo. Con el objetivo de reducir el consumo de agua, se instalan ciclos cerrados para proveer del fluido necesario para la calefacción. Esto se aplica en:

- Fermentador y prefermentador: Circula por camisa agua a 35°C, con el objetivo de mantener en el medio de crecimiento una temperatura de 30°C, y favorecer de esta forma el desarrollo del microorganismo.
- Reactor de lecho fijo: Se hace circular agua con el objetivo de mantener la temperatura en el medio de reacción, ya que se trata de un proceso endotérmico, y una baja en la temperatura puede disminuir la actividad de la enzima encargada de la hidrólisis. Se hace circular por camisa agua a 60°C.
- Tratamiento térmico (biomasa): El objetivo es lograr que la biomasa pierda su capacidad de crecimiento, pero la matriz celular sirva como soporte de la enzima. Se hace circular por camisa agua a 60°C, con el objetivo de mantener una temperatura de 55°C en el medio.

En el caso del fermentador y del tratamiento térmico se utilizará un tanque de 2 m<sup>3</sup> de capacidad, ya que el consumo de agua no es muy elevado, mientras que en el caso del reactor de lecho se instala un tanque de 3,5 m<sup>3</sup> (sabiendo que el caudal de agua que circula por el equipo es de  $1.671,14 \frac{Kg}{h}$ , se instala un volumen que permita abastecer el proceso durante dos horas). En todos los casos se utilizan intercambiadores de calor de placas para volver el fluido

a su temperatura original, ya que cuentan con áreas de intercambio térmico elevadas en espacios más reducidos.

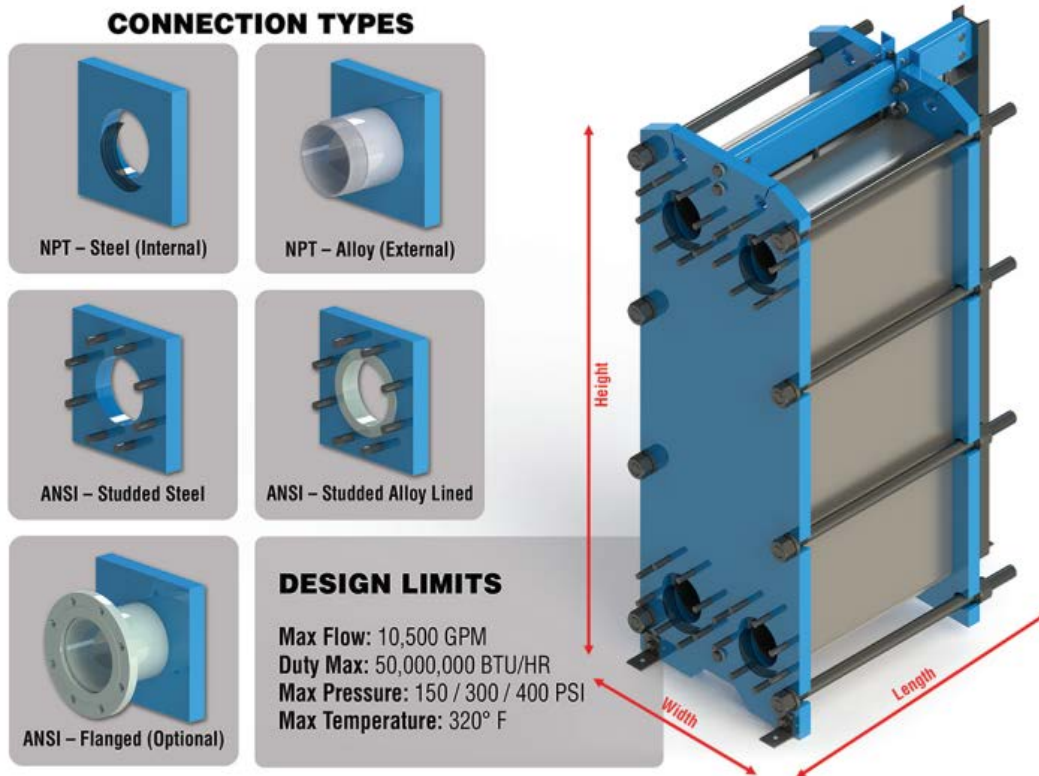
<b>Dimensiones Tanque para ciclo cerrado Tratamiento Térmico (biomasa) y Fermentador</b>	
<b>H (m)</b>	1,77
<b>D (m)</b>	1,18
<b>h(m)</b>	0,29
<b>Altura total (m)</b>	2,37

Tabla 60

<b>Dimensiones Tanque para ciclo cerrado Reactor de Lecho Fijo</b>	
<b>H (m)</b>	2,14
<b>D (m)</b>	1,42
<b>h(m)</b>	0,35
<b>Altura total (m)</b>	2,85

Tabla 61





**SPECIFICATION & DIMENSIONS BY MODEL**

Model	Maximum Flowrate (GPM)	Height (in.)	Width (in.)	Maximum Length (in.)	Conn. Size (in.)	Area Maximum (ft²)	Weight (lbs.)	
							Base	Per Plate
WP11	50	21	8	18	1	30	110	0.5
WP12	50	32	8	18	1	60	150	1
WP22	200	24	13	60	2	240	370	1.5
WP23	200	36	13	60	2	520	460	2
WP24	200	44	13	60	2	730	530	2.5
WP30	300	25	16	60	3	350	520	1.5
WP42	800	44	20	84	4	600	1000	3.5
WP43	800	44	20	84	4	1000	1000	3
WP47	800	73	20	108	4	3210	1670	6
WP62	1800	55	25	120	6	3110	1520	6
WP63	1800	71	25	120	6	4200	3000	7
WP65	1800	87	25	120	6	6170	2720	10
WP82	3000	78	31	120	8	4680	2380	9.5
WP83	3000	95	31	120	8	6850	3170	12
WP122	7000	96	42	192	12	11510	4980	17
WP123	7000	124	42	216	12	17750	6660	23

Figura 27

**Autoclaves**

Se utilizan para asegurar la esterilidad necesaria de las corrientes que ingresan al fermentador.

El material de fabricación del equipo es Acero Inoxidable AISI 316, con el fin de asegurar los estándares de calidad requeridos.

Se determina el equipo con el objetivo de poder completar el volumen inicial del medio de fermentación (14.750 litros) en una hora. Se colocan dos unidades del equipo seleccionado.



**Tubular type continuous disinfection system**

Tubular sterilizer is widely used in medium and low viscosity medium material.

After the medium is sterilized and cooled by the equipment, the purpose of commercial sterilization and direct inoculation temperature can be achieved, according to the different technological requirements of sterilization, heat preservation and cooling of materials, the combined system of single-stage, double-stage and multiple-stages can be designed.

Processing capacity (ton/hour)	1-20	Sterilization temperature (Celsius)	121-145
Steam pressure (MPa)	>0.6	Holding time (seconds)	According to customer requirements
Steam consumption (ton/hour)	100-2500	Power (kW)	3-11

Figura 28

Parameter	UHT-0.5	UHT-1.0	UHT-3.0	UHT-5.0	UHT-10.0
Capacity (t/h)	0.5	1	3	5	10
Steam pressure (MPa)	0.6				
Sterilize temperature (°C)	95–138				
Sterilize time (s)	3–45 (adjustable)				
Material inlet temperature (°C)	25–50 (adjustable)				
Material outlet temperature (°C)	25–50 (adjustable)				
Steam consumption (kg/h)	55	100	280	450	870
Power (kw)	2.75	3.5	6.5	8	11
Size (m)	3x1.5x1.6	3.3x1.6x1.8	4.5x1.8x2.0	4.5x2.0x2.0	4.5x2.0x2.0
Weight (kg)	1760	2000	2650	3080	5300

Tabla 62

En función del caudal con el que se trabaja, se instalan dos unidades del equipo seleccionado.

**Liofilización**

Se aplica este proceso a la biomasa antes de ser cargada al reactor, con el objetivo de eliminar la humedad, y al mismo tiempo conservar las propiedades de la enzima para poder utilizarse en el proceso. La cantidad de material a tratar es 295 Kg.



Figura 29

Parámetros de liofilizador

Modelo	FD-50	FD-100	FD-200	FD-300	FD-300
Tipo	Tipo conductivo				
Capacidad de hielo (kg)	50kg	100kg	200kg	300kg	300kg
Temperatura del condensador	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C	-45°C
Temperatura del estante (°C)	-30 to 60	-30 to 60	-30 to 60	-30 to 60	<100
Refrigeración del producto	en situ	en situ	en situ	en situ	en CRI
Congelación del producto (°C)	-35°C	-35°C	-35°C	-35°C	-35°C
Número de estantes	6	8	10	11	9
Dimensión del estante (m)	1.2*0.7	1.6*0.8	2.01*1	2.3*1.2	2.8*1.2
Espacio entre estantes (mm)	50	50	50	50	95
Medio de transferencia	aceite	aceite	aceite	aceite	agua
Número de bandejas	12 piezas	16 piezas	60 piezas	66 piezas	64 piezas
Dimensión de la bandeja (mm)	600*700	800*800	500*670	550*650	605*690
Carretilla (1460*1390mm)	/	/	/	/	2
Carril para carga rápida	/	/	/	/	incluido
Congelador rápido individual	/	/	/	/	incluido
Refrigerante	R404a	R404a	R404a	R404a	R404a
El modo de enfriamiento	por aire	por aire	por agua	por agua	por agua
Último vacío (Pa)	10 Pa	10 Pa	10 Pa	10 Pa	10 Pa
La forma de descongelar	por agua	por agua	por agua	por agua	por agua
Requisito de poder (kw)	11kw	19kw	34kw	50kw	50kw
Área de instalación (m²)	9	10	15	20	100
Dimensión de cámara(m)	2.6*1.2*2	3*1.4*2.1	3.7*2*2.2	4.4*2*2.5	5.5*2*2.5
Peso estimado (kg)	2000	2500	3500	5500	7000

Tabla 63

### Almacenaje del catalizador

Se utiliza para conservar el catalizador hasta que sea utilizado en el reactor de lecho fijo. Se almacena a una temperatura de 4°C.



Figura 30

Model	BXC-V160M(II)	BXC-V250M(II)	BXC-V310M(II)	BXC-V588M(II)	BXC-V1000M(II)
External Size(W*D*H) mm	500*550*1300	580*575*1810	620*575*1980	1220*630*1885	1220*860*1885
Capacity	160L	250L	310L	588L	1000L
Temp. Range	2°C~8°C				
Temp. Accuracy	0.1°C				
Control System	Microprocessor Control, Large Screen LED Display				
Alarm	Audible and visual alarm for: High and low temperature, Power failure alarm, Sensor failure, Door ajar				
Refrigeration Type	Forced air refrigeration system				
Refrigerant	R600a, CFC Free			R134a, CFC Free	
Condenser & Evaporator	Bundy tube condenser			High efficiency air cooled condenser, made of copper	
Defrost	Auto defrost				
Door	Glass door with heat reflection film			Glass door with electric heating	
Construction	Structure Unibody Design & Mono-assembly foaming (Rigid polyurethane insulation material)				
	Internal Material Embossed aluminum sheet			Cold-rolled steel coated with anti-bacteria powder	
	External Material PCM			Cold-rolled steel coated with anti-bacteria powder	
Shelves	4 pcs	4 pcs	5 pcs	10 pcs	
Consumption	138W	170W	180W	580W	
Power Supply	AC110/220V±10%, 50/60Hz				
Standard Accessory	LED Lamp, shelves, door keys, USB port, probe access port(BXC-V588M(E) & BXC-V1000M(E))				
Optional Accessory	Temperature recorder				
Package Size(W*D*H)mm	590*594*1380	670*650*1870	700*650*2030	1340*750*2100	1340*980*2100
Gross weight	51kg	58kg	64kg	248kg	280kg

Tabla 64

Se instalan dos unidades del equipo seleccionado.

### **Cinta Transportadora**

Se utiliza en el movimiento de sólidos a granel dentro de la planta, por ejemplo dirigiendo a los sólidos desde los molinos a la zona donde se realiza la extracción sólido líquido, como a los silos donde son almacenados.



Figura 31

### **Envasadora**

En este equipo se envasan los productos sólidos en forma de polvo para ser vendidos. Se envasan en bolsas de 25 kg.

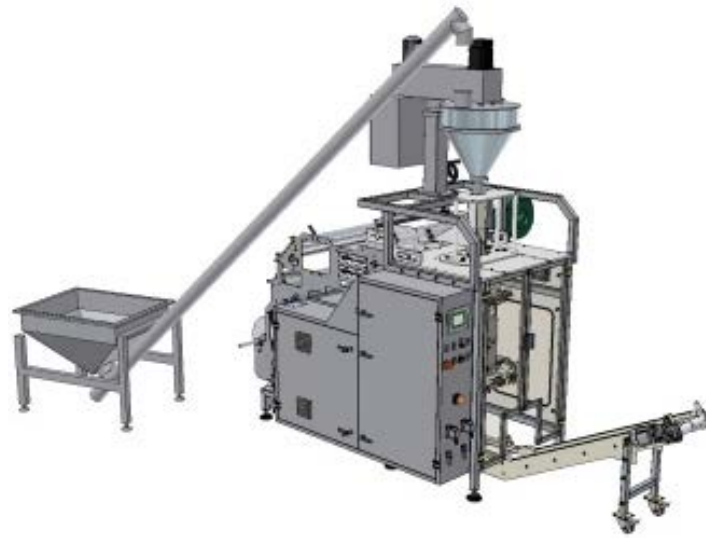


Figura 32

Peso rango de llenado	5-50 kg
Fuente de alimentación	AC380V 50/60Hz 3 Fase
Velocidad de llenado	5-8 bolsas/minuto
Transportador de dimensión	L: * W 2200mm: 440mm * H: 400mm
Peso de medición error	Menos de 0.2%
Suministro de aire comprimido	0,4-0.6MPa
Bolsa de sellado de unidad de dosificación	Sellado de costura o sellado térmico para opcional
Máquina de dimensión general	L: 2300mm * W: 1500mm * H: 2650mm
Dimensiones empaquetadas de la caja del contrachapado de la máquina	L: 2400mm * W: 1200mm * H: 1100mm
Peso total de la máquina	400Kg

Tabla 65



## **Anexo: Diseño Sistema de Control**

El objetivo de un sistema de control es mantener una variable en un valor predeterminado ante la aparición de cambios en el sistema, que se denominan perturbaciones. Los elementos principales de un sistema de control son:

- Sensor, cuya función es captar la magnitud medida.
- Transmisor, cuya función es transformar la magnitud medida por el sensor.
- Actuador, que realiza una acción en respuesta a una señal de entrada
- Controlador, que se encarga de amplificar o modificar adecuadamente la señal de error con el fin de que la acción de control sobre el sistema sea más eficaz.
- Comparador, compara la salida del proceso con una señal de referencia de entrada.
- Elemento final de control, frecuentemente se trata de una válvula.

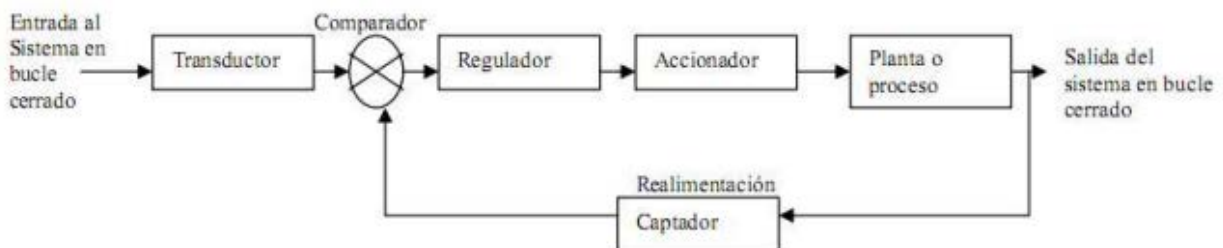


Figura 33

Se diseña el sistema de control del proceso que corresponde al calentamiento de la solución de Ácido Clorogénico previo a ingresar al reactor de lecho fijo. Es importante que la temperatura en este punto se mantenga estable en un valor de 50°C, ya que a esta temperatura la enzima alcanza su máximo valor de actividad.

El proceso se lleva a cabo en un intercambiador de calor de placas, utilizando como fluido calefactor vapor saturado a 2,5 bares. Tal como se analizó en el “Balance de Materia y Energía”:

Datos Solución de proceso	
Caudal (l/h)	1.090,38
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1
Cp (kJ/Kg.K)	4,128
Temperatura de entrada (°C)	4
Temperatura de salida (°C)	50
Q (Kj/h)	207.050,07

Tabla 66

Datos Fluido Calefactor	
Calor latente vapor (kJ/Kg)	2.180,6
Temperatura de entrada (°C)	121,6
Temperatura de salida (°C)	121,6

Tabla 67

El caudal de fluido calefactor necesario para llevar a cabo el proceso es de  $94,95 \frac{Kg}{h}$ .

En función de la temperatura de salida, se modifica mediante una válvula el caudal de vapor que circula por el equipo.

### **Elementos del sistema de control**

Se utiliza como elemento para medir la temperatura una termorresistencia. Si bien su costo es más elevado que el de otros dispositivos, por ejemplo termocuplas, cuentan con algunas ventajas con respecto a éstas últimas: Son muy sensibles a variaciones leves de temperatura, hasta décima de grado centígrado, lo que los hace más eficientes en el control de bajas temperaturas cuando se requiere un grado de exactitud más alto. En el caso de las termocuplas, se recomiendan para casos en los que no se requiere un control tan estricto de la temperatura, o cuando se trabaja a temperaturas más elevadas en las cuales una variación de algunos grados en la lectura no afecta al control del proceso (por ejemplo en un horno industrial).

Una termorresistencia opera midiendo los cambios en la resistencia eléctrica de un metal a medida que varía la temperatura (la resistencia del metal aumenta a medida que aumenta la temperatura).

El material de la termorresistencia es de Platino, y corresponde a una termorresistencia Pt100, ya que se encuentra dentro del rango de medición y permite una precisión adecuada, a

la vez que su costo no es tan elevado. Se utiliza una conexión de tres cables para asegurar la precisión en la medición.

**Laureate™ RTD Temperature Panel Meter / Controller**  
 High accuracy plus linearized transmitter & control outputs

**Features**




- Reads 100Ω platinum, 10Ω copper & 120Ω nickel RTDs
- 2, 3 or 4-wire connection with lead resistance compensation
- Selectable 1°, 0.1°, or 0.01° resolution, °C, °F, K or R
- Up to 60 conversions per second, peak or valley display
- Universal 85-264 Vac / 90-300 Vdc or 10-48 Vdc / 12-32 Vac power
- Wide choice of options:
  - 2 or 4 relays, mechanical or solid state (isolated)
  - Analog output, 4-20 mA, 0-10V, or -10V to +10V (isolated)
  - Serial data I/O: Ethernet, USB, RS485, RS232 (isolated)



Figura 34

**Specifications**


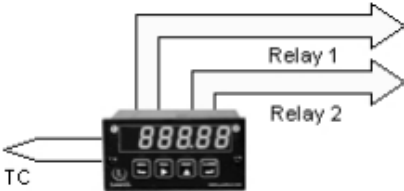
RTD Metal	Alpha	R at 0°C	R at top of range	Excitation Current	Range	Conformity Error
Platinum	0.003850 (DIN)	100Ω	390.48Ω at 850°C	196 μA	-200°C to +850°C -328°F to +1562°F	±0.03°C ±0.05°F
Platinum	0.003902 (ANSI)	100Ω	394.36Ω at 850°C	196 μA	-200°C to +850°C -328°F to +1562°F	±0.04°C ±0.07°F
Nickel	0.00672	120Ω	380.31Ω at 260°C	196 μA	-80°C to +260°C -112°F to +500°F	±0.05°C ±0.09°F
Copper	0.00427	9.035Ω	19.116Ω at 260°C	5.0 mA	-97°C to +260°C -143°F to +500°F	±0.05°C ±0.09°F

 LAUREL ELECTRONICS INC., 3183-G Airway Ave., Costa Mesa, CA 92626, USA • Tel 714-434-6131 • www.laurels.com

<b>Display</b>	
Readout Color Indicators	5 digits, 7-segment, 14.2 mm (.56") Red or green LED Minus sign, 2 red LED lamps
<b>Accuracy</b>	
Calibration, Pt 100 DIN Calibration, Pt 100 ANSI Calibration, Ni 120 Max error at 25°C, Pt100 Span tempco Zero tempco Provision for user calibration	Per IEC 751 (ITS-90) NIST Monograph 126 DIN 43760 $\pm 0.04^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 0.07^{\circ}\text{F}$ ) $\pm 0.01\%$ of reading $\pm 0.003\%$ of reading/ $^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.03$ deg/deg Multiplier of RTD resistance plus offset in degrees
<b>Electrical</b>	
Connection Overvoltage protection Open sensor indication Sensor lead resistance Tempco per conductor	2, 3 or 4-wire 125 Vac Flashes full-scale 2-wire, 10 mdeg/ $\Omega$ /deg up to 10 $\Omega$ 3 & 4-wire, 10 mdeg/ $\Omega$ /deg up to 100 $\Omega$
<b>A-to-D Conversion</b>	
Technique A-to-D Rate Output Update Display Update	Concurrent Slope™ (Pat 5,262,780) 60/s at 60 Hz, 50/s at 50 Hz 56/s at 60 Hz, 47/s at 50 Hz 3.5/s at 60 Hz, 3/s at 50 Hz
<b>Power</b>	
Voltage, standard Voltage, optional Power frequency Power consumption (typical, base meter) Power isolation Ratiometric operation	85-264 Vac or 90-300 Vdc 12-32 Vac or 10-48 Vdc DC or 47-63 Hz 1.2W @ 120 Vac, 1.5W @ 240 Vac, 1.3W @ 10 Vdc, 1.4W @ 20 Vdc, 1.55W @ 30 Vdc, 1.8W @ 40 Vdc, 2.15W @ 48 Vdc 250V rms working, 2.3 kV rms per 1 min test Automatically compensates for changes in excitation level

<b>Analog Output (optional)</b>	
Output Levels	4-20 mA, 0-20 mA, 0-10V, -10 to +10V (jumper selectable)
Current compliance	2 mA at 10V ( > 5 kΩ load)
Voltage compliance	12V at 20 mA ( < 600Ω load)
Scaling	Zero and full scale adjustable from -99999 to +99999
Resolution	16 bits (0.0015% of full scale)
Isolation	250V rms working, 2.3 kV rms per 1 min test
<b>Relay Outputs (optional)</b>	
Relay Types	2 Form C contact relays or 4 Form A contact relays (NO) 2 or 4 Form A, AC/DC solid state relays (NO)
Current Ratings	8A at 250 Vac or 24 Vdc for contact relays 120 mA at 140 Vac or 180 Vdc for solid state relays
Output common	Isolated commons for dual relays or each pair of quad relays
Isolation	250V rms working, 2.3 kV rms per 1 min test
<b>Serial Data I/O (optional)</b>	
Board Selections	Ethernet, Ethernet-to-RS485 server, USB, USB-to-RS485 server, RS485 (dual RJ11), RS485 Modbus (dual RJ45), RS232.
Protocols	Modbus RTU, Modbus ASCII, Laurel ASCII protocol
Data Rates	300 to 19200 baud
Digital Addresses	247 (Modbus), 31 (Laurel ASCII),
Isolation	250V rms working, 2.3 kV rms per 1 min test

**Application Examples**

 <p>The diagram shows a Laureate temperature meter with a digital display showing '88888'. On the left, there is a TC (Temperature Control) input. On the right, there is a 4-20 mA output terminal.</p>	<p><b>Operation as a 4-20 mA Transmitter</b></p> <p>With the optional analog output board, Laureate temperature meters can serve as superb, isolated 4-20 mA transmitters. The analog output is scaled to the display, which is linearized to °C or °F and is exceptionally accurate. The analog output further tracks the high read rate of the meter, at up to 60 readings per second at 60 Hz power. Fast update rates are beneficial in many closed-loop and PID control applications.</p>
 <p>The diagram shows a Laureate temperature meter with a digital display showing '88888'. On the left, there is a TC (Temperature Control) input. On the right, there are two relay output terminals labeled 'Relay 1' and 'Relay 2'.</p>	<p><b>Operation as a Fast Controller</b></p> <p>With the dual contact relay or dual solid state relay output board options, Laureate temperature meters can serve as extremely fast and accurate ON/OFF controllers for closed-loop temperature control. Multiple setpoint operating modes are individually selectable for each relay, as explained in the dual-setpoint controller section. Relay duty cycles and chatter can be minimized with programmable hysteresis and time delays. High duty cycles and extremely fast response times are possible with the solid state relay, which has a typical response time of only 17 ms.</p>

Environmental	
Operating Temp.	0°C to 55°C
Storage Temp.	-40°C to 85°C
Relative Humidity	95% at 40°C, non-condensing
Protection	NEMA-4X (IP-65) when panel mounted

Tabla 68

### Cañerías

Se utiliza para realizar el diseño de tuberías una velocidad de vapor de  $25 \frac{m}{s}$ , la cual corresponde según consideraciones prácticas obtenidas de fabricantes y bibliografía, una condición segura de funcionamiento. Sabiendo que el caudal de vapor que circula es de  $94,95 \frac{Kg}{h}$  se aplica la siguiente expresión para determinar el diámetro de la cañería:

$$Q = v \cdot A$$

Donde “Q” representa el caudal de vapor, “v” la velocidad de circulación del mismo, y “A” el área transversal de la cañería. Reemplazando los valores en la expresión anterior se obtiene un área de  $0,0007 \text{ m}^2$ , lo que corresponde a un radio de 1,5 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a las medidas de cañería disponibles comercialmente se selecciona la siguiente cañería:



**VALVULAS  
INDUSTRIALES S.A.**  
CAÑERIAS - VALVULAS - FITTINGS - ACCESORIOS

## CAÑERIAS ACERO CARBONO

CAÑERIAS ACERO CARBONO SIN COSTURA ERW  
ASTM A106 GRADO B / API 5L GRADO B  
NEGRAS  
EXTREMOS PLANOS, BISELADOS Y ROSCADOS

Diametro Nominal pulg.	Diametro Exterior mm.	Número Schedule.	Espesor Nominal mm.	Peso Teórico Kg/mt.	Presión Máxima PSI
1/2	21,30	40	2,77	1,27	1694
		80	3,73	1,62	3036
3/4	26,70	40	2,87	1,69	1450
		80	3,91	2,20	2589
1	33,40	40	3,38	2,50	1578
		80	4,55	3,24	2601
1 1/4	42,20	40	3,56	3,39	1069
		80	4,85	4,47	1941
1 1/2	48,30	40	3,68	4,05	1004
		80	5,08	5,41	1821
2	60,30	40	3,91	5,44	903
		80	5,54	7,48	1659
2 1/2	73,00	40	5,16	8,63	1214
		80	7,01	11,41	1936
3	88,90	40	5,49	11,29	1094
		80	7,62	15,27	1773



Tabla 69

### Válvula

Es el elemento final del lazo de control, y se encarga de regular el pasaje de vapor hacia el equipo.

El Cv requerido de la válvula se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Cv = 0,25 \cdot Qs \cdot \sqrt{\frac{T}{\Delta P \cdot P_2}}$$

Siendo “Qs” el caudal de vapor que circula por la válvula, “T” la temperatura del vapor, “ΔP” la caída de presión generada por la válvula, “P<sub>2</sub>” la presión a la salida de la válvula.

Si bien el vapor se genera en la caldera a 10 bares, se utiliza una válvula reductora de presión y se reduce la misma hasta 3 bares, y en estas condiciones ingresa a la válvula.

Datos	
Qs (Kg/h)	94,95
T (K)	394
$\Delta P$ (kPa)	50
P <sub>2</sub> (kPa)	250

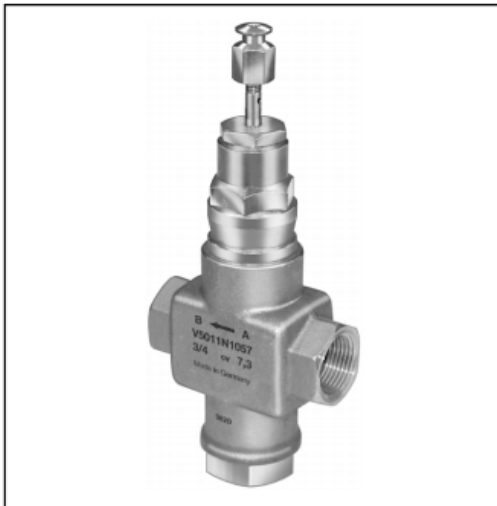
Tabla 70

Resulta un Cv requerido de 4,2. La válvula que se instale debe tener un Cv mayor para funcionar de forma adecuada.

Se utiliza una válvula globo:

## Two-Way Threaded Globe Valve

### PRODUCT DATA



### FEATURES

- Red brass body with NPT-threaded end connections.
- Low seat leakage rate ( $\leq 0.05$  percent  $C_v$ ).
- 50:1 rangeability per VDI/VDE 2173.
- Spring-loaded, self-adjusting packing.
- Accurate positioning to ensure state of the art temperature control.
- Directly coupled electric and pneumatic actuators for easy mounting.
- Sizes range from 1/2 inch to 2 inches.
- Valve designs provide equal percentage flow characteristic for water and linear flow characteristic for steam.
- Stainless steel stem and metal-to-metal seats.
- Repack and rebuild kits for field servicing.

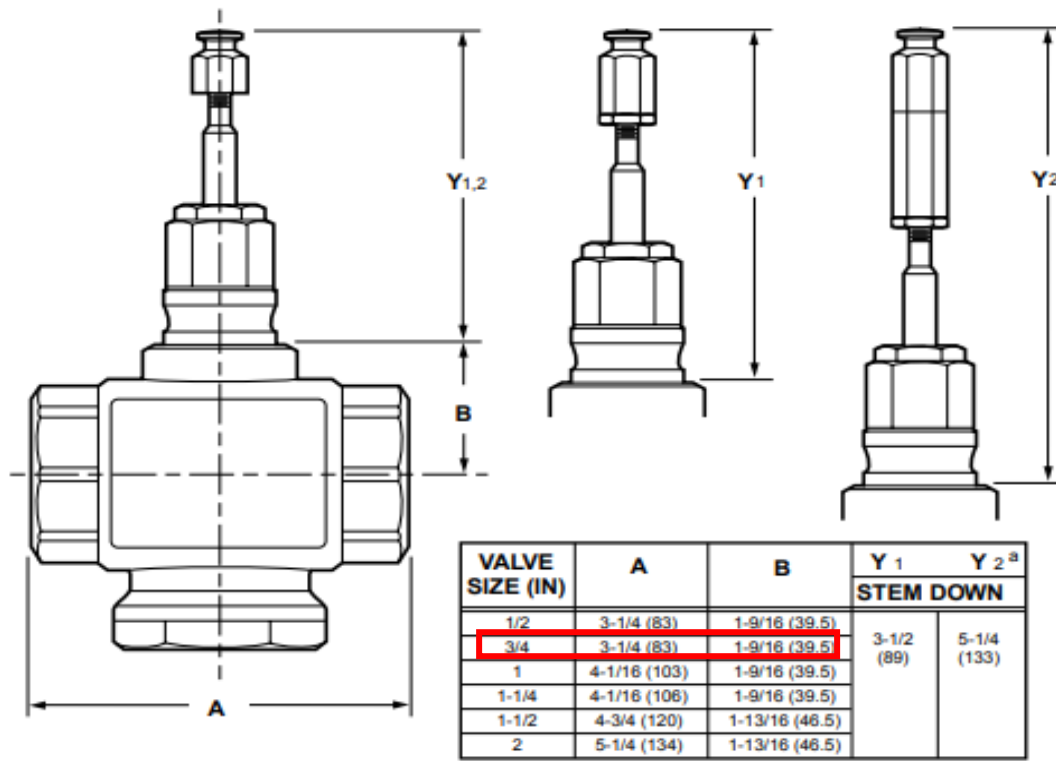


Table 1. Valve size and flow capacities.

Valve Body Pipe Size (in.)	Flow Capacity (C <sub>v</sub> )
1/2	0.73
1/2	1.16
1/2	1.85
1/2	2.9
1/2	4.7
3/4	7.3
1	11.7
1-1/4	18.7
1-1/2	29.3
2	46.8

**Pressure-Temperature Ratings:**

Water: 36°F to 248°F, 227 psi.  
 248°F to 340°F, 211 psi.  
 Steam: 100 psi at 340°F.



<sup>a</sup>Y<sub>2</sub> WITH STEM EXTENSION FOR MP953A,C (8 IN. ONLY) M16047

Fig. 3. V5011N body dimensions in in. (mm).

Figura 35

## **Bibliografía**

- “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos”, Eduardo Cao, Cuarta Edición.
- “Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas”, Scott Fogler, Tercera Edición.
- “Process Heat Transfer”, D. Kern, International Student Edition.
- “Tabla de Propiedades termodinámicas del agua”, Marcelo Turchetti.
- <http://www.vaxasoftware.com>
- <http://materias.fi.uba.ar/>
- <http://www.cavalieri.com.ar/>
- <https://www.laurels.com>
- <http://www.pesint.com/>
- <https://spanish.alibaba.com>
- <https://tubularcatalyst.mourik.com/>
- <https://www.fischer-heatexchanger.com>
- <http://www.inoxidable.com/>
- Norma ASME 8.
- “REACTORES MULTIFÁSICOS”, MONTSERRAT IBORRA, JAVIER TEJERO, FIDEL CUNILL, Universitat de Barcelona.



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Sistema de Gestión Integrado”**

# **Índice**

Sistema de Gestión Integrado.....	Página 1
Objetivos.....	Página 1
Sistema de Gestión.....	Página 1
Sistema de Gestión de Calidad: Norma ISO 9.001.....	Página 2
Sistema de Gestión del Medioambiente: Norma ISO 14.001.....	Página 3
Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Laboral: Norma OHSAS 18.001.....	Página 3
Sistema de Gestión Integrado.....	Página 4
Beneficios de los Sistemas de Gestión Integrados.....	Página 5
Implementación de un Sistema de Gestión Integrado.....	Página 6
Política de Gestión.....	Página 8
Bibliografía.....	Página 10

## **Sistema de Gestión Integrado**

### **Objetivos**

Entre los objetivos de la empresa se encuentran:

- Buscar un desarrollo de la organización continuo y sostenible.
- El aprovechamiento y correcta gestión de los recursos, tanto materiales como humanos, aplicando una política de calidad que permita certificar que los productos satisfacen las necesidades de los clientes.
- El cumplimiento de las normas ambientales vigentes, tomando los recaudos necesarios en la implementación de sus actividades y en el manejo de los residuos que pudieran generarse.
- Garantizar la seguridad en la realización de sus operaciones, tanto para sus empleados, como para el medio ambiente y las personas que habiten el área.
- Garantizar la calidad y confiabilidad de sus productos y adoptar una política de Investigación y Desarrollo que permita acompañar y fomentar el desarrollo sostenible de la empresa.
- Llevar a cabo un seguimiento del proceso que permita conocer la utilización y disposición de todos los compuestos y materiales que intervengan en el proceso, aplicando la idea “de la cuna a la sepultura”.
- Generar una imagen de confiabilidad, responsabilidad y respeto para la empresa, adoptando dichos valores también en la forma de realizar negocios.

### **Sistema de Gestión**

Un Sistema de Gestión es una serie de acciones y tareas que se llevan a cabo sobre un conjunto de elementos (personas, procedimientos, recursos, productos, etc.) para lograr el éxito sostenido de una organización, lo que significa disponer de capacidad para satisfacer las necesidades y las expectativas de sus clientes o beneficiarios, trabajadores y de otras partes interesadas a largo plazo y de un modo equilibrado y sostenible. El objetivo de la

implementación de dicho sistema es la optimización del uso de los recursos, reduciendo los costos de producción y mejorando la productividad.

Adoptar un sistema de gestión en una compañía es una garantía de que el proceso cumple los estándares establecidos por normas internacionales. Cada disciplina de la empresa puede tener su propio sistema de gestión:

- Sistema de Gestión de la Calidad: cumple con los requisitos de la norma ISO 9.001, en los que se establece la calidad del producto.
- Sistema de Gestión del Medioambiente: cumple con los requisitos de la norma ISO 14.001, el cual implica que las actividades que se desarrollan tengan un impacto mínimo sobre la naturaleza.
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Laboral: cumple los aspectos indicados en la norma OHSAS 18.001.

A través de la implementación de estos sistemas de gestión la empresa logra evitar costes innecesarios y somete a control su proceso productivo para verificar el correcto funcionamiento del sistema de gestión implantado, a la vez que se proyecta una imagen positiva hacia los clientes al contar con la certificación pertinente. Dichas normas requieren ser certificadas y acreditadas por organismos especializados.

### **Sistema de Gestión de Calidad: Norma ISO 9.001**

ISO 9.001 es una norma de sistemas de gestión de la calidad reconocida internacionalmente. Dicha norma es aplicable a cualquier organización. Una de las principales fortalezas de la norma ISO 9.001 es su gran atractivo para todo tipo de organizaciones, ya que al centrarse en los procesos y en la satisfacción del cliente en lugar de en procedimientos, es igualmente aplicable tanto a proveedores de servicios como a fabricantes.

La norma ISO 9.001 de sistemas de gestión de la calidad proporciona la infraestructura, procesos y recursos necesarios para ayudar a las organizaciones a controlar y mejorar su rendimiento y conducirles hacia la eficiencia, servicio al cliente y excelencia en el producto.

### **Sistema de Gestión del Medioambiente: Norma ISO 14.001**

La norma ISO 14.001 proporciona a las organizaciones un marco con el que proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, planteando un equilibrio de estas últimas con las necesidades socioeconómicas. En dicha Norma se especifican los requisitos para establecer un Sistema de Gestión Ambiental eficiente, que permite a la empresa conseguir los resultados deseados.

Existen diferentes aspectos que contribuyen a llevar a cabo el objetivo del cuidado del medio ambiente:

- Protección del medio ambiente utilizando la prevención, además de la mitigación de los impactos ambientales.
- Ayuda a la empresa a cumplir con la legislación.
- Controla la forma en la que se diseñan los productos y servicios que ofrece la organización.
- Consigue beneficios financieros y operacionales que pueden resultar de aplicar alternativas ambientales relacionadas que fortalecen el posicionamiento del mercado.
- Comunica la información ambiental a las partes interesadas.

### **Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Laboral: Norma OHSAS 18.001**

La norma OHSAS 18.001 es un estándar que se utiliza para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, y tiene el objetivo de ayudar a las empresas a mejorar de forma continua la seguridad y la salud en el trabajo que ofrece a sus empleados. Esto se logra a partir de realizar análisis que permiten detectar las posibles causas de accidentes, así como las prácticas inadecuadas de trabajo, y tomar acciones para que sean modificadas.

Entre los beneficios que se generan al aplicar la norma se encuentran:

- Disminución de la siniestralidad laboral a través de la identificación, evaluación, análisis y control de los riesgos asociados a cada puesto de trabajo, evitando así las causas que originan los accidentes y enfermedades profesionales, lo cual conlleva un aumento de la rentabilidad y productividad de las organizaciones.

- Percepción de un entorno más seguro por parte de trabajadores y grupos de interés, como los proveedores y los sindicatos.
- Ahorro de costos por bajas laborales, sustituciones e interrupciones innecesarias.
- La adopción de esta norma permite cumplir con la legislación vigente en cada país y sector, lo que implica la eliminación o reducción considerable de multas y sanciones administrativas derivadas de su incumplimiento.

### **Sistema de Gestión Integrado**

Un sistema de Gestión integrado es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas que tienen por objetivo orientar y fortalecer la gestión, dar dirección, articular y alinear conjuntamente los requisitos de los Subsistemas que lo componen. (Figura 1).



Figura 1

Normalmente, un Sistema de Gestión Integrado está compuesto por la siguiente estructura:

- Política de gestión integrada.
- Organización.
- Planificación.



- Capacitación y calificación.
- Documentación del sistema y control.
- Implantación.
- Evaluación y control del sistema integrado.
- Mejora del sistema.
- Comunicación.

### **Beneficios de los sistemas de gestión integrados**

Entre los beneficios que genera implementar un Sistema de Gestión Integrado se encuentran:

- Las actividades aumentan su rendimiento de forma correlativa, evitando así que los fallos en una determinado instancia de un proceso puedan afectar a las siguientes.
- Se limita el número de manuales de gestión lo más posible, ya un mismo registro puede encargarse de cumplir un requisito presente en los diferentes modelos integrados, generando que el mantenimiento del sistema requiera menos esfuerzo y dedicación.
- Al alinear los criterios de gestión se evita la duplicidad innecesaria de procedimientos e instrucciones a seguir en cada disciplina
- La puesta en marcha del sistema de gestión integrado se hace a la vez en todas las disciplinas, y como consecuencia su implantación es más rápida que haciéndolo separadamente.
- La distribución de los esfuerzos y de los recursos es equitativa al asegurar la misma dedicación a los distintos sistemas de gestión integrados.
- Las políticas y objetivos en un sistema de gestión integrado son coherentes entre sí.
- Se facilita la capacitación al personal.
- Facilita el control de la información debido a que fluye multidireccionalmente y está interrelacionada entre sí facilitando su accesibilidad desde cualquier punto de la red informática, independientemente del ámbito al que corresponda.

### **Implementación de un Sistema de Gestión Integrado**

Para lograr una implantación efectiva de un sistema de gestión integrado, es esencial contar con el compromiso e implicación de todas las personas y sectores que forman parte de la empresa, especialmente de la Dirección de la misma. Es necesario además conocer el marco normativo y legal al cual están sujetos cada aspecto de las actividades de una organización, contando con la opinión conjunta de personas especializadas tanto en los temas legales como operativos. Entre los pasos a seguir para la implementación de un Sistema de Gestión Integrado se encuentran:

- Determinar los objetivos de la integración, definiendo el alcance del sistema integrado y elaborando un plan que incluya un cronograma de actividades con plazos de cumplimiento establecidos. Además, cada sector de la organización deberá aportar su conocimiento y necesidades (ya sea en temas de seguridad, calidad o medioambiente), para lograr una transición eficaz a un sistema integrado.
- Establecer los documentos clave y la nueva estructura general de los documentos que producirá el sistema integrado, haciendo énfasis en cómo se relacionan los diversos tipos de documentos entre sí.
- Definir un plan de proyecto detallado, en el que se considere el monitoreo y la revisión periódica.
- Analizar los procesos del negocio, determinando, clasificando y estableciendo prioridades a los riesgos en todas las áreas de la organización.
- Definir políticas operativas que conduzcan a la formulación de estructuras de control, definiendo claramente los alcances en las tareas de cada puesto.
- Recopilar la información el conocimiento sobre la documentación existente.
- Documentar el sistema de gestión integrado.
- Capacitar y formar empleados en la gestión de Sistemas Integrados.
- Formular un plan para que se logre la continuidad en la certificación de los sistemas de gestión existentes.

Esto implica la adopción de un enfoque PDCA (Plan, Do, Check, Act) (Figura 2), lo que significa que una vez que se establecen las acciones a seguir para la implementación (Plan) y se ejecutan (Do), es necesario medir y documentar los resultados de las medidas tomadas (Check), para de esta forma sacar y conclusiones e implementar, en la medida que sean necesarias, acciones correctivas (Act). Este ciclo se aplica constantemente, y su objetivo es la mejora continua en las actividades y procedimientos llevados a cabo por la organización.



Figura 2

## Política de Gestión

*Los valores de productividad y desarrollo resultan tan importantes para una organización como el cuidado que se le brinde tanto a sus trabajadores como al entorno en que se desarrolla. En la actualidad, es necesario desarrollar procesos cada vez más eficientes y ambientalmente sustentables.*

*Por esta razón, la empresa "A.C.Q. Química" S.A. se compromete a:*

- *Cumplir con la reglamentación vigente en materia de Seguridad e Higiene laboral, dotando a los trabajadores de los elementos o condiciones que sean necesarios para llevar a cabo su tarea de forma correcta en un ambiente seguro y libre de riesgos.*
- *Documentar las actividades de la empresa, elaborando protocolos y registros, que permitan un análisis de la situación.*
- *Lograr un ambiente de trabajo sano y positivo, en el cual todos se sientan una parte importante del funcionamiento de la empresa, y logren mediante el esfuerzo conjunto el desarrollo de la empresa y la comunidad donde se encuentra establecida.*
- *Asegurar la calidad de los productos elaborados, así como de los diferentes reactivos que puedan utilizarse en el proceso de elaboración.*
- *Llevar adelante las actividades de una forma sustentable y amigable con el medio ambiente, tomando los recaudos que sean necesarios en el desarrollo de los procesos llevados a cabo en las instalaciones de la empresa.*
- *Apostar por un modelo de desarrollo y mejora constante, en el cual se pueda optimizar el uso de los recursos, así como generar procesos cada vez más eficientes y sustentables, con el objetivo convertirse en un centro de desarrollo de conocimiento.*

- *Asumir la responsabilidad social de la empresa, generando un impacto positivo en la sociedad para mejorar la calidad de vida de la misma, llevando a cabo acciones con el objetivo de mejorar el capital social y la calidad de vida de toda la comunidad.*

## **Bibliografía**

- <https://www.isotools.org/>
- <https://ctmaconsultores.com>
- <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/>
- <https://www.nueva-iso-14001.com>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Servicios Auxiliares”**

# Índice

Servicios Auxiliares.....	Página 1
Agua de Red y Agua Tratada.....	Página 2
Grupo Electrógeno.....	Página 2
Sistema contra Incendios.....	Página 3
Caldera.....	Página 7
Caldera para agua caliente (90°C).....	Página 9
Calentador de agua (60°C).....	Página 10
Agua de Ósmosis Inversa.....	Página 12
Oxígeno para Fermentación.....	Página 14
Torre de Enfriamiento.....	Página 15
Electricidad.....	Página 17
Gas Natural.....	Página 18
Regeneración del refrigerante.....	Página 18
Bombas.....	Página 19
Compresores.....	Página 21
Válvula.....	Página 22
Bibliografía.....	Página 25



## **Servicios Auxiliares**

En esta sección se analizan y describen los servicios adicionales que requiere la planta para su correcto funcionamiento. Entre ellos se incluyen:

- Agua de red
- Electricidad
- Agua de ósmosis inversa, para extracción y dilución
- Agua tratada
- Caldera
- Grupo electrógeno
- Sistema de protección contra incendios
- Tratamiento de efluentes
- Torre de refrigeración
- Autoclave para esterilización del medio de fermentador
- Gas
- Regeneración del refrigerante

**Agua de red y agua tratada**

Se utilizará agua de red para satisfacer las necesidades básicas de los empleados, como su uso en sanitarios, vestuarios, oficina, cocina, etc.

Asimismo, se utilizará como corriente de refrigeración y calefacción en equipos de intercambio de energía térmica. Es importante que el agua que se utilice cuente con un pretratamiento con el fin de evitar la formación de incrustaciones en las cañerías o en la caldera.

**Grupo electrógeno**

La planta cuenta con un grupo electrógeno que pueda proveer energía auxiliar ante una interrupción del suministro de la red eléctrica. De esta manera se puede continuar con las actividades de la planta por un cierto tiempo, hasta que el servicio sea reestablecido. En función de la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de la planta, se selecciona el siguiente equipo.



Figura 1 - Grupo electrógeno Industrial

Especificación del conjunto del generador diesel Cummins 800kw		
Conjunto de generador	Modelo	JHK-800GF
	Potencia de salida	800kw/1000kva
	Dimensión (L * W * H) mm	4350*1800*2350mm
	Peso	7500 kg
Motor	La marca del motor	Motor de Cummins
	Modelo de motor	KTA38-G2A
	Cilindro No	12 cilindros
	Diámetro * carrera	159*159mm
	Desplazamiento	38L
	Aceite lubricante	100L
	Consumo de combustible a 100% de carga	206g/kw h
Alternador	Alternador de la marca	Stamford
	Fase de alambre/cable	3 Fase 4 cables
	Exciter tipo	Sin escobillas, autoexcitado
Sistema de Control	Estándar del panel de control de la marca	Mar profundo, ComAp, Smartgen
	Opcional	La transferencia automática de
	Opcional	Paralelo sincronizar panel de control

Tabla 1

### **Sistema contra incendios**

El sistema contra incendios es una parte importante para la seguridad de la planta. Dicho sistema está formado por protecciones activas y pasivas, las cuales a su vez se subdividen en diferentes elementos. Las instalaciones y medios de protección deben realizarse conforme se especifica en la norma IRAM 3501.

### **Protección Activa**

Incluye elementos que implican una actuación directa en la utilización de instalaciones. Entre ellos se encuentran:

- Instalaciones de detección: Su objetivo es detectar y localizar el foco de un incendio, para poder comunicarlo con rapidez a aquellas personas que entrarán en acción de acuerdo al plan de emergencia establecido. Existen diversos tipos de sistemas de detección automática: detectores de gases, detectores de humos visibles, detectores de llama y detectores de temperatura, que son los elementos que detectan el fuego a través de

algunos fenómenos que lo acompañan: gases o humos, temperatura o radiación UV, visible o infrarroja. Dichos detectores se conectan a un sistema de señalización (que pueden ser ópticas o acústicas de acuerdo al nivel de emergencia) que da la alarma ante una emergencia.

- Instalaciones de alarma: Su función es comunicar de forma instantánea la presencia de un incendio, mediante la emisión de una señal sonora (por ejemplo, para dar una señal de evacuación), la cual debe ser correctamente interpretada por el personal. Estas instalaciones están formadas por: las instalaciones de pulsadores, que transmiten la señal hacia un puesto de control, en el cual se identifica la zona donde fue accionado el pulsador y se toman las medidas necesarias; instalaciones de alerta, que identifican la señal en el centro de control y la transmiten hacia el resto de la planta; y las instalaciones de audio evacuación, que reciben la señal de alerta y emiten un señal sonora.

- Instalaciones de emergencia: Están formadas por un sistema de alumbrado de emergencia así como un sistema de señalización de emergencia, que actúan en caso de una falla en las instalaciones y permiten la evacuación de la planta.

- Instalaciones de extinción: Estas instalaciones incluyen:

- Bocas de incendio, que cuentan además con la red de tuberías de agua y la red de abastecimiento de agua. Las bocas de incendio están provistas por: boquilla, lanza, manguera, racor, válvula, manómetro, soporte y armario.

- Hidrantes de incendio, que permiten el abastecimiento de agua a los camiones de bombero que acudan ante una emergencia.

- Columna seca: tiene por finalidad poder disponer de agua en las distintas plantas del edificio, ahorrando tendidos de manguera de elevada longitud.

-Extintores móviles: Los extintores contienen un agente extintor (que varía de acuerdo al tipo de extintor), y que permiten la extinción del fuego, dirigiéndolos hacia la base de las llamas. Cada extintor debe contar con una etiqueta que indique la fecha en que fue cargado, así como la fecha de recarga. Debe controlarse así mismo la presión del material extintor en el interior del mismo. De acuerdo al material que actúe como combustible, existe un determinado tipo de matafuego para extinguir las llamas.



### Clases de fuego

<b>Clase A</b>	Fuego de materiales combustibles sólidos (madera, tejidos, papel, goma, etc.). Para su extinción requieren de enfriamiento, o sea se elimina el componente temperatura. El agua es la sustancia extintora ideal. Se usan matafuegos Clase A, ABC o espuma química
<b>Clase B</b>	Fuego de líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, naftas, etc.) o gases. Se apagan eliminando el aire o interrumpiendo la reacción en cadena. Se usan matafuegos BC, ABC, AFFF (espuma química)
<b>Clase C</b>	Fuego de equipos eléctricos de baja tensión. El agente extintor no debe ser conductor de la electricidad por lo que no se puede usar agua (matafuego Clase A ni espuma química). Se usan matafuegos Clase BC o ABC. (Una vez cortada la corriente, se puede usar agua o extintores Clase A o espuma química AFFF)
<b>Clase D</b>	Fuego de ciertos metales combustibles (magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc.). Requieren extintores con polvos químicos especiales
<b>Clase K</b>	Fuego de aceites vegetales o grasas animales. Requieren extintores especiales para fuegos Clase K, que contienen una solución acuosa de acetato de potasio.

Tabla 2

-Sistemas fijos de extinción: Su objetivo es el control y la extinción de un incendio de forma automática, sin necesidad de intervención humana. Para esto se debe contar con un

agente extintor almacenado, que va a variar de acuerdo a los riesgos presentes en la zona que se desee proteger, así como un sistema de disparo que actúe ante la detección de un incendio y genere la descarga del agente extintor. Esto incluye el uso de rociadores Sprinklers.

-Señalización: Indica diferentes acciones o zonas mediante símbolos normalizados.

### **Protección pasiva**

Representa el conjunto de diseños y elementos constructivos que tienen como objetivo la confinación del incendio, limitando las consecuencias del mismo y permitiendo una acción más eficaz en su extinción.

Se denomina sector de incendio a las zonas de riesgo que son confinadas, asegurando que el fuego permanecerá en su interior y no se expandirá. Se busca que el volumen de estos espacios sea lo más reducido posible.

Un elemento es resistente al fuego cuando no se producen variaciones significativas en sus características ante una exposición al fuego durante un tiempo determinado.

Entre las medidas de protección pasiva se encuentran:

- Compartimentalización horizontal: Su objetivo es dificultar la propagación horizontal del fuego, mediante elementos de protección que actúan limitando la transmisión de calor, impidiendo el derrame de líquidos combustibles y, en definitiva, estableciendo sectores de incendio. Las medidas que forman parte de este tipo de protección incluyen: la separación por distancia, dificultando la transferencia de energía por convección o radiación; Paredes y puertas construidas con materiales resistentes al fuego; Diques que permiten contener el eventual derrame de algún líquido combustible.
- Compartimentalización vertical: Tienen como objetivo contener las corrientes de humo generadas en un incendio. Incluye elementos como cortafuegos en conducto, techos de forjado, huecos verticales.
- Protección de las estructuras frente al incendio: Incluye la utilización de elementos resistentes al fuego en la construcción del edificio, lo cual le permita mantener la estabilidad

ante un incendio, por ejemplo la protección de las estructuras metálicas de los edificios con recubrimientos aislantes y resistentes al fuego.

- Lucha contra el humo: Es necesario procurar el mayor control posible del humo durante un incendio, ya que este puede generar dificultades en la evacuación, así como impactos negativos en la salud de las personas. Por esta razón se establecen sistemas que puedan controlar la emisión de humos, principalmente en los circuitos de evacuación de la planta. Se utilizan exutorios, que son aberturas en los techos, realizados con trampillas, para salida exclusiva de los humos.

### **Caldera**

Se utilizará una caldera para proveer vapor saturado a 127,6 °C y 2,5 bar, utilizado como fluido calefactor en Cristalizadores y Evaporadores que forman parte del proceso productivo.

Se utilizará una caldera pirotubular para la provisión del vapor, ya que la demanda de vapor no es muy elevada, así como tampoco lo es la presión a la que se debe generar. Por otra parte, cuenta con la ventaja de que el agua de alimentación utilizada no debe tener una pureza elevada, su costo inicial es menor con respecto a las calderas acoutubulares y tienen una mayor flexibilidad ante cambios en la demanda de vapor, así como una mayor facilidad en su inspección y limpieza.

Teniendo en cuenta que el consumo de vapor por hora es de  $10.879 \frac{Kg}{h}$  (de acuerdo al Balance de Materia y Energía), se elige el siguiente modelo de caldera:

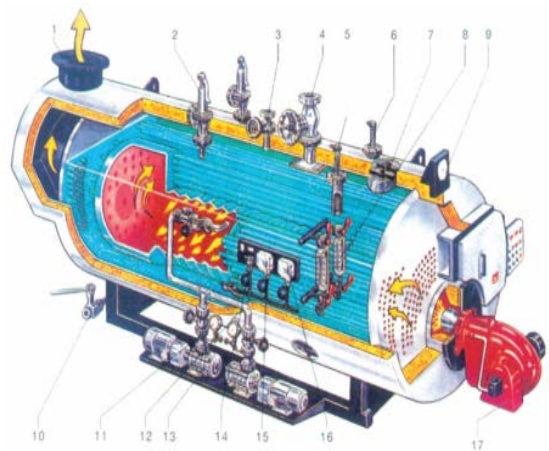


Figura 2 - Caldera Piro-tubular

DIMENSIONES GENERALES

MODELO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	P	Q	R	S
310	2.971	1.776	1.901	220 ø	1.400	1.100	480	737	2.200	6.171	4.276	3.930	220	220 ø
312	3.186	1.846	1.971	220 ø	1.600	1.150	480	737	2.400	6.586	4.346	4.000	220	220 ø
315	3.310	1.920	2.045	235 ø	1.700	1.250	480	737	2.500	6.810	4.420	4.075	200	235
320	3.645	2.055	2.180	270 ø	1.900	1.350	530	780	2.600	7.245	4.555	4.210	240	240
325	3.995	2.140	2.265	300 ø	2.200	1.400	580	780	3.050	8.045	4.640	4.295	240	300
330	4.215	2.240	2.365	330 ø	2.400	1.450	580	790	3.250	8.465	4.740	4.395	250	350
340	5.095	2.380	2.515	375 ø	3.100	1.550	680	830	4.000	10.095	4.880	4.545	290	375
350	5.405	2.475	2.675	420 ø	3.300	1.600	730	860	4.200	10.605	4.975	4.705	320	420
360	5.865	2.580	2.790	460 ø	3.565	1.700	865	890	4.600	11.465	5.080	4.820	350	540
380	6.755	2.760	2.960	530 ø	4.365	1.900	920	900	5.400	13.155	5.260	4.990	370	600
3100	7.360	2.945	3.145	600 ø	4.845	2.000	950	965	5.950	14.310	5.445	5.175	400	700
3125	7.990	3.190	3.390	670 ø	5.325	2.100	1.000	1.020	6.400	15.390	5.690	5.420	450	780
3150	8.740	3.400	3.600	730 ø	5.900	2.200	1.050	1.070	7.000	16.740	5.900	5.630	500	850

Tabla 3



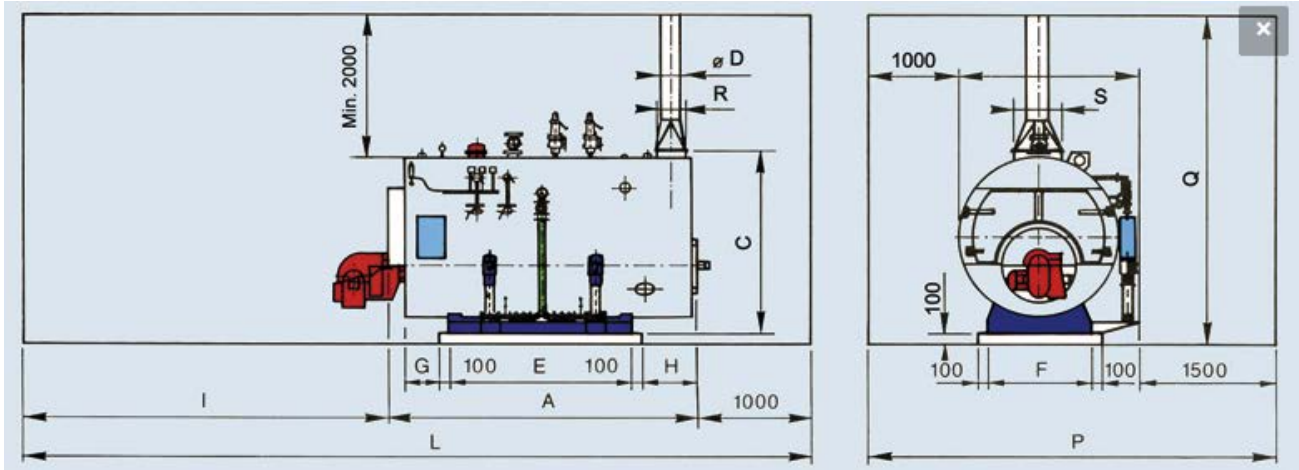


Figura 3

**CARACTERISTICAS**

MODELO	PRODUCCIÓN VAPOR Kg/h	POTENCIA TERMICA Kw	RENDIMIENTO [p=10 bar] %	CONSUMO FUEL-OIL Kg/h	CONTRAPRESION HOGAR mm.	VOLUMEN AGUA m <sup>3</sup>	VOLUMEN VAPOR m <sup>3</sup>	VOLUMEN TOTAL m <sup>3</sup>	PESO EN VACIO [9 bar.] ln	PESO EN VACIO [11 bar.] ln	PESO EN VACIO [13 bar.] ln	PESO EN VACIO [17 bar.] ln
310	1.000	657	90	66.1	40	1.977	0.307	2.284	2.800	2.950	3.450	3.800
312	1.250	821	90	82.6	50	2.333	0.368	2.701	3.200	3.320	3.650	4.200
315	1.500	986	90	99.2	60	2.477	0.417	2.894	3.820	4.270	4.300	4.950
320	2.000	1.314	90	132.2	72	3.306	0.577	3.883	4.745	5.200	5.580	6.400
325	2.500	1.643	90	165.3	84	3.970	0.785	4.775	5.840	6.030	6.470	7.420
330	3.000	1.971	90	198.4	92	4.822	0.861	5.683	6.950	7.340	7.510	8.670
340	4.000	2.628	90	264.5	80	7.142	1.532	8.674	8.960	9.500	10.200	11.406
350	5.000	3.285	90	330.6	90	8.149	1.672	9.821	10.150	10.710	11.600	13.050
360	6.000	3.942	90	396.7	100	9.573	2.264	11.839	12.640	12.700	13.660	16.050
380	8.000	5.256	90	529	95	13.056	2.776	15.832	15.300	16.560	17.820	20.860
3.100	10.000	6.570	90	661.2	110	16.000	3.769	19.769	18.220	19.470	20.350	24.340
3.125	12.500	8.212	90	826.5	140	20.291	6.180	26.471	22.520	24.000	26.450	30.270
3.150	15.000	9.855	90	992	165	25.447	8.860	34.370	26.200	28.210	32.780	36.200

Tabla 4

**Caldera para agua caliente (90°C)**

El proceso de extracción del Ácido Clorogénico se realiza con agua de ósmosis inversa a 90°C. Para lograr que el agua alcance esa temperatura, se utiliza una caldera, cuyo combustible es gas. Dicho combustible atraviesa una cámara de combustión y los gases generados transfieren energía al agua (Figura 4). Teniendo en cuenta que para cada extracción se utilizan 40.650 litros de agua de ósmosis inversa, se utiliza ese valor para determinar la potencia de la caldera.

$$40.650 \frac{Kg}{h} \cdot 4,18 \frac{kJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (90 - 20)^\circ C = 11.894.190 \frac{kJ}{h} = 3.304 kW$$

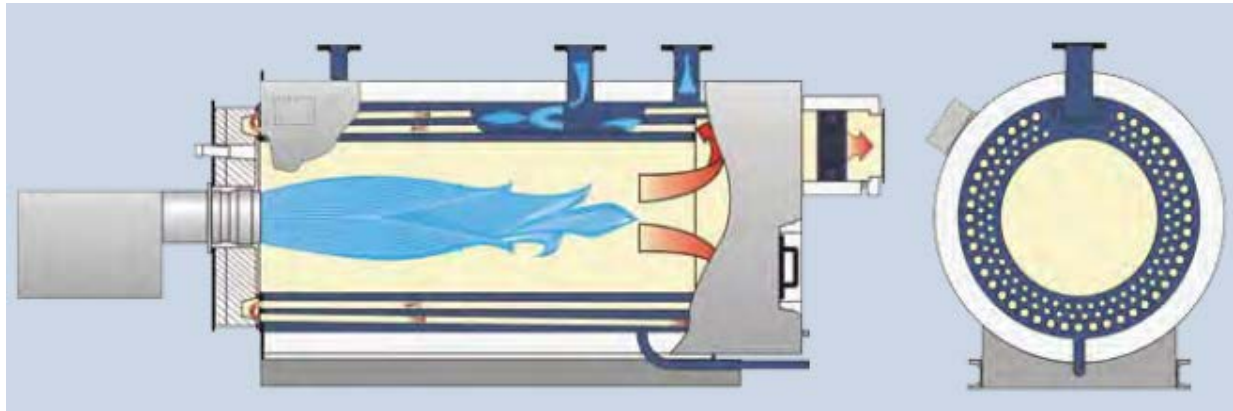


Figura 4

Caldera	Potencias [kW]	Tipos	Peso [t]	Largo [mm]	Ancho [mm]	Alto [mm]
	650		2,23	2295	1174	1460
	1000		3,6	2680	1324	1615
	1350		4,6	2950	1424	1715
	1900		5,5	3220	1524	1815
	2500		6,8	3675	1574	1865
	3050		7,7	3725	1674	1965
	3700		8,8	4075	1724	2015
	4150		11,1	4570	1824	2115
UNIMAT UT-L	5200	Caldera con cuadro simple 4212	12,6	4700	1924	2210
	6500		16,2	5090	2124	2410
	7700		19,7	5320	2274	2560
	9300		23,6	5520	2424	2710
	11200		28,7	5980	2574	2900
	12600		32,9	6315	2724	3025
	14700		42,5	7050	2924	3270
	16400		55,3	7530	3224	3570
	19200		65,7	7980	3424	3770

Tabla 5

**Calentador de agua (60°C)**

Se utiliza como fluido calefactor agua a 60°C en el serpentín de calentamiento del reactor de lecho fijo, con el objetivo de mantener la temperatura de reacción en valores adecuados.

Se utiliza con este fin un calentador eléctrico de agua, sin tanque. La potencia necesaria se calcula de la siguiente forma:

$$1.671,14 \frac{Kg}{h} \cdot 4,18 \frac{kJ}{Kg \cdot ^\circ C} \cdot (60 - 20)^\circ C = 279.415 \frac{kJ}{h} = 78 kW$$

Se utiliza una caldera de 108 kW, el cual corresponde al valor comercial más cercano disponible.

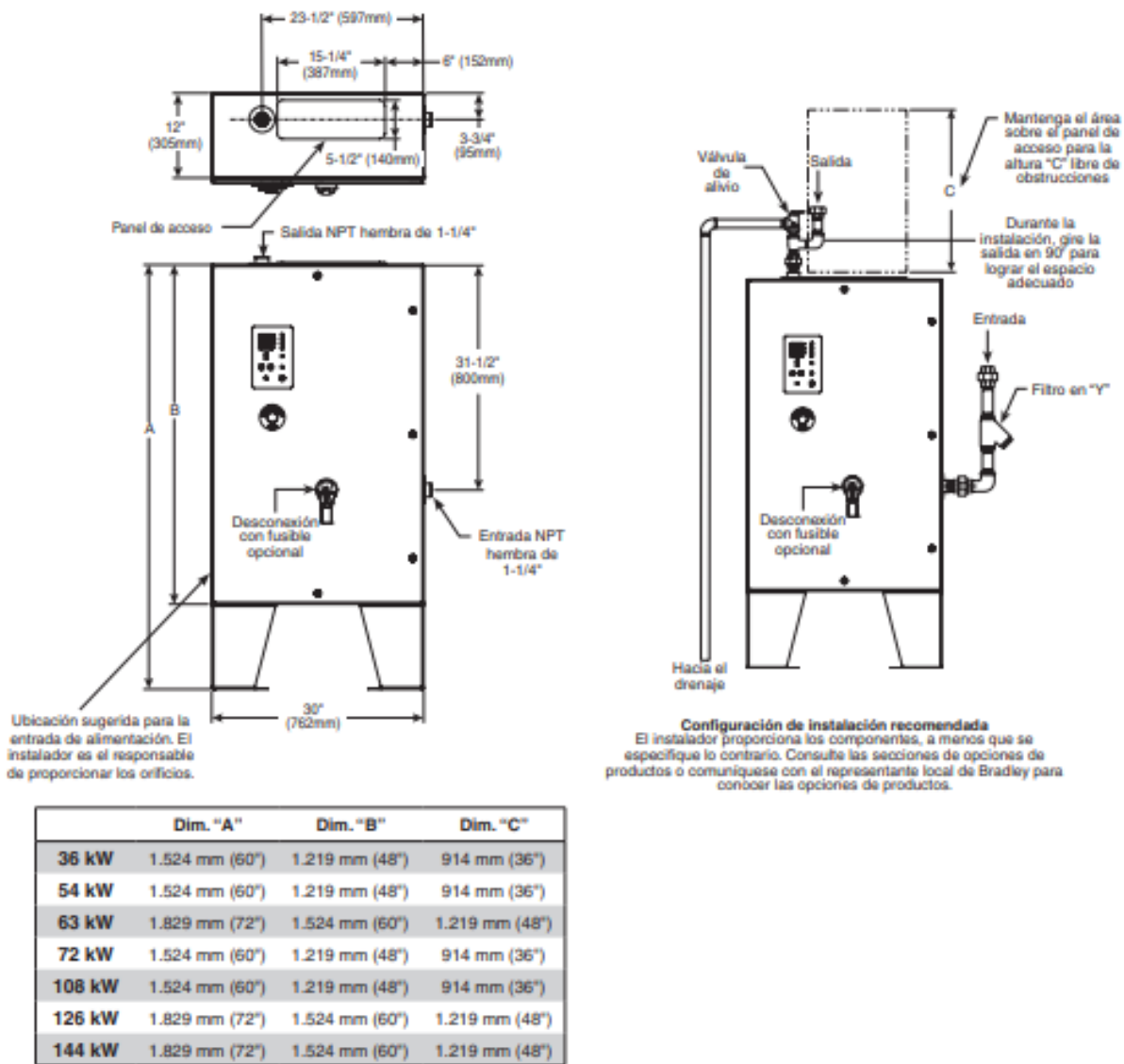


Figura 5

Serie CNA (kW): 36, 54, 63, 72, 108, 126, 144

		Temperatura Δ°F (°C)																											
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°	110°	115°	120°	125°	130°	135°	140°	
		(6°)	(8°)	(11°)	(14°)	(17°)	(19°)	(22°)	(25°)	(28°)	(31°)	(33°)	(36°)	(39°)	(42°)	(44°)	(47°)	(50°)	(53°)	(56°)	(58°)	(61°)	(64°)	(67°)	(69°)	(72°)	(75°)	(78°)	
Flujo	1,5 5,7	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
	2 7,6	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	3 11,3	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	4 15,1	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	5 18,9	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	6 22,7	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	7 26,5	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	8 30,2	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	9 34,0	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	10 37,8	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	12 45,4	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	15 56,7	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	20 75,6	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	25 94,5	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	30 113,4	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	35 132,3	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	40 151,2	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	45 170,1	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	50 189,0	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

Certificación ASME disponible

Tabla 6

### Agua de Ósmosis Inversa

Se utilizará en el proceso de extracción sólido-líquido, donde el agua se utilizará a una de temperatura de 90°C. Para esto se utilizarán tanques con serpentines que permitan aprovechar la energía de las corrientes que abandonen otros equipos (por ejemplo los evaporadores), aumentando de esta forma la eficiencia energética del proceso.

Teniendo en cuenta que se realizan 6 extracciones por día, y que en cada extracción se utilizan 40.650 litros de agua de ósmosis inversa, se necesitarían 243.900 litros por día. Sin embargo, como el agua se condensa luego de atravesar el proceso y puede reciclarse al mismo, se decide abastecer la cantidad necesaria para tres extracciones, es decir, 122.000 litros por día. Se opta por dos equipos del modelo indicado en la tabla; si bien se supera el caudal antes mencionado, se toma esta decisión teniendo en cuenta posibles expansiones de la planta en el futuro.



Figura 6

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA											
Modelo	Producción*		3er Año Operando		Diámetro de Entrada	No. de 4" x 40" Elementos	Recuperación Diseñada (sin reciclaje)	Motor HP (1-Fase)			
	GPD	LDP	Presión					60Hz/230/460V		50Hz/380/415V	
			Std. Modelo	Alta-Eficienc.				Std. Modelo	Alta-Eficienc.	Std. Modelo	Alta-Eficienc.
RIEPRO-10000	10,000	37,850	198	123	1.5"	6	40%	5	3	5.5	3
RIEPRO-11500	11,500	43,532	199	124	1.5"	7	40%	5	3	5.5	3
RIEPRO-13000	13,000	49,210	198	124	1.5"	8	50%	5	3	5.5	3
RIEPRO-14500	14,500	54,883	191	121	1.5"	9	50%	5	3	5.5	3
RIEPRO-16000	16,000	60,567	189	120	1.5"	10	50%	5	3	5.5	3
RIEPRO-17500	17,500	66,245	189	120	1.5"	11	50%	5	3	5.5	3
RIEPRO-19000	19,000	71,923	186	118	1.5"	12	50%	10	5	7.5	4
RIEPRO-20500	20,500	77,600	187	119	1.5"	13	50%	10	5	7.5	4
RIEPRO-21500	21,500	81,386	185	116	1.5"	14	50%	10	5	7.5	4

Tabla 7

MEDIDAS Y DIMENSIONES (Los opcionales pueden modificar las medidas)								
Modelo	Medidas Aprox. para Carga				Dimensiones del Sistema			
	Ancho (in/cm)	Largo (in/cm)	Alto (in/cm)	Peso (lbs/kg)	Ancho (in/cm)	Largo (in/cm)	Alto (in/cm)	Peso (lbs/kg)
RIEPRO-10000	38/ 97	73/186	58/147	700/320	26/66	64/163	48/122	660/300
RIEPRO-11500	48/122	73/186	58/147	750/340	37/94	64/163	48/122	700/320
RIEPRO-13000	48/122	73/186	58/147	800/360	37/94	64/163	48/122	730/330
RIEPRO-14500	48/122	73/186	58/147	830/375	37/94	64/163	48/122	775/350
RIEPRO-16000	48/122	73/186	58/147	880/400	37/94	64/163	48/122	830/375
RIEPRO-17500	48/122	73/186	58/147	950/430	37/94	64/163	48/122	880/400
RIEPRO-19000	48/122	75/191	58/147	1040/470	37/94	64/163	48/122	950/430
RIEPRO-20500	48/122	75/191	58/147	1080/490	37/94	64/163	48/122	990/450
RIEPRO-21500	48/122	75/191	58/147	1125/510	37/94	64/163	48/122	1050/475

Tabla 8

**Oxígeno para fermentación**

Para proveer la aireación necesaria en el fermentador, el aire que ingrese debe atravesar antes un filtro de membrana para poder ser esterilizado, para lograr que el cultivo pueda desarrollarse en ausencia de contaminantes que puedan afectarlo.

Para lograr cumplir con estas necesidades se cuenta con filtros de cartuchos que utilizan membranas plegadas. Las ventajas de estos filtros es que son de tamaño reducido, debido a la construcción de los cartuchos es fácil reemplazar los elementos filtrantes utilizados, al poseer una estructura membranosa (ésteres de celulosa, polisulfona o nylon) tienen un efecto de filtros absolutos.

El aire a la salida del fermentador también debe ser esterilizado, debido a la posible presencia de algún microorganismo que pueda abandonar el equipo por arrastre, y pueda poner en peligro la salud de los trabajadores.

### Torre de enfriamiento

Las torres de enfriamiento son enfriadores evaporativos semicerrados. En estos equipos, el aire entra a la torre por el fondo y sale por la parte superior de la misma. El agua a la cual se desea reducir la temperatura se bombea hacia la parte superior y se rocía en el flujo de aire. Cuando ambas corrientes entran en contacto, una pequeña fracción del agua se evapora y el resto se enfría, produciéndose el aumento en la humedad y temperatura del aire utilizado. El agua se acumula en el fondo de la torre para ser bombeada nuevamente al proceso. Debido a la evaporación de un pequeño porcentaje del agua y al arrastre por parte del aire, debe incluirse agua de reposición en el ciclo. La cantidad de agua arrastrada puede reducirse mediante la utilización de deflectores.

Las torres de enfriamiento pueden ser de tiro natural (el aire circula por la torre sin ser impulsado por un ventilador) o de tiro forzado. En este caso se optará por una torre de tipo forzado.

Se tratará el agua que se utiliza como medio refrigerante en intercambiadores de calor, así como el agua que se utiliza como fluido calefactor en el reactor de lecho.

El agua que se encuentra en la torre debe ser tratada con aditivos que eviten la formación de microorganismos.

La cantidad de agua de refrigeración que debe tratarse es  $1.318 \frac{Kg}{h}$  (obtenida del balance de Materia y Energía). El aire que ingresa a la torre lo hace a 30°C y 70% de humedad relativa (condiciones en las que se encuentra en el ambiente). La masa de aire seco permanece constante, mientras que el balance para la masa de agua es:

$$masa_{\text{entrada agua}} + masa_{\text{aire seco}} \cdot \omega_{\text{entrada}} = masa_{\text{salida agua}} + masa_{\text{aire seco}} \cdot \omega_{\text{salida}}$$

$$masa_{\text{entrada agua}} - masa_{\text{salida agua}} = masa_{\text{aire seco}} \cdot (\omega_{\text{salida}} - \omega_{\text{entrada}}) = masa_{\text{agua reemplazo}}$$

El aire abandona la torre de refrigeración saturado a 33°C.

Por otro lado, el balance de energía se realiza de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & masa_{\text{aire seco}} \cdot h_{\text{aire entrada}} + masa_{\text{entrada agua}} \cdot h_{\text{agua entrada}} \\
 &= masa_{\text{aire seco}} \cdot h_{\text{aire salida}} + masa_{\text{salida agua}} \cdot h_{\text{agua salida}}
 \end{aligned}$$

Despejando la masa de aire seco resulta:

$$masa_{\text{aire seco}} = \frac{masa_{\text{entrada agua}} \cdot (h_{\text{agua entrada}} - h_{\text{agua salida}})}{(h_{\text{aire salida}} - h_{\text{aire entrada}}) - (\omega_{\text{salida}} - \omega_{\text{entrada}}) \cdot h_{\text{agua salida}}}$$

Datos	
Masa de agua de entrada (Kg/h)	1.318
Entalpia de entrada del aire (kJ/Kg aire seco)	77
Entalpia de salida del aire (kJ/Kg aire seco)	116
Entalpia del agua de entrada (35°C) (kJ/Kg)	146,64
Entalpia del agua de salida (20°C) (kJ/Kg)	83,91
$\omega$ de entrada (Kg/Kg aire seco)	0,0192
$\omega$ de salida (Kg/Kg aire seco)	0,033

Tabla 9

Resulta  $masa_{\text{aire seco}} = 2.122,84 \frac{Kg}{h}$ . Sabiendo que el volumen específico del aire seco es  $0,842 \frac{m^3}{Kg \text{ aire seco}}$ , resulta un caudal volumétrico de  $1.788 \frac{m^3}{h}$ . Con este valor se determina la potencia del ventilador.

Por otra parte, se calcula el agua de reposición, que resulta igual a  $29,3 \frac{Kg}{h}$ .





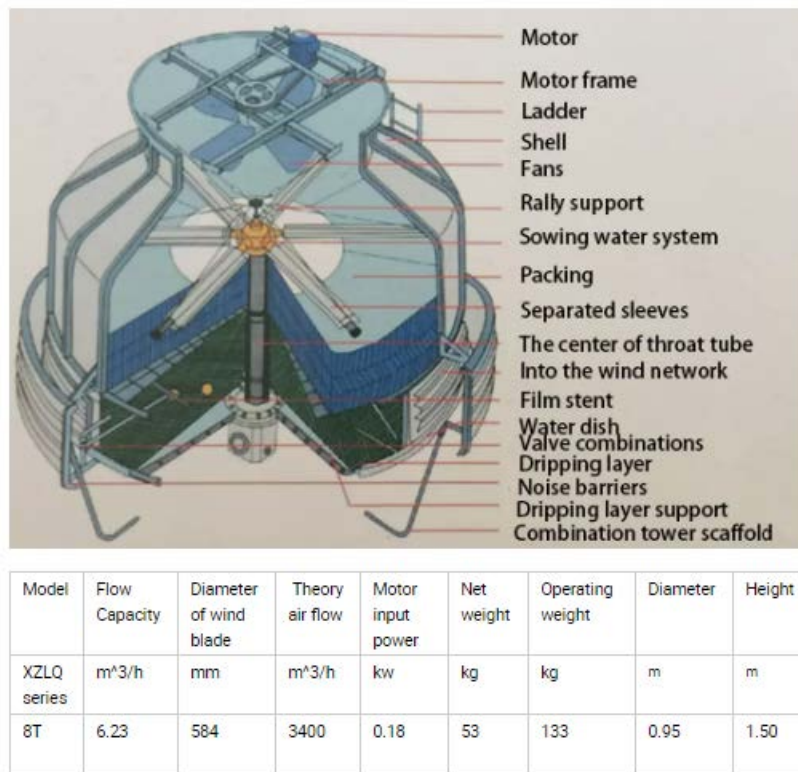


Figura 7

En función del caudal de aire necesario calculado, se coloca el equipo seleccionado.

### Electricidad

El uso de electricidad en la planta está relacionado con la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos, así como su uso necesario en oficinas, comedores, laboratorios, y la iluminación de la misma.

Entre los equipos que funcionan con electricidad se encuentran:

- Agitadores, presentes en el tanque de extracción sólido-líquido, en el tanque de dilución, en el fermentador.
- Molino a cuchillas, para la trituration de la materia prima.
- Cinta transportadora, para el transporte de materiales dentro de la planta.
- Bombas que se ocupan del transporte de fluidos dentro de la planta.
- Ventilador presente en la torre de enfriamiento.

- Filtro luego del proceso de extracción sólido-líquido.
- Filtro centrífugo para la separación de la biomasa luego del proceso de fermentación.
- Filtro para separar la biomasa luego del tratamiento térmico.
- Filtro prensa para secar el sólido luego de la extracción sólido líquido, para poder ser adecuadamente acondicionado para su posterior venta.

### **Gas Natural**

Los principales equipos que consume gas natural para su funcionamiento son aquellos destinados al calentamiento de agua (para el proceso de extracción y como fluido calefactor), así como la generación de vapor.

### **Regeneración del refrigerante**

Se cuenta con un ciclo frigorífico que permite que el refrigerante reduzca su temperatura y pueda ser utilizado nuevamente en el proceso. Se utiliza como refrigerante R-410 A, que resulta amigable con el medio ambiente.

El consumo de refrigerante es de  $7.127,29 \frac{Kg}{h}$  (obtenido del Balance de Materia y Energía). Sabiendo que el Cp de refrigerante es de  $3,875 \frac{kJ}{Kg.h}$  y la variación de temperatura es de 40°C, la potencia del equipo de refrigeración debe ser de 345 kW.





Figura 8

Model	MG-250CS	MG-300CS	MG-450CS
Cooling capacity	76.8 TR	93.8 TR	127.9 TR
	232200 Kcal/h	283800 Kcal/h	387000 Kcal/h
	270 kw	330 kw	450kw
Power	3 Phase- 380V- 50HZ or based on different country need		
Refrigerant	R22 / R407c / R134a / R410a /R404a		
Compressor	Semi-hermetic screw type		
	86 kw	106 kw	142 kw
Chilled water flow rate	46 m3/h	57 m3/h	77 m3/h
Inlet / Outlet	DN 80	DN 80	DN 100
Condenser air flow	100000 m3/h	120000 m3/h	150000 m3/h
Dimension (mm)	4400*2200*2300	4400*2200*2300	4750*2200*2300
Weight ( kg )	3300	3800	4000

Tabla 10

Se instala una unidad del equipo seleccionado.

### **Bombas**

Se utilizan en la impulsión de corrientes líquidas dentro de la planta. El tipo de bomba que se utilice dependerá de las características del fluido, y la potencia va a estar determinada por el caudal de trabajo. Cada bomba se instalada por duplicado en forma paralela, con el objetivo de que no sea necesario detener la producción si una bomba no funcionara correctamente.

Los tipos de bombas utilizados en la planta son:

- Bomba Centrífuga, debido a que se trabaja con fluidos poco viscosos. En el caso de la corriente del tanque de extracción, que contiene sólidos en suspensión, también se trabaja con este tipo de bomba, pero la misma cuenta con un rotor diferente. Cuando se trabaja con líquidos limpios se utilizan rotores cerrados, mientras que en el caso de los líquidos que contienen sólidos en suspensión se trabaja con rodets semiabiertos.



Figura 9

- Bombas de membrana, en las corrientes que contienen biomasa, ya que permite mantener la integridad de la misma, así como mantener los requisitos de higiene necesarios durante la operación.



Figura 10

- Bombas de diafragma: se utiliza en las corrientes que ingresan al fermentador, ya que permite mantener las condiciones de esterilidad de las mismas, gracias a una cavidad hermética desde donde el fluido es impulsado.



Figura 11

En el caso de la corriente que alimenta al reactor de lecho, se trata de una solución acuosa de Ácido Clorogénico, sin sólidos en suspensión, por lo que se utiliza una bomba centrífuga de una turbina, con rodete cerrado. Teniendo en cuenta que el caudal que se alimenta es de  $1090 \frac{l}{h}$  a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ :

### **Compresores**

Se utilizan en la impulsión de corrientes gaseosas. Al igual que en el caso de las bombas, se instalan por duplicado para evitar detener la producción ante una falla.

En el caso de la planta analizada, se trabaja con corrientes a bajas presiones. Debido a esto, se utilizan compresores de pistón.

En el caso del compresor que trabaja con el vapor de Etanol, es necesario contar con instalaciones antiexplosivas.

Por otra parte, es necesario contar con un compresor que este dedicado al aire comprimido utilizado en las señales neumáticas por parte de los elementos de control.

### **Válvulas**

Las válvulas se utilizan para regular o interrumpir el paso de fluidos en la planta. Los tipos de válvula utilizados en la planta son:

- Válvulas de control (asiento): Se emplean como elemento de regulación. Son automáticas que suelen ser el elemento final de un lazo de control.



Figura 12

- Válvulas de compuerta: Se emplea como válvulas de todo o nada. La válvula mariposa es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa, lo que produce una reducción del flujo. Posee la ventaja de que requiere poco mantenimiento, tiene un costo bajo, es ligera y compacta.



Figura 13

- Válvulas de bola: válvulas de todo o nada, empleadas en las áreas en las que haya sólidos en suspensión en las corrientes (en la corriente que se dirige desde el tanque de extracción hacia el filtro prensa).



Figura 14

- Válvulas de alivio: empleadas como válvulas de seguridad. Se regulan de manera que a una determinada presión la válvula se abre para evitar una sobrepresión. Se utiliza en equipos donde se trabaja con vapor, por ejemplo evaporadores o cristalizadores.



Figura 15

Las válvulas de control se instalan con dos válvulas tipo compuerta para posibilitar su aislamiento del resto de la instalación en el caso de que sea necesario. Además se coloca en paralelo una válvula de globo manual para desviar el flujo cuando se requiera realizar algún mantenimiento.

Las válvulas pueden ser de tipo manual o automático. Las válvulas manuales de todo o nada se utilizan para llevar a cabo el mantenimiento de equipos o instalaciones. Las válvulas automáticas, por otra parte, actúan automáticamente para conseguir ajustar las variables de operación en la manera deseada.



**Bibliografía**

- <http://en.triowin.com>
- <https://www.sullairargentina.com>
- <http://www.agpbombas.com>
- <https://ar.kaeser.com>
- <https://www.bosch-thermotechnology.com>
- <http://romin.com>
- <https://www.alibaba.com/>
- <https://www.viessmann.es/>
- <https://www.bradleycorp.com/>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Layout”**

# Índice

Layout.....	Página 1
Distribución por proceso.....	Página 1
Distribución por posición fija.....	Página 2
Distribución por producto (o en línea).....	Página 2
Tecnología de Grupo o Celular.....	Página 2
Factores que influyen en la distribución de la planta.....	Página 3
Distribución de la planta.....	Página 3
Circulación de Materia prima y Producto Final.....	Página 9
Circulación de Materiales dentro de la planta.....	Página 12
Organigrama de la empresa.....	Página 14
Bibliografía.....	Página 20

## **Layout**

El Lay-out corresponde a la distribución de maquinaria, servicios y recursos humanos dentro de una planta, que permiten que la producción se realice con el menor costo posible. Entre sus principales objetivos se encuentran:

- Lograr una disposición flexible, que pueda ser modificada en caso que sea necesario realizar modificaciones en el proceso.
- Generar una circulación fluida de materiales y recursos dentro de la planta, asegurando que se recorra la mínima distancia posible y reduciendo los tiempos de espera.
- Mantener la seguridad dentro de la planta, tanto para los operarios como para los productos.
- Aprovechar de forma eficiente el espacio disponible en la planta.

Tener una distribución adecuada de los elementos dentro de una planta es muy importante, ya que una distribución deficiente puede afectar los costos de producción, disminuir la productividad, siendo necesaria una gran suma de dinero para poder modificarla.

Existen diferentes tipos de distribución, de acuerdo a factores como la variedad de productos y procesos. Elegir de forma adecuada el tipo de distribución permitirá afectar la eficiencia de la planta. Entre los principales tipos de distribución se encuentran:

### **Distribución por proceso**

En este tipo de distribución, se agrupan las operaciones similares en un sector determinado. Entre sus ventajas se encuentran una gran flexibilidad, pudiendo adaptarse a variaciones en la demanda y en la producción, y una supervisión efectiva. Además, se facilita la continuidad de la operación en caso de fallas o ausencia de operarios.

Por otra parte, entre las desventajas de este tipo de distribución se encuentran la generación de una mayor cantidad de stock, un mayor espacio requerido para la ubicación de los equipos, y mayores tiempos de espera en el flujo de producción, que pueden afectar la

productividad, la necesidad de inspección más frecuente. Se suele utilizar cuando la maquinaria es costosa o difícil de mover.

### **Distribución por posición fija**

Se utiliza cuando el montaje permanece fijo, y las maquinarias y recursos y personal se mueven hacia donde se encuentra dicho montaje en la medida que sea necesario para completar la operación. Se suele utilizar cuando el traslado del producto resulta complicado o costoso.

Entre sus ventajas se encuentran: permite cambiar el orden de las operaciones en forma frecuente; hay una manipulación reducida de la unidad principal.

### **Distribución por producto (o en línea)**

El material se mueve a lo largo de la planta siguiendo la secuencia de operaciones necesarias para la obtención de los productos, y cada operación se encuentra adyacente a la siguiente. Suele utilizarse este tipo de distribución cuando la cantidad de producto a producir es elevada, y la demanda del mismo no varía demasiado en el tiempo.

Entre sus ventajas se encuentran: una reducción en la manipulación del material y en el tiempo de fabricación, permite una supervisión más fácil del proceso, reduce la superficie destinada al almacenaje.

Entre sus desventajas se encuentran: una mayor inversión inicial, un costo fijo elevado, una flexibilidad reducida del proceso.

### **Tecnología de grupo o celular**

En este tipo de distribución, las maquinarias y procesos se agrupan de forma tal que cada conjunto sea capaz de producir componentes o productos de un determinado tipo. Las piezas con procesos de producción y operaciones comunes son agrupadas como una familia de piezas. Suele utilizarse, por ejemplo, en la fabricación de componentes electrónicos.

Entre sus ventajas se encuentran una mayor utilización de la capacidad productiva instalada, así como un mejor control de la producción.

Sin embargo, cuenta con la desventaja que las tareas dentro de los grupos de producción deben estar muy sincronizados para lograr una producción eficiente.

### **Factores que influyen en la distribución de la planta**

Entre los factores que influyen en la distribución de la planta se encuentran:

- El material, que incluye diseño del proceso, las operaciones y la secuencia en que se llevan a cabo para transformar la materia prima en producto; tipos y cantidad de materias primas; seguridad y riesgos de contaminación.
- La maquinaria, que incluye los equipos y maquinarias industriales utilizados en la producción.
- El hombre, que incluye los operarios, supervisores.
- El movimiento, que abarca los transportes internos de los materiales y su manipulación entre operaciones, así como los almacenajes e inspecciones.
- El estancamiento, que incluye almacenajes temporales, permanentes y demoras.
- Los servicios, entre los cuales se encuentran el mantenimiento, instalaciones auxiliares, residuos, expediciones.
- El edificio, que incluye aspectos del exterior e interior, tipo de construcción, instalaciones de los equipos y distribución.
- El cambio, que se refiere a la flexibilidad ante una posible expansión.

### **Distribución en la planta**

La planta se emplazará en el Parque Industrial Posadas (como se determinó en el capítulo de “Ubicación”), situado en la provincia de Misiones. (Figura 1 y 2)

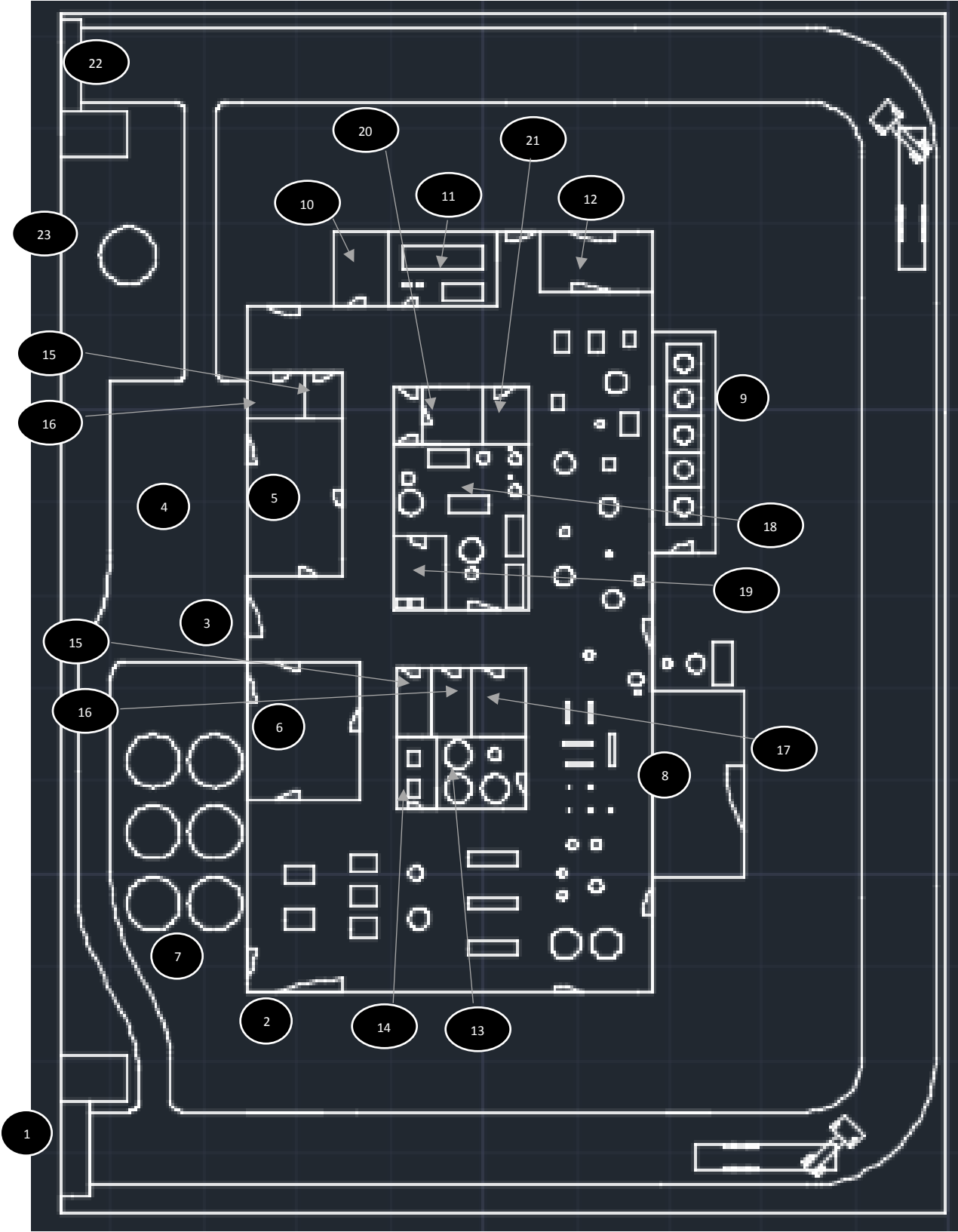




Figura 2

El layout de la planta resulta de la siguiente forma:





Referencias	
1	Entrada a la planta
2	Ingreso materia prima
3	Ingreso Personal
4	Estacionamiento
5	Zona Administrativa y Oficinas
6	Comedor
7	Silos Almacenaje Materia Prima (tratada)
8	Almacenaje Materia Prima (sin tratar)
9	Tanques Almacenaje Etanol
10	Sala de Calderas
11	Sala de Bombas
12	Almacenaje y Salida Producto Final
13	Almacenaje Soluciones ácido Clorogénico
14	Equipos Agua ósmosis Inversa
15	Baños / Vestuarios (Hombres)
16	Baños / Vestuarios (Mujeres)
17	Sala de Control
18	Sala Fermentador
19	Almacenaje Reactivos Fermentación
20	Laboratorio
21	Enfermería
22	Salida de la Planta
23	Tanque de reserva de agua para la red de incendios

Por otro lado, se indica también (en color azul) la zona de carga y descarga de camiones (Figura 3):

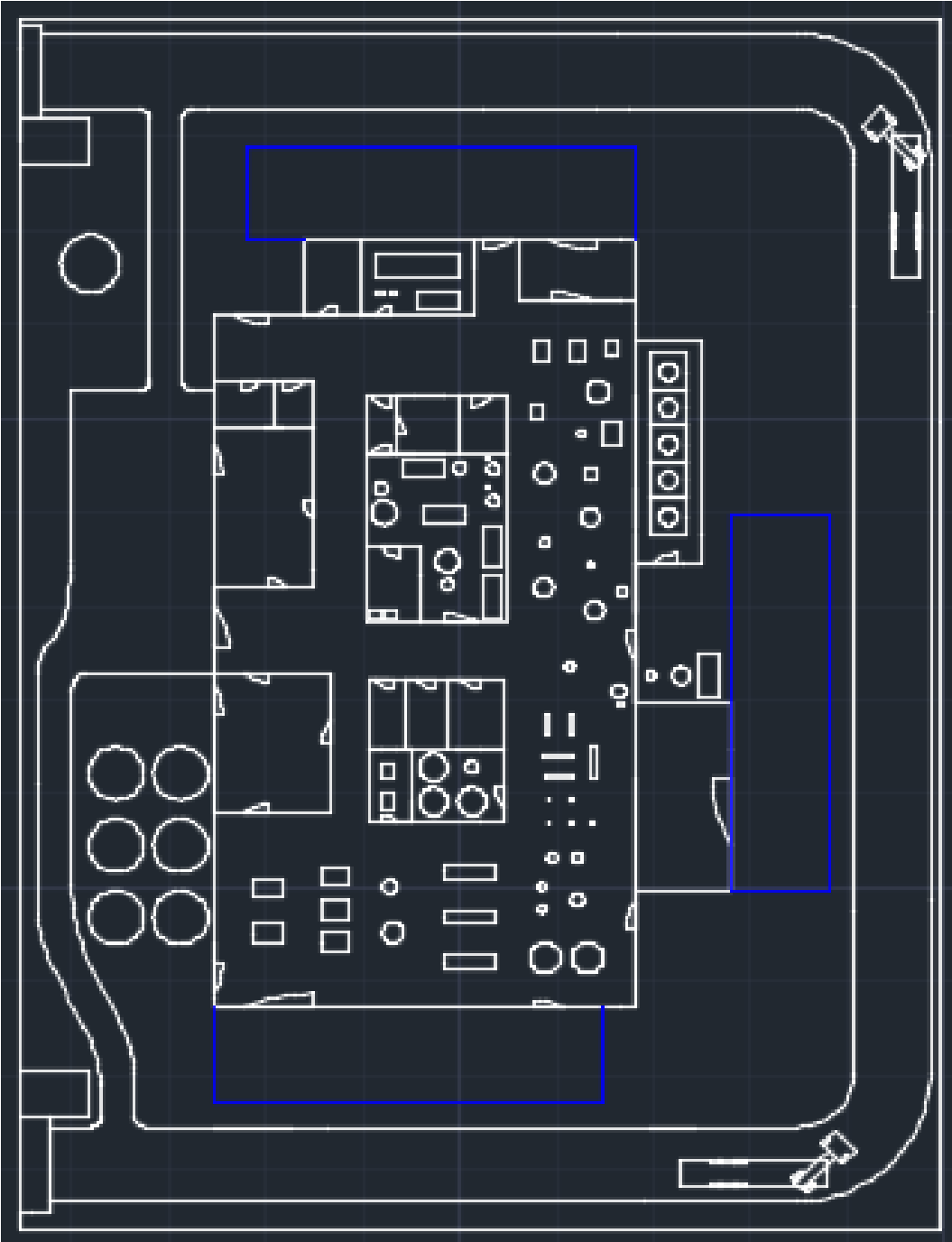


Figura 3

### **Circulación de materia prima y producto final**

La materia prima que se descarga puede seguir dos caminos:

- Si todas las instalaciones funcionan normalmente, la materia prima se descarga en la zona 1, y desde allí se le realizan los primeros tratamientos, que consisten en un tratamiento térmico y un secado, y posteriormente una molienda. Si bien estos tratamientos se realizan sobre toda la materia prima que ingresa, una parte continúa el proceso y otra parte es almacenada en silos para ser utilizada posteriormente (ver “Balance de Materia y Energía”). La materia prima triturada es llevada hacia los silos por medio de cintas transportadoras. (Figura 4)
- En caso que haya algún problema con los equipos, ya sean los hornos o los molinos, la materia prima se descarga en la zona 2, y se almacena en un depósito con condiciones de humedad y temperatura controladas, de forma tal que dicha materia prima no sufra ningún deterioro. Cuando los equipos vuelven a su condición normal, la materia prima sigue el camino indicado en el punto anterior. (Figura 4)

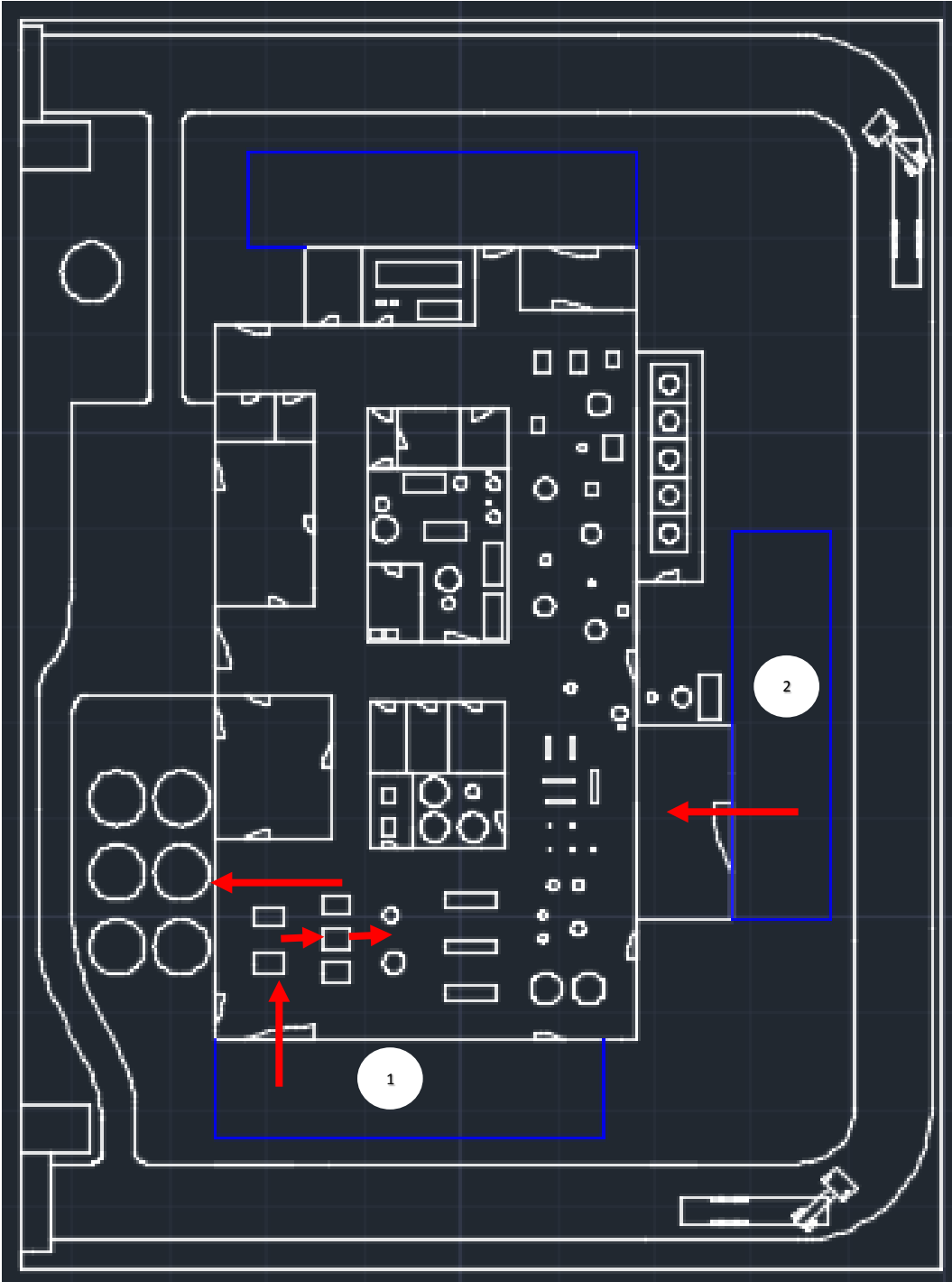


Figura 4

Por otra parte, en cuanto al producto final el mismo es cargado en la sección 3, la cual se encuentra conectada con el almacén de producto final, que se encuentra donde finaliza la línea de producción. (Figura 5)

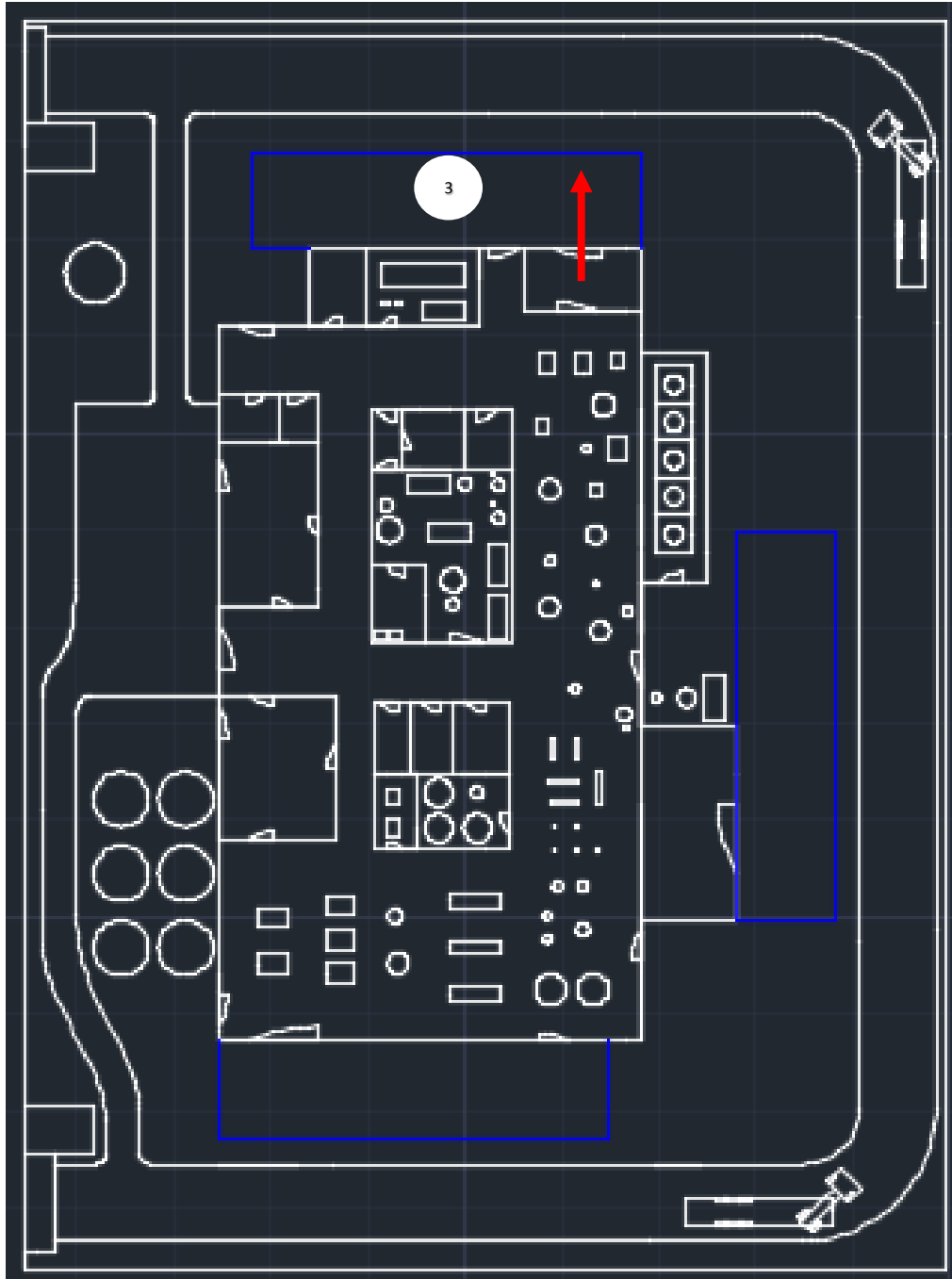
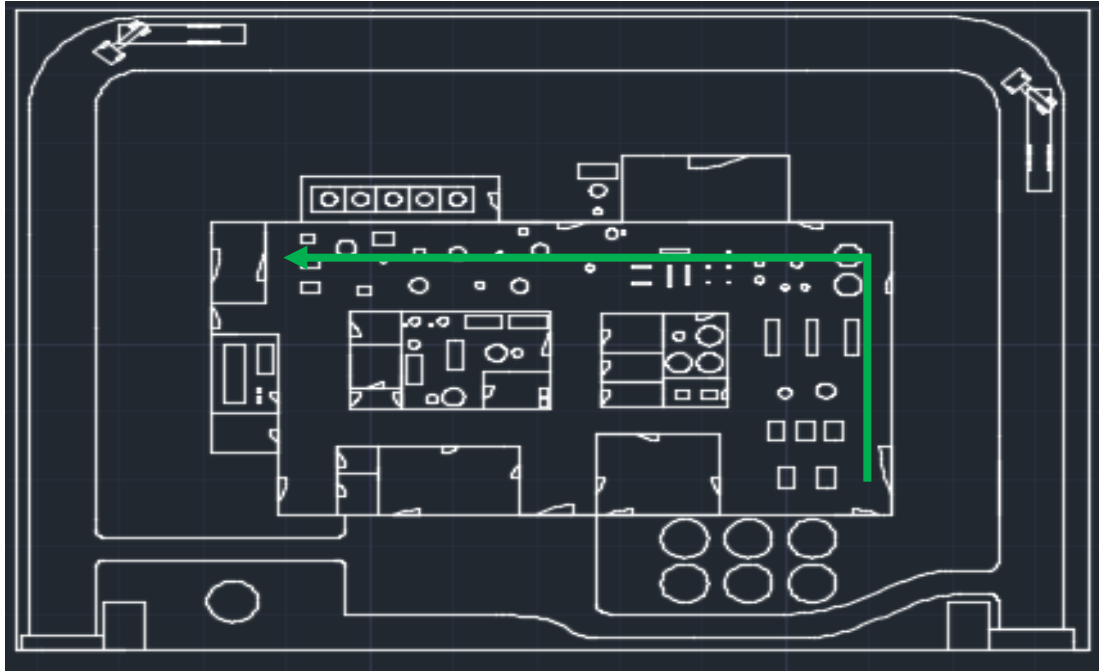


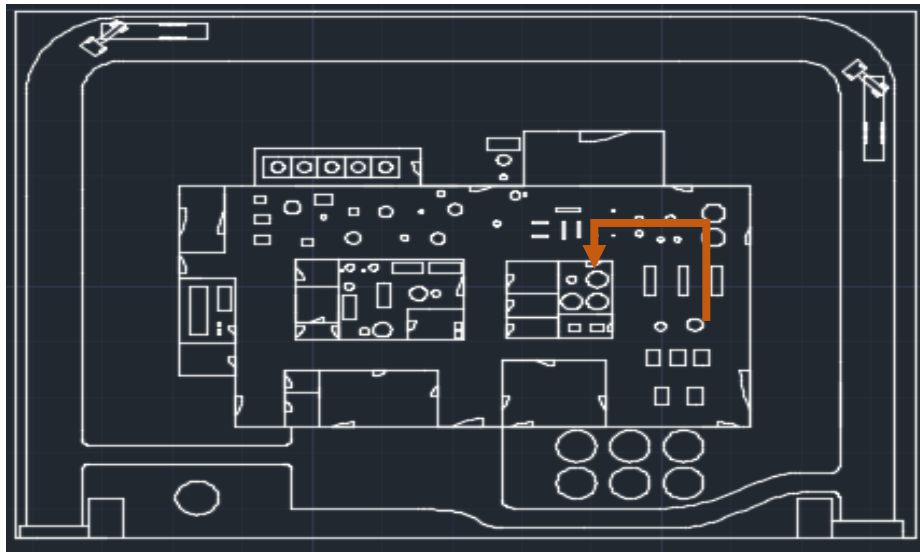
Figura 5

**Circulación de materiales dentro de la planta**

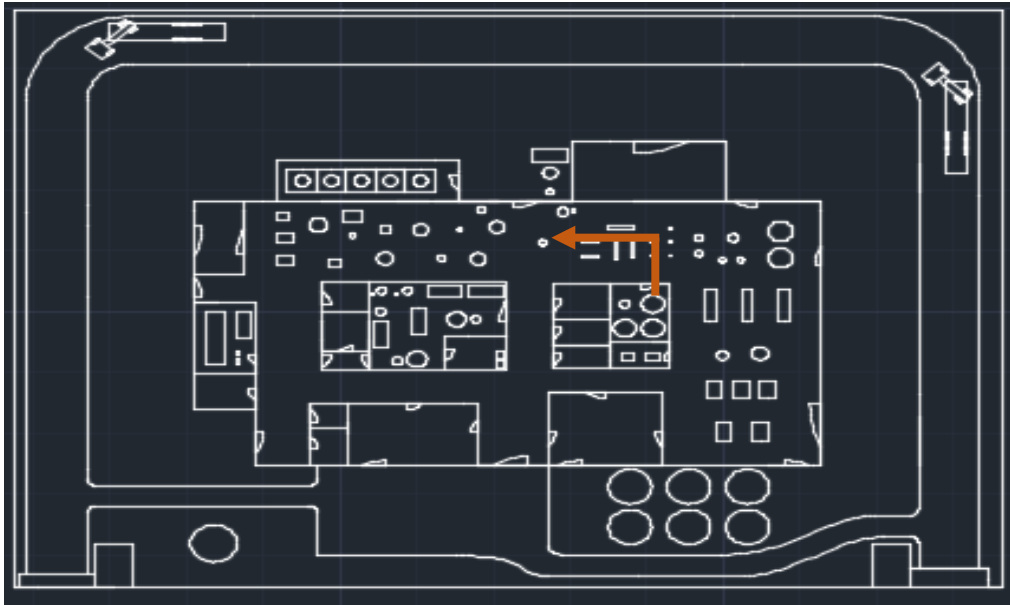
Proceso Productivo:



Solución de Ácido Clorogénico (para alimentar el reactor de lecho fijo)



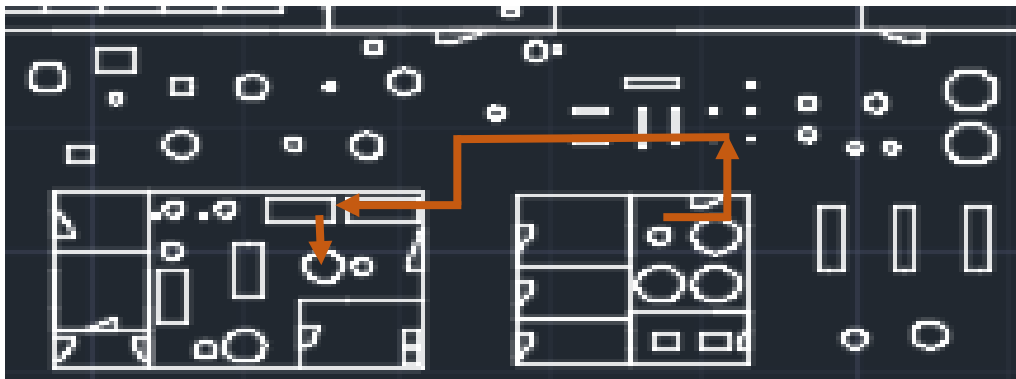
Circulación desde el tanque de extracción hacia el sector de almacenamiento, disminuyendo su temperatura en los intercambiadores de calor.



Circulación desde el sector de almacenamiento hacia el reactor de lecho fijo, previamente atravesando el sector de intercambiadores de calor para elevar su temperatura hasta la temperatura de proceso.

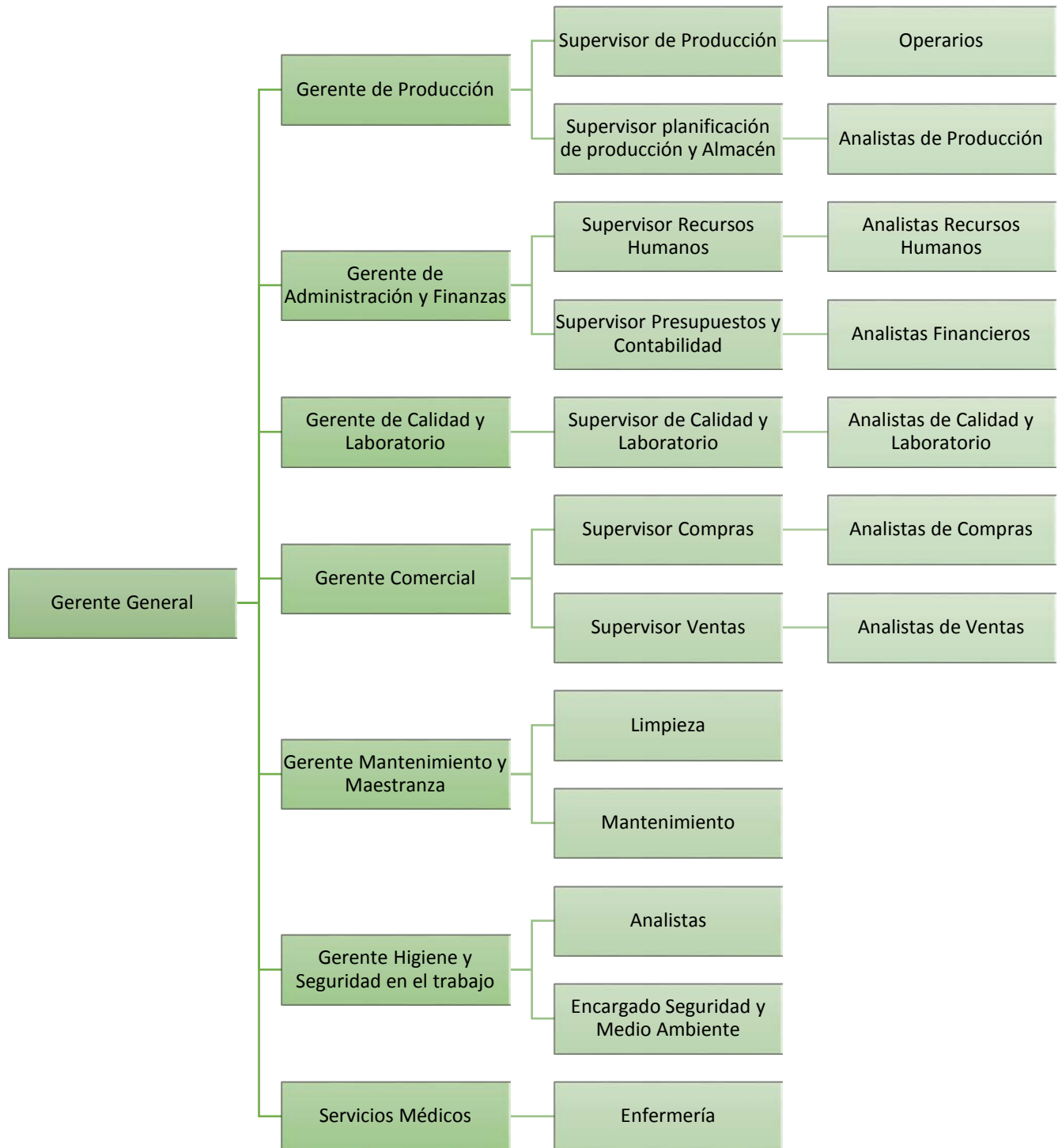
Solución de Ácido Clorogénico (utilizada como inductor)

El camino hacia el sector de almacenamiento es igual que en el caso anterior. Luego, en el momento de ser alimentado al fermentador, se hace circular la solución por un autoclave, para asegurar su esterilidad.





**Organigrama de la empresa**



La planta trabajará todos los días de la semana, en tres turnos: el primer turno de 6 hs A 14 hs; el segundo turno de 14 hs a 22 hs y el tercer turno de 22 h a 6 hs. En cuanto a los puestos administrativos, el horario será de 8 hs a 17 hs. Los puestos relacionados con la producción seguirán un régimen de trabajo de turnos rotativos 5x2.

Cada sector dentro de la planta tiene las siguientes funciones:

- Gerente General: Se encarga de determinar los logros que debe alcanzar la empresa y la estrategia para alcanzar los mismos, y mediante su administración y liderazgo busca la obtención de dichos logros, mientras se asegura que la empresa se encuentre dentro de la reglamentación vigente. Además, es a quien reportan los resultados los encargados y Gerentes de cada sector.
- Producción: A cargo de un Gerente. Este departamento se encuentra dividido a su vez en un supervisor de producción (que se encarga de supervisar las tareas diarias y asegurar que los trabajadores cuenten con las condiciones necesarias para realizar sus tareas), y un supervisor de planificación y almacén, que se encarga de lo relacionado a la administración de la cantidad materias primas, y producto final.
- Administración y finanzas: A cargo de un Gerente. Este departamento se encuentra dividido en un sector de Presupuestos y Contabilidad y un sector de Recursos Humanos. En cuanto al primer sector (que se encuentra a cargo de un supervisor), se encarga de los aspectos relacionados al presupuesto y al análisis de la información financiera, brindando herramientas para una correcta toma de decisiones sobre el negocio; el sector de Recursos Humanos (a cargo de un supervisor) se encarga del reclutamiento de personal y la gestión de aspectos relacionados con la mano de obra.
- Calidad y Laboratorio: A cargo de un Gerente. Este departamento se encuentra dividido en un sector de calidad y un sector de laboratorio. El sector de calidad (a cargo de un supervisor) se encarga de que el producto sea acorde a las necesidades del cliente y monitorea el sistema de gestión de calidad, a la vez que emite informes sobre indicadores del proceso con el fin de poder mejorarlo; el sector de laboratorio (a cargo de un jefe), se encarga de la realización de análisis sobre las materias primas y

productos terminados, a la vez que se encarga del crecimiento y preparación del inóculo utilizado en la fermentación (se requiere personal calificado).

- Departamento Comercial: A cargo de un Gerente. Se encarga de los aspectos relacionados con la compra y venta dentro de la empresa (ya sea de insumos, equipos, servicios, productos terminados), y aspectos relacionados a la logística.

- Departamento de Mantenimiento y Maestranza: A cargo de un Gerente. Se encarga de los aspectos relacionados al mantenimiento de maquinaria (de esta forma permite disminuir los costos operativos, así como asegurar la máxima productividad, eficiencia y seguridad de los equipos), y de la limpieza cotidiana de la planta.

- Higiene y Seguridad: A cargo de un Gerente. Se encarga de asegurar que los procesos que se llevan a cabo en la planta se realicen en un marco seguro, asegurándose que cada trabajador cuenta con los elementos de protección personal específicos de su tarea, las áreas están señalizadas correctamente, las maquina cuentan con las protecciones necesarias, así como la capacitación en materia de seguridad. Dentro del departamento se incluye un encargado de Medio ambiente, para asegurar que la planta realiza sus procesos de forma sustentable y sin producir residuos que puedan afectar al medio ambiente.

- Servicios Médicos: Se trata de un servicio tercerizado. Permite responder ante cualquier eventualidad que pueda surgir en la planta, orientada principalmente hacia la realización de Primeros Auxilios.

En cuanto a la cantidad de personal:

Cargo	Cantidad de personal			
	Primer turno (6 hs – 14 hs)	Segundo turno (14 hs – 22 hs)	Tercer turno (22 hs – 6 hs)	Horario Administrativo (8 hs – 17 hs)
<b>Gerente General</b>				1
<b>Gerente de Producción</b>				1
<b>Gerente de Administración y finanzas</b>				1
<b>Gerente de calidad y Laboratorio</b>				1
<b>Gerente Comercial</b>				1
<b>Gerente de Mantenimiento y Maestranza</b>				1
<b>Gerente de Higiene y Seguridad</b>				1
<b>Servicios Médicos</b>	1	1	1	
<b>Supervisor de Producción</b>	1	1	1	
<b>Operarios de Producción</b>	15	15	15	
<b>Supervisor de Planificación y almacén</b>				1
<b>Analistas de Planificación</b>				2
<b>Supervisor de Recursos Humanos</b>				1
<b>Analistas de Recursos Humanos</b>				1
<b>Supervisor de Presupuestos y contabilidad</b>				1
<b>Analista de presupuestos y contabilidad</b>				1
<b>Supervisor de calidad y laboratorio</b>	1	1	0	

<b>Analistas de Calidad y laboratorio</b>	2	2	1	
<b>Supervisor de Compras</b>				1
<b>Analista de compras</b>				1
<b>Supervisor de Ventas</b>				1
<b>Analista de Ventas</b>				1
<b>Limpieza</b>	4	4	0	
<b>Mantenimiento</b>	4	4	2	
<b>Analistas de Seguridad e Higiene</b>	2	2	1	
<b>Encargado de seguridad y Medio ambiente</b>	1	1	0	

Tabla 1

En cuanto a los operarios, se dividen de la siguiente manera:

- Secado, molienda y filtro prensa: 2 operarios por turno.
- Proceso de extracción, tanque pulmón y evaporadores: 2 operarios por turno.
- Intercambiadores de calor y Condensadores: 2 operarios por turno.
- Reactor de Lecho Fijo: 1 operario por turno (Técnico Químico).
- Maquinaria llenado y vaciado del reactor: 1 operario por turno.
- Sector Fermentación: 2 operarios por turno (Técnico Químico).
- Línea de Producción Acido Quínico y Caféico: 2 operarios por turno.
- Calderas: 1 operario por turno (calificado).
- Bombas: 1 operario por turno (calificado).
- Clark: 1 operario por turno.

Por otra parte se requerirán trabajadores calificados en el sector de laboratorio, para la preparación de los inóculos que se utilizarán en la fermentación.

Se cuenta con un total de 58 operarios en la planta para cubrir con los requerimientos de los turnos.

En cuanto al mantenimiento, Se contará con 3 Técnicos Mecánicos y 1 Técnico Eléctrico durante el primer y segundo turno; durante el tercer turno se contará con 2 Técnicos Electromecánicos. El total de empleados para el sector de Mantenimiento es de 15.

En cuanto al sector de Limpieza, se cuenta con un total de 11 empleados.

En cuanto al puesto de Supervisor de Producción, se cuenta con un total de 4 empleados.

En cuanto al puesto de Supervisor de Calidad y Laboratorio, se cuenta con un total de 3 empleados.

En cuanto al puesto de Analista de calidad y laboratorio se cuenta con un total de 7 empleados.

En cuanto al puesto de Seguridad e Higiene se cuenta con un total de 7 empleados.

En cuanto al puesto de Encargado de Medio Ambiente se cuenta con un total de 3 empleados.

En cuanto a los Servicios Médicos se cuenta con un total de 4 empleados.

Durante el turno noche, el supervisor de producción será el jefe de turno.

Finalmente, la cantidad de empleados en la planta es de 130.

## **Bibliografía**

- <https://www.lifeder.com/>
- <https://www.aturnos.com>
- <https://www.pip.misiones.gob.ar>
- TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA, Industrial Data, © UNMSM. Facultad de Ingeniería Industrial, ISSN versión electrónica 1810-9993



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Seguridad e Higiene”**



# **Índice**

Seguridad e Higiene.....	Página 1
Reglamentación vigente.....	Página 2
Elementos de Protección Personal.....	Página 3
Señalización.....	Página 6
Nivel de Ruido.....	Página 12
Iluminación.....	Página 13
Protección contra Incendios.....	Página 14
Red de Incendios.....	Página 15
Equipos adicionales de la Red de Incendios.....	Página 19
Punto de Reunión.....	Página 21
Bibliografía.....	Página 22

## **Seguridad e Higiene**

La seguridad resulta un aspecto fundamental del funcionamiento de cualquier industria, permitiendo evitar pérdidas tanto materiales como relacionadas con la integridad de los trabajadores.

En la planta de producción de Ácido Caféico y Quínico, los principales riesgos que existen son:

- Manejo de sustancias inflamables, como el Etanol.
- Al trabajar con un proceso biotecnológico, en el cual se utiliza un microorganismo para obtener un producto, es necesario manipular dicho microorganismo de forma segura para evitar riesgos por la exposición al mismo.
- Manejo de sustancias cáusticas (Hidróxido de Sodio).
- Procesos desarrollados a temperaturas mayores que la temperatura ambiente, que pueden resultar peligrosas ante un contacto accidental (90°C a 100°C).

Por otra parte existen también riesgos de contactos eléctricos, golpes, etc.

Por estas razones resulta necesario adoptar medidas de seguridad y verificar que se lleven a cabo para asegurar el correcto desarrollo de las actividades. Entre las principales medidas de seguridad se encuentran la correcta distribución de los elementos en la planta, la redacción de protocolos y la capacitación sobre los mismos, la señalización correcta de los sectores dentro de la planta, la provisión y utilización de elementos de protección personal adecuados para cada operación, etc.

Para reducir los riesgos de accidentes y de perjuicios para la salud, resulta indispensable la aplicación de medidas de organización a fin disminuir los riesgos en su origen. Cuando estas disposiciones no alcanzan, surge la utilización de equipos de protección individual a fin de prevenir los riesgos que no han podido reducirse.

Por otra parte, en caso de accidentes, es necesario determinar de forma concreta su causa, así como tomar las medidas necesarias para evitar que dichos accidentes se repitan en el futuro.

Las reglas y protocolos de seguridad deberán ser conocidas por todos los empleados de la fábrica, incluyendo planes de evacuación que serán conocidos por los trabajadores de todos los sectores, así como las medidas de seguridad propias de cada sector. Esto será una política de la empresa, incluida en el Sistema de Gestión Integrado, y se impondrán sanciones a quienes incumplan parcial o totalmente alguna normativa, dependiendo la sanción de la gravedad de la falta cometida.

### **Reglamentación vigente**

La reglamentación que se ocupa de los aspectos relacionados a la Higiene y seguridad en el trabajo es la Ley Nacional N° 19.587, junto con los Decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96. En esta ley se determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en Argentina.

Comprende las normas técnicas y medidas sanitarias o preventivas que tengan como objetivo:

- Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores.
- Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo.
- Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

En los decretos se establecen condiciones para la aplicación de la ley, tales como:

- Características constructivas.
- Provisión de agua potable.
- Ventilación.
- Iluminación.
- Ruidos.

- Elementos de Protección Personal.

### **Elementos de protección personal**

Se denomina elemento de protección personal a todo dispositivo que utiliza una persona con el objeto de protegerse contra uno o más riesgos que pueden afectar su salud. El elemento de protección que vaya a utilizarse para cada operación depende del riesgo que la misma pueda presentar. Los elementos de protección personal constituyen la última barrera de protección del trabajador. Cada operario contará con los elementos de seguridad personal necesarios para desarrollar su tarea de manera adecuada, los cuales serán provistos por la empresa.

#### **Protector auditivo**

Los protectores auditivos son dispositivos que se emplean para el control pasivo del ruido, generando la atenuación necesaria que asegura la disminución de la exposición efectiva al mismo. Entre ellos se encuentran:

- Protectores de copa: Se colocan sobre la oreja para brindar una barrera acústica. Se fabrica con un material rígido, revestido con una almohadilla.
- Tapones: Los tapones, al ser un dispositivo de inserción, otorgan una mayor protección que un protector de copa, aunque la atenuación resultante depende de la habilidad del trabajador en su colocación.

Ambos elementos pueden emplearse en ambientes de trabajo con un nivel de ruido constante y jornadas extensas.

En el caso de este trabajo, algunos de los equipos que producen un mayor nivel de ruido son los molinos.

#### **Casco de seguridad**

Su misión principal es proteger el cráneo. Está diseñado para brindar al trabajador protección de objetos en caída libre que impactan en la parte superior de la carcasa. Un casco de protección para uso industrial está compuesto por una carcasa y un arnés o suspensión. Estos elementos deben ser fabricados con materiales resistentes a los riesgos que conlleve la

tarea, además deben ser incombustibles o de combustión muy lenta y proteger al trabajador de las radiaciones térmicas y descargas eléctricas.

### Protección ocular y facial

Tiene como objetivo proteger a los ojos del impacto de partículas, ya sean sólidos o líquidas, vapores (ácidos, alcalinos, orgánicos, etc.), radiaciones (infrarrojas, ultravioletas, etc.). Incluye elementos como: antiparras, anteojos, máscaras faciales, etc. Entre sus principales características se encuentran:

- Tener armaduras livianas, que no se deformen con el calor, no ser inflamables, ser cómodas y de diseño anatómico.
- Cuando se trabaje con vapores, gases o aerosoles, deben ser completamente cerradas y bien ajustadas al rostro.
- Deben ser de fácil limpieza y reducir lo menos posible el campo visual.

### Protección respiratoria

Su finalidad es preservar la salud de las personas que respiran en ambientes de trabajo en presencia de contaminantes y/o partículas en suspensión menores a 10 micrones, las cuales no son filtradas por el organismo naturalmente, y que si llegaran a ser depositadas en los pulmones podrían ocasionar enfermedades, así como vapores o humos tóxicos, o ambientes que no sean aptos para el trabajo. Estos elementos incluyen barbijos, máscaras, equipos autónomos, etc. Entre sus características se encuentran:

- Ser apropiado para el tipo de riesgo de la actividad.
- Ajustar completamente para evitar filtraciones.
- Controlar su conservación y funcionamiento como mínimo una vez al mes.

En el caso de la planta de Ácido Quínico y Caféico, se requiere una protección respiratoria en la manipulación del microorganismo *Aspergillus Niger*, el cual puede tener impactos negativos sobre la salud, tales como afecciones pulmonares. Como elemento de protección personal se pueden nombrar tapabocas, el cual debe cubrir correctamente las vías respiratorias, así como el uso de guantes de látex en su manipulación y gafas de seguridad.

### Protección de extremidades

Los riesgos que pueden estar expuestos los trabajadores en sus extremidades, pies y manos están presentes en trabajos que involucren: materiales pesados, productos químicos, agua, superficies resbalosas, electricidad, metales fundidos y temperaturas extremas.

Esto implica la utilización de o zapatos de seguridad para los pies y los guantes para las manos.

- Botas de goma: Se utilizan en ambientes húmedos ya que tienen características antideslizantes.
- Zapatos dieléctricos: Se emplean en trabajos con electricidad.
- Zapatos de seguridad: Cuentan con una puntera de seguridad reforzada con una estructura de acero que garantiza una protección suficiente frente a impactos, perforaciones o aplastamientos
- Guantes dieléctricos: Se emplean en para trabajos con energía eléctrica. Existen distintos tipos, según la tensión eléctrica de trabajo.
- Guantes de cota de malla: Son para protección de cortes con elementos filosos.
- Guantes goma: Se utiliza en trabajos en medios húmedos, con grasa o con polvo.
- Guante químico: Están fabricados de diversos materiales que protegen contra la agresión de agentes químicos.
- Guantes Aluminizados: Son aptos para trabajos a altas temperaturas.

### Vestimenta

Se utiliza como protección contra la exposición a riesgos del tipo: fuego, calor extremo, frío extremo, metales fundidos, químicos corrosivos, cortaduras.

### Trabajo en altura

Estos elementos se emplean en trabajos efectuados en altura (es decir, a más de 1,5 metros) a fin de evitar caídas del trabajador. Incluye:

- Arnés de Seguridad enganchados a una línea de vida.

- Mosquetones.
- Eslingas, puede ser de desplazamiento, posicionamiento o restricción.
- Línea de vida.

### **Señalización**

La señalización se define como un conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo que los recibe frente a ciertas circunstancias, determinados riesgos, protecciones necesarias a utilizar y trayectoria a seguir.

En todos los lugares de trabajo existen riesgos, y el control de los mismos requiere su conocimiento y la señalización es el medio por el cual los trabajadores son informados de su posible presencia.

Entre los objetivos que tiene el sistema de señalización se encuentran:

- Atraer la atención de los trabajadores.
- Ser claras para facilitar su interpretación.
- Informar sobre la acción específica a seguir en cada caso.
- Ser factible de cumplirse en la práctica.

Una señal de seguridad e higiene es un sistema que se compone por tres elementos:

- Una forma geométrica.
- Un Color de seguridad y un color contrastante.
- Un símbolo o pictograma.

El tipo de señal (prohibición, obligación, precaución o información) y el mensaje específico de ésta se asocia a dichos elementos.

A su vez, los tipos de señalización pueden clasificarse en función del sentido por el que se percibe:

- Señalización óptica: la apreciación de las formas y colores por la vista.
- Señalización acústica: emisión de señales sonoras: altavoces, sirenas, etc.

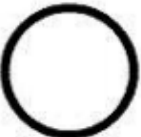
SIGNIFICADO	FORMA GEOMÉTRICA	DESCRIPCIÓN DE FORMA GEOMÉTRICA	UTILIZACIÓN
PROHIBICIÓN		Círculo con banda circular y banda diametral oblicua a 45°, con la horizontal, dispuesta de la parte superior izquierda a la inferior derecha.	Prohibición de una acción susceptible de provocar un riesgo.
OBLIGACIÓN		Círculo.	Descripción de una acción obligatoria.
PRECAUCIÓN		Triángulo equilátero. La base deberá ser paralela a la horizontal.	Advierte de un peligro.
INFORMACIÓN		Cuadrado o rectángulo. La relación de lados será como máximo 1:2.	Proporciona información para casos de emergencia.

Figura 1

Señalización óptica

Es aquella que se percibe por la vista e informa a los trabajadores de los posibles riesgos a través de la utilización de colores y formas. Según su función se dividen en señalizaciones de prohibición, de obligación, precaución e información.

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamiento peligroso
	Peligro-alarma	-Alto, parada, dispositivo de desconexión de emergencia. -Evacuación.
	Material y equipo de lucha contra incendio	Identificación y localización.



<b>Amarillo</b>	Señal de advertencia	-Atención, precaución. -Verificación.
<b>Azul</b>	Señal de obligación	-Comportamiento o acción específica. -Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
<b>Verde</b>	-Señal de salvamento o auxilio -Situación de seguridad	-Puertas, salidas, pasajes, material, puesto de salvamento o de socorro. -Vuelta a la normalidad.

Tabla 1

Color de Seguridad	Color de Contraste
<b>Rojo</b>	Blanco
<b>Amarillo</b>	Negro
<b>Azul</b>	Blanco
<b>Verde</b>	Blanco

Tabla 2

### Señales en forma de panel

Las características que reúnen estas señales son:

- Los pictogramas deben ser de fácil comprensión.
- Deben ser resistentes de forma que aguanten los posibles golpes o las condiciones ambientales.
- Sus dimensiones y características colorimétricas y fotométricas garantizarán su buena visibilidad y comprensión.

Además, el lugar en que se coloque la señal debe estar iluminado, ser accesible y fácilmente visible.

Algunos ejemplos de señales son:

Señales de precaución



	INDICACIÓN	CONTENIDO DE IMAGEN DEL SÍMBOLO	EJEMPLO
C.1	INDICACIÓN GENERAL DE PRECAUCIÓN	SIGNO DE ADMIRACIÓN	
C.2	PRECAUCIÓN, SUSTANCIA TOXICA	CRÁNEO HUMANO DE FRENTE CON DOS HUESOS LARGOS CRUZADOS POR DETRÁS	
C.3	PRECAUCIÓN, SUSTANCIAS CORROSIVAS	UNA MANO INCOMPLETA SOBRE LA QUE UNA PROBETA DERRAMA UN LIQUIDO. EN ESTE SÍMBOLO PUEDE AGREGARSE UNA BARRA INCOMPLETA SOBRE LA QUE OTRA PROBETA DERRAMA UN LIQUIDO	
C.4	PRECAUCIÓN, MATERIALES INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES	IMAGEN DE FLAMA	
C.5	PRECAUCIÓN, MATERIALES OXIDANTES Y COMBURENTES	CORONA CIRCULAR CON UNA FLAMA	

Figura 2

Señales de prohibición

	INDICACIÓN	CONTENIDO DE IMAGEN DEL SÍMBOLO	EJEMPLO
A.1	PROHIBIDO FUMAR	CIGARRILLO ENCENDIDO	
A.2	PROHIBIDO GENERAR LLAMA ABIERTA E INTRODUCIR OBJETOS INCANDESCENTES	CERILLO ENCENDIDO	
A.3	PROHIBIDO EL PASO	SILUETA HUMANA CAMINANDO	
A.4	AGUA NO POTABLE	LLAVE SOBRE VASO CONTENIENDO AGUA INDICADA POR LÍNEAS ONDULADAS	
A.5	PROHIBIDO EL PASO A MONTACARGAS Y OTROS VEHICULOS INDUSTRIALES	CONTORNO DE PERFIL DE MONTACARGAS Y SILUETA DE CONDUCTOR	


	INDICACIÓN	CONTENIDO DE IMAGEN DEL SÍMBOLO	EJEMPLO
D.1.1	UBICACIÓN DE UN EXTINTOR	SILUETA DE UN EXTINTOR CON FLECHA DIRECCIONAL OPCIONAL, EN EL SENTIDO REQUERIDO	
D.1.2	UBICACIÓN DE UN HIDRANTE	SILUETA DE UN HIDRANTE CON FLECHA DIRECCIONAL	

Figura 3

Señales de obligación

	INDICACIÓN	CONTENIDO DE IMAGEN DEL SÍMBOLO	EJEMPLO
B.1	INDICACIÓN GENERAL DE OBLIGACIÓN	SIGNO DE ADMIRACIÓN	
B.2	USO OBLIGATORIO DE CASCO DE PROTECCIÓN	CONTORNO DE CABEZA HUMANA, PORTANDO CASCO	
B.3	USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN AUDITIVA	CONTORNO DE CABEZA HUMANA PORTANDO PROTECCIÓN AUDITIVA	
B.4	USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR	CONTORNO DE CABEZA HUMANA PORTANDO ANTEOJOS	
B.5	USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE PROTECCIÓN	UN ZAPATO DE PROTECCIÓN	

Señales que indican ubicación de salidas de emergencia y de instalaciones de primeros auxilios

	INDICACIÓN	CONTENIDO DE IMAGEN DEL SÍMBOLO	EJEMPLO
D.2.1	UBICACIÓN DE UNA SALIDA DE EMERGENCIA	SILUETA HUMANA AVANZANDO HACIA UNA SALIDA EN EL SENTIDO REQUERIDO. OPCIONALMENTE PUEDE ADICIONAR LA FLECHA DIRECCIONAL Y EL TEXTO "SALIDA DE EMERGENCIA"	 
D.2.2	UBICACIÓN DE RUTA DE EVACUACIÓN	FLECHA INDICANDO EL SENTIDO REQUERIDO Y, EN SU CASO, EL NÚMERO DE LA RUTA DE EVACUACIÓN. OPCIONALMENTE PUEDE CONTENER EL TEXTO RUTA DE EVACUACIÓN	 
D.2.3	UBICACIÓN DE UNA DE EMERGENCIA	SILUETA HUMANA BAJO UNA REGADERA Y FLECHA DIRECCIONAL	

Figura 4

### Señal luminosa

Se define como La señal emitida por medio de un dispositivo con materiales transparentes o traslúcidos, iluminados desde atrás o desde el interior.

Entre sus características se encuentran:

- La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso adecuado.
- La superficie luminosa que emita una señal puede ser de color uniforme.
- La intensidad de la luz será tal que asegure su percepción, sin llegar a producir deslumbramiento.

### Señal acústica

Las señales acústicas generalmente se llevan a cabo a través de altavoces, sirenas, timbres o cualquier otro artefacto sonoro indicando la necesidad de realizar una acción de inmediato. Entre sus características se encuentran:

- El nivel sonoro generado por la señal deberá ser superior al nivel de ruido ambiental.
- No se empleará una señal acústica en ambientes en los cuales el ruido ambiental sea demasiado intenso.
- Las señales acústicas deben ser fácilmente identificables.
- Se debe comprobar periódicamente el funcionamiento de las mismas.

### Nivel de Ruido

El ruido es uno de los contaminantes presentes en los ambientes laborales más comunes. Entre los efectos que sufren las personas expuestas al ruido se encuentran:

- Pérdida de capacidad auditiva, trastornos del aparato digestivo y efectos cardiovasculares.
- Interferencia en la comunicación.
- Malestar, estrés, nerviosismo, que pueden generar cambios en el comportamiento social.

- Disminución del rendimiento laboral, así como el incremento de accidentes.

**TABLA**  
Valores limite PARA EL RUIDO<sup>o</sup>

Duración por día		Nivel de presión acústica dBA <sup>*</sup>
Horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Minutos	30	97
	15	100
	7,50 Δ	103
	3,75 Δ	106
	1,88 Δ	109
	0,94 Δ	112
Segundos Δ	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124

**TABLA**  
Valores limite PARA EL RUIDO<sup>o</sup>

Duración por día	Nivel de presión acústica dBA <sup>*</sup>
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139

<sup>o</sup> No ha de haber exposiciones a ruido continuo, intermitente o de impacto por encima de un nivel pico C ponderado de 140 dB.

<sup>\*</sup> El nivel de presión acústica en decibelios (o decibelios) se mide con un sonómetro, usando el filtro de ponderación frecuencial A y respuesta lenta.

<sup>Δ</sup> Limitado por la fuente de ruido, no por control administrativo. También se recomienda utilizar un dosímetro o medidor de integración de nivel sonoro para sonidos por encima de 120 decibelios.

Figura 5

## Iluminación

Una correcta iluminación en el ambiente de trabajo es esencial para que una tarea se realice de forma adecuada, así como para la prevención de accidentes. Las necesidades de iluminación son específicas de cada tipo de trabajo.

Entre las recomendaciones en materia de seguridad e higiene asociadas a la iluminación se encuentran:

- Determinar el valor de la iluminación sobre el plano de trabajo de acuerdo a lo establecido por la reglamentación vigente, efectuando mediciones de iluminación en pasillos, salidas de emergencias y lugares de producción.
- Realizar un mantenimiento periódico de las luminarias.
- Emplear iluminación natural cuando sea posible e iluminación artificial auxiliar cuando sea necesario.
- Buscar una iluminación uniforme para evitar reflejos o deslumbramientos.
- Emplear difusores o rejillas para controlar la luz emitida.
- Utilizar colores en paredes, techos y superficies de trabajo que no sean muy oscuros ni brillantes.
- Informar de los riesgos existentes y de las medidas de higiene y seguridad que se deben considerar mediante capacitaciones al personal.

### **Protección contra incendios**

Las medidas a tomar para la prevención de incendios se desarrollaron en el capítulo de “Servicios Auxiliares”.

En cuanto a la protección activa, como primera medida se puede nombrar la existencia de instalaciones de detección y alarma, como por ejemplo señales sonoras, que permitan advertir del riesgo para poder actuar en consecuencia, y sistemas de alumbrado de emergencia que actúen en caso de una falla. Por otra parte, se debe contar con instalaciones de extinción, tales como bocas de incendio, extintores móviles, y sprinklers. En el caso de los matafuegos, los tipos que estarán presentes en la planta son: Clase A (debido a la existencia de combustibles sólidos, entre ellos la madera que se utiliza como materia prima, el papel en oficinas, etc.); Clase B (debido principalmente a la utilización de Etanol en el proceso); Clase C (debido a la existencia de equipos eléctricos). Además, las salidas de emergencia deben estar correctamente señalizada.

En cuanto a la protección pasiva, destaca la compartimentalización estructural y la utilización de materiales resistentes al fuego. Esta medida es importante en el caso de la sala donde se encuentran los tanques de almacenamiento de Etanol. Se utilizan materiales ignífugos

que eviten la propagación del fuego, así como muros de contención para evitar la propagación del combustible ante una posible pérdida.

En el caso de los equipos y zonas donde se trabaje con Etanol, es necesario contar con una instalación antiexplosiva.

**Red de incendios**

Para el cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento de agua para el sistema contra incendios, se determinó en primer lugar el área de la planta, la cual resulta de 3.832 m<sup>2</sup>. En función de dicho valor, y sabiendo que se debe contar con una capacidad de 10  $\frac{\text{litros}}{\text{m}^2}$ , la capacidad del tanque resulta de 38.320 litros. Sin embargo, en la planta se trabaja con materiales inflamables y que representan un gran riesgo de producir un incendio, con lo cual se agrega a la capacidad determinada un 30%. El volumen total resulta de 49.820 litros.

Por otra parte, es necesario considerar el consumo de agua de los rociadores instalados en la planta. Sabiendo que el área que cubre un rociador es de 12 m<sup>2</sup>, se determina que en la planta deben instalarse 320 rociadores. Luego, sabiendo que cada rociador consume 50  $\frac{\text{litros}}{\text{min}}$  de agua, y que ante un incendio se considera que un 12% de los rociadores funcionan simultáneamente por un período de una hora, el volumen de agua requerido es igual a 115,2 m<sup>3</sup>. Sumando esto al volumen obtenido anteriormente, resulta un volumen final de 165 m<sup>3</sup>.

Medidas y Capacidades de los Tanques Cilíndricos.																					
Altura (m):		1,250	1,790	2,438	2,978	3,626	4,166	4,814	5,354	6,002	6,542	7,190	7,730	8,378	8,918	9,566	10,106	10,754	11,294	11,942	
Altura Referencia:		01	16	02	25	03	36	04	45	05	55	06	65	07	75	08	85	09	95	10	
Ø (m)	Radio (m)	Ø ref.	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
3,048	1,524	04	6	10	15	18	23	27	32	36	41	44	49								
3,810	1,905	05	9	16	23	29	36	42	50	56	63	69	77	83	90						
4,572	2,286	06	13	22	33	42	52	61	72	81	91	100	111	120	130	139	150				
5,334	2,667	07	18	30	44	56	71	83	98	110	124	136	151	163	177	189	204	216	230		
6,096	3,048	08	23	39	56	74	93	108	127	143	162	178	197	212	231	247	266	282	301	316	335
6,858	3,429	09	30	49	73	93	117	137	161	181	205	225	249	269	293	313	337	357	381	401	425
7,620	3,810	10	36	61	91	115	145	169	199	224	253	278	307	332	362	386	416	440	470	495	524
8,382	4,191	11	44	74	110	139	175	205	241	271	309	336	372	402	437	467	503	533	569	596	634
9,144	4,572	12	53	88	131	166	209	244	287	322	365	400	443	478	521	556	599	634	677	712	755
9,906	4,953	13	62	103	153	195	245	286	336	378	428	470	519	561	611	653	703	744	794	836	886
10,668	5,334	14	72	120	178	226	284	332	390	438	496	545	602	651	709	757	815	863	921	969	1.027



Se instala un tanque de 6,096 m de diámetro y 6,542 m de altura, con una capacidad de 178 m<sup>3</sup>.

En cuanto a los matafuegos, se utilizarán unidades de tipo ABC, excepto en aquellos lugares donde se cuente con la presencia de equipos electrónicos se instalan matafuegos de Dióxido de Carbono. Todas las unidades instaladas son de 10 Kg de capacidad. Se instala un matafuego cada 200 m<sup>2</sup>. En cuanto a los hidrantes, los mismos deben cubrir un rango de 45 m lineales.

En los planos siguientes se indican la ubicación de los rociadores (color rojo) y los elementos detectores (color amarillo); la ubicación de los matafuegos (color violeta) y los hidrantes (color celeste).

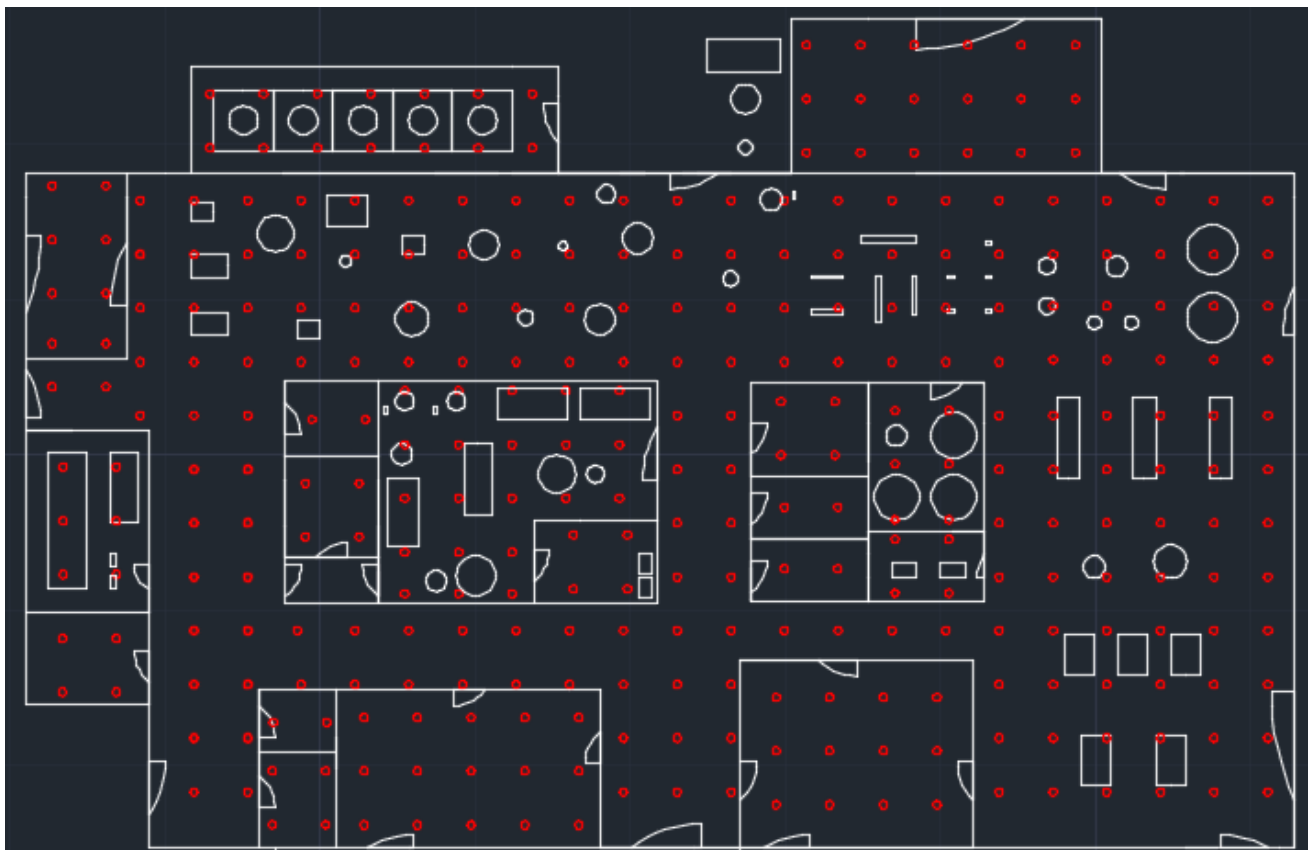


Figura 6 - Red de Rociadores

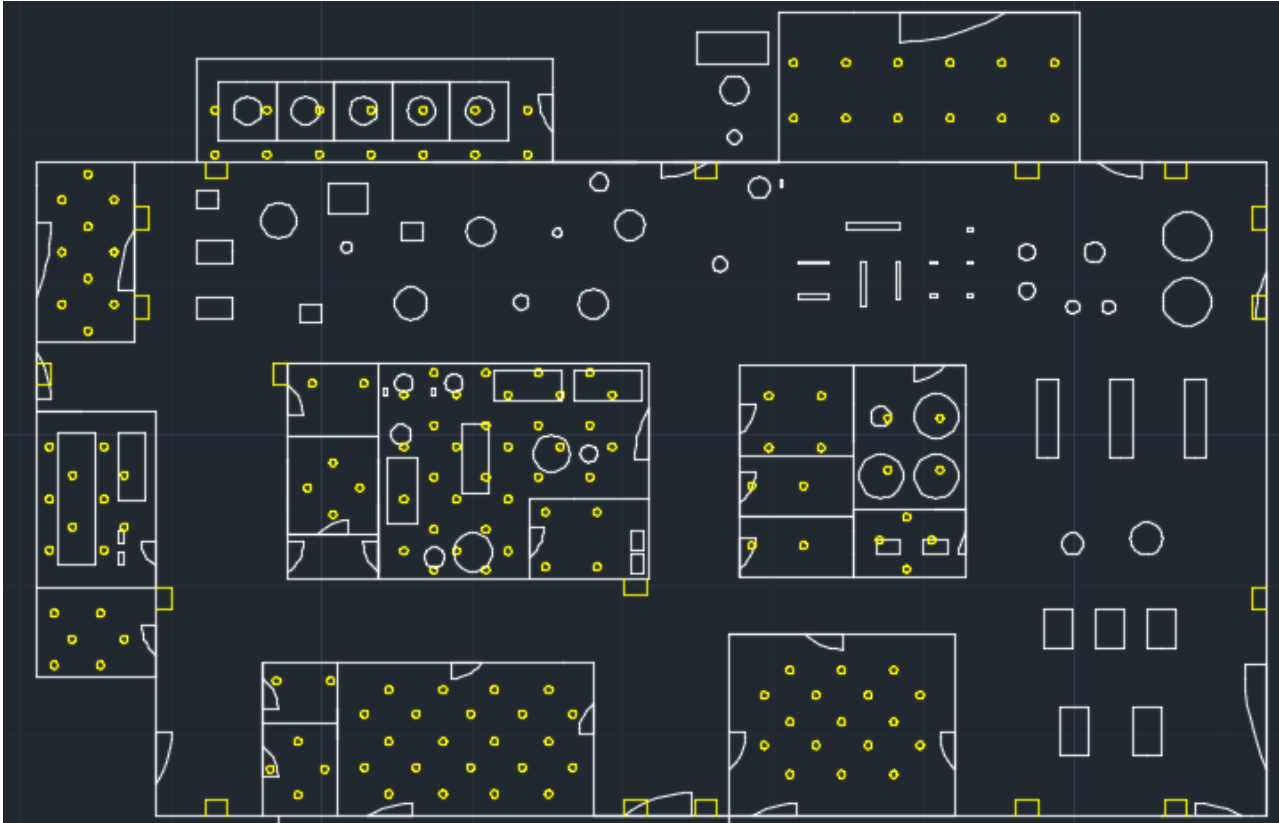


Figura 7 - Detectores

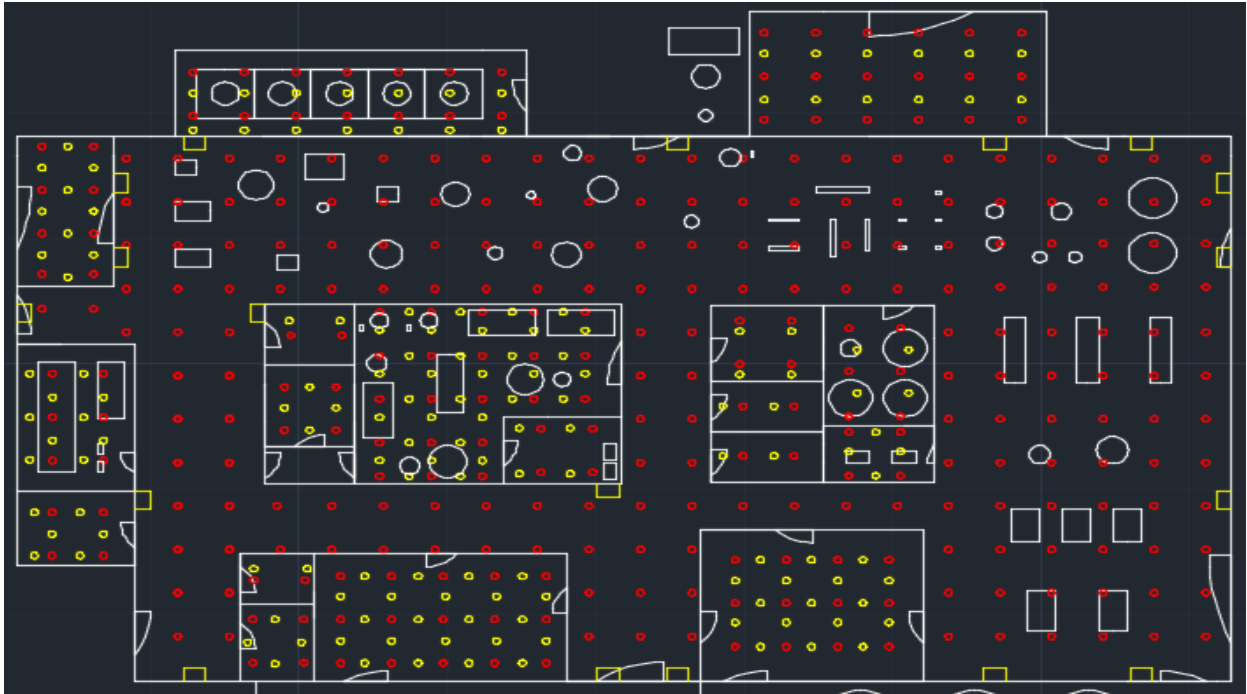


Figura 8 - Detectores y Rociadores

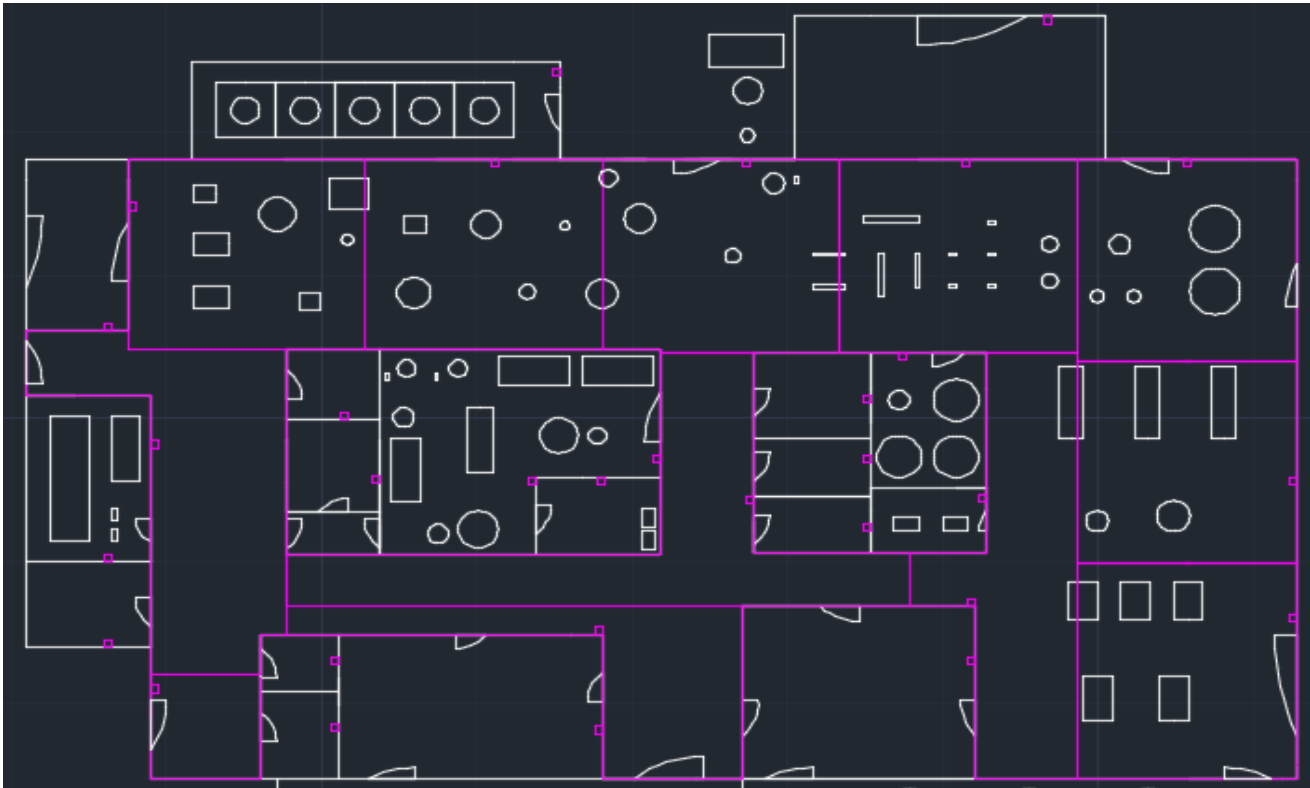


Figura 9 - Ubicación de los Matafuegos

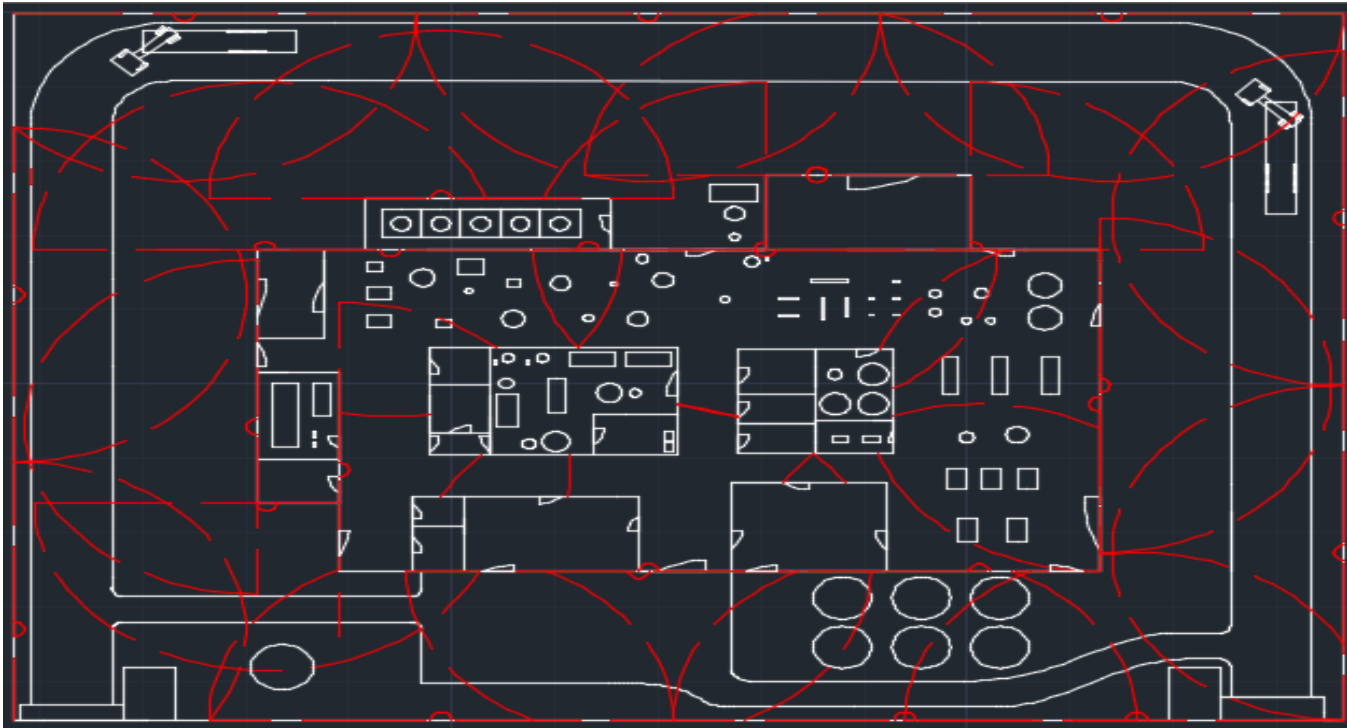


Figura 10 – Ubicación de los hidrantes

### **Equipos adicionales de la red de incendios**

Además de los elementos mencionados anteriormente, la red de incendios debe contar con un sistema de bombas particular que permita asegurar la provisión de agua ante un incendio. Este sistema está integrado por una motobomba, una electrobomba y una bomba Jockey. Las dos primeras tienen la función de asegurar la impulsión del agua para ser utilizada ante un incendio, y corresponden a bombas centrífugas. La electrobomba está accionada por un motor eléctrico, mientras que la motobomba está impulsada por un motor diesel.

La bomba Jockey es una bomba automática, de menor tamaño que la motobomba y la electrobomba, cuya función es compensar pérdidas de agua y mantener la presión en el sistema contra incendios.



Figura 11

En función de la capacidad de la red de incendios, se instalan los siguientes equipos:

### Ejemplos

#### UNE90 EJ 12/50

Norma : UNE 23.500.90  
Composición : Eléctrica + Jockey  
Caudal Nominal : 12 m<sup>3</sup>/h  
Presión Nominal : 50 m.c.a.  
Colector de Pruebas : NO

#### UNEROC EDDJ 330/110 Q

Norma : UNE 12.845:2005  
Composición : Eléctrica + Diésel + Diésel + Jockey  
Caudal Nominal : 330 m<sup>3</sup>/h  
Presión Nominal : 110 m.c.a.  
Colector de Pruebas : SI

#### CEPREVEN EDJ 250/80 Q

Norma : CEPREVEN RT2-ABA  
Composición : Eléctrica + Diésel + Jockey  
Caudal Nominal : 250 m<sup>3</sup>/h  
Presión Nominal : 80 m.c.a.  
Colector de Pruebas : SI



Figura 12

**Punto de Reunión**

Indica el lugar al cual las personas presentes en la planta deben dirigirse ante una emergencia. Se encuentra representado en el siguiente plano:

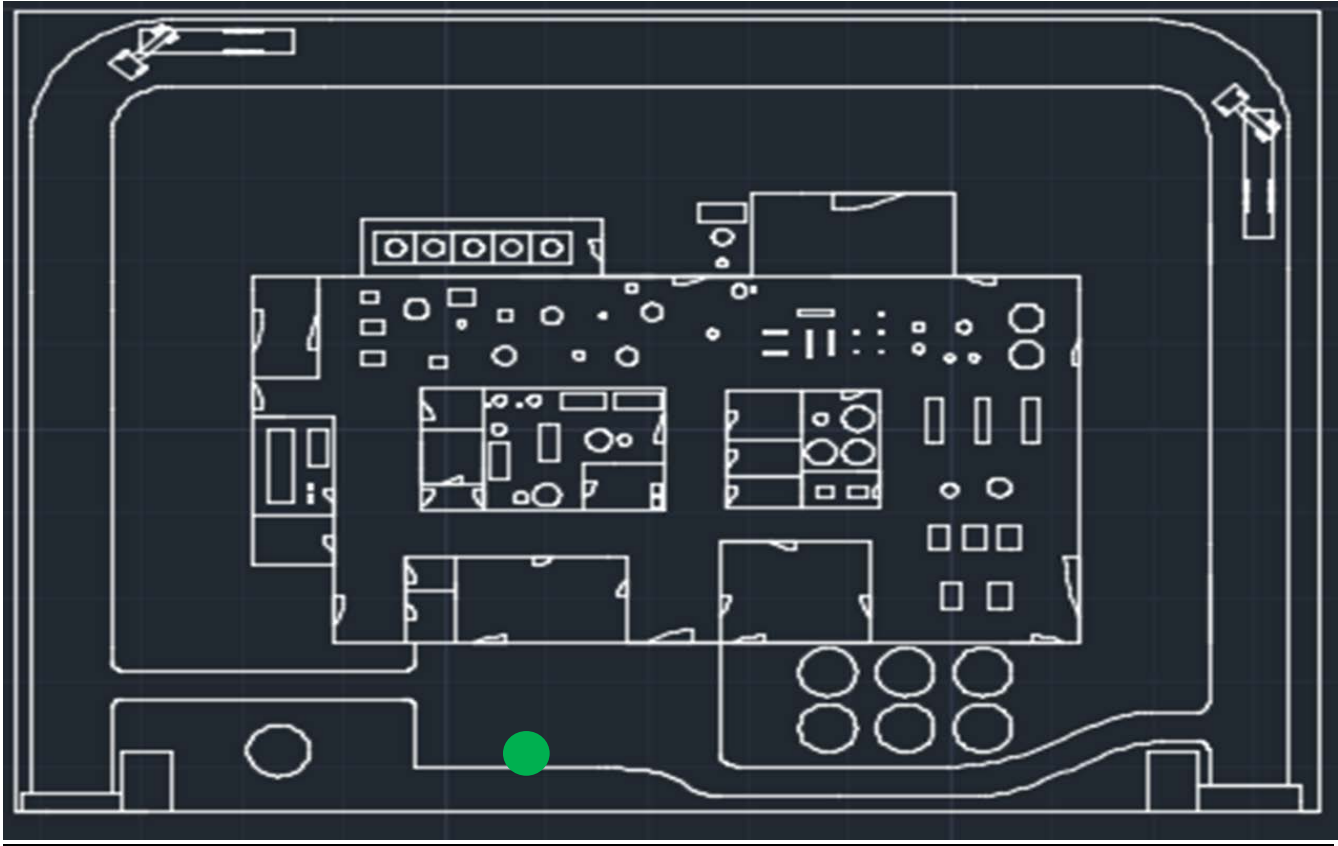


Figura 13

## **Bibliografía**

- “ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL PARA RIESGO BIOLÓGICO”, Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente, ARP Sura.
- <https://www.redproteger.com.ar/>
- <https://www.cepetel.org.ar/>
- <http://www.incotex.es/security-stickers-malaga.php>
- <https://www.srt.gob.ar/>
- <https://www.prefire.es/>
- <https://www.bombashasa.com/>



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Análisis Medioambiental”**



# **Índice**

Análisis Medioambiental.....	Página 1
Etapa de Construcción.....	Página 1
Etapa de Operación.....	Página 2
Etapa de Cierre.....	Página 4
Descripción del entorno ambiental.....	Página 5
Marco legal ambiental.....	Página 7
Análisis de los impactos ambientales.....	Página 10
Medidas de mitigación.....	Página 13
Matriz de Leopold.....	Página 15
Bibliografía.....	Página 16

## Análisis Medioambiental

En este capítulo se considerarán los aspectos medioambientales relacionados a la planta, tanto en sus etapas de instalación y operación como de cierre. Resulta importante conocer los riesgos que puedan existir para el medio ambiente, para poder adoptar medidas preventivas y evitar así daños sobre el ambiente.

El objetivo del análisis es la preservación tanto de los recursos naturales como humanos presentes en el ambiente en que se instale la planta, estudiando el ciclo de vida de la misma para poder determinar aquellos aspectos que resulten negativos y proponer medidas para mitigarlos, y en caso que sea posible llevar a cabo variables en los procedimientos para lograr que se lleven a cabo de forma más sustentable.

### Etapas de Construcción

En la primera etapa del proyecto se realiza a la construcción de las instalaciones e infraestructura (vías de circulación, por ejemplo) con que contará la planta.

Principales Residuos de la Construcción		
Inertes- Pétreos	No peligrosos	Peligrosos
		
<b>Escombros limpio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ladrillos</li> <li>- Azulejos</li> <li>- Hormigón endurecido</li> </ul>	<b>Metal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armaduras de acero y restos de estructuras metálicas</li> <li>- Perfiles para montar cartón y yeso</li> </ul> <b>Madera</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Restos de corte</li> <li>- Pallets</li> </ul> <b>Papel y cartón</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sacos de cemento, arena, yeso y cal</li> <li>- Cajas de cartón</li> </ul> <b>Plástico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lonas y cintas de protección</li> <li>- Conductos y canalizaciones</li> </ul> <b>Vidrio</b>	<b>Envases y restos de:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites, lubricantes, líquidos de freno, combustibles</li> <li>- Adhesivos</li> <li>- Aerosoles y agentes espumantes</li> <li>- Disolventes y detergentes</li> <li>- Pintura y barnices</li> <li>- Silicona y otros productos de sellado</li> <li>- Tubos fluorescentes</li> <li>- Pilas y baterías</li> <li>- Materiales de aislamiento</li> <li>- Trapos, brochas y otros utensillos contaminados con productos peligrosos</li> </ul>

Figura 1

Durante esta etapa se generarán residuos propios de la actividad humana diaria, entre los que se encuentran residuos sólidos (similares a residuos urbanos) y efluentes líquidos, así como residuos propios de la construcción, que pueden resultar peligrosos (se enumeran en la Figura 1) y emisiones gaseosas (provenientes de la circulación de máquinas y vehículos).

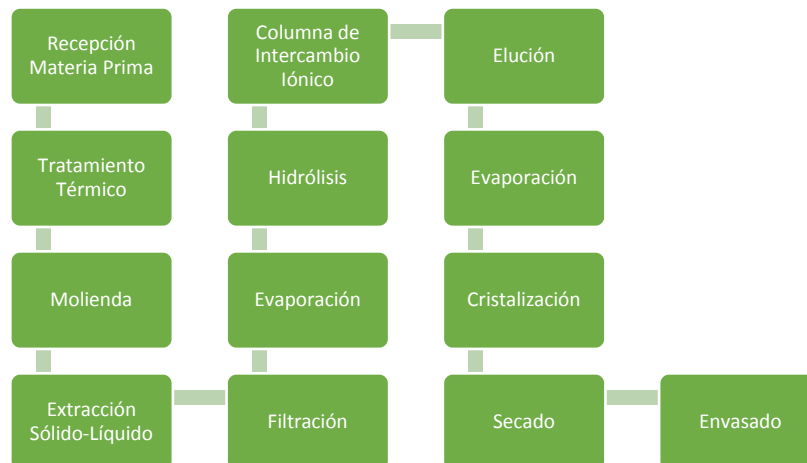
Entre las actividades susceptibles de producir un Impacto Ambiental en esta etapa se encuentran:

- Acondicionamiento del terreno.
- Excavación y movimiento de tierra.
- Construcción de Estructuras y vías de circulación.
- Movimiento de Vehículos y Maquinaria.
- Contratación de Personal.

### **Etapa de Operación**

Corresponde a la etapa en la cual la planta ya se encuentra realizando las funciones y procesos para los cuales fue planificada. Resulta importante conocer el proceso productivo para poder determinar aquellas operaciones en las cuales puede producirse un impacto sobre el ambiente. Por otro lado también es necesario considerar aquellos aspectos que hacen al funcionamiento diario de una planta pero no son parte del proceso principal.

El proceso productivo fue descrito en capítulos anteriores. Sin embargo, se incluye un resumen del mismo:



Por otra parte, se incluye también un resumen de la producción del catalizador:



Durante la operación de la planta se producen residuos sólidos que se pueden asimilar a los residuos sólidos urbanos y se dividen en residuos recuperables (tales como el vidrio, el papel y el cartón), y no recuperables (restos de materia orgánica); por otra parte, también pueden producirse residuos peligrosos, los cuales deben contar con un tratamiento especial. En cuanto a la planta que se está analizando, los residuos incluyen:

- Residuos Sólidos recuperables (nombrados anteriormente).
- Palo de Yerba Mate luego de que se realiza la extracción (el mismo se seca y se vende como madera para muebles).
- Medio de Crecimiento de la Fermentación agotado.
- Solución Agua-Etanol (el Etanol que se pierde durante el secado se hace pasar por una columna de absorción, donde se disuelve en agua).
- Catalizador agotado (la biomasa es inviable, por lo que no tiene capacidad de crecimiento; por otra parte, la enzima restante puede inactivarse totalmente mediante un tratamiento térmico a una temperatura de 60°C, durante 2 horas).
- Emisiones gaseosas, producidas por la chimenea de la caldera.
- Residuos provocados por la limpieza y el mantenimiento de la planta (trapos impregnados de pinturas o solventes, por ejemplo).

Entre las actividades susceptibles de producir un Impacto Ambiental en esta etapa se encuentran:

- Almacenamiento de Materia Prima e Insumos
- Transporte de Materia prima e Insumos
- Tratamiento Térmico
- Molienda
- Extracción Sólido-Líquido
- Filtración
- Evaporación
- Hidrólisis
- Columna de Intercambio Iónico
- Evaporación
- Cristalización
- Secado
- Fermentación
- Centrifugación
- Lavado
- Tratamiento térmico (biomasa)
- Transporte de Producto terminado
- Limpieza de Maquinaria

### **Etapa de Cierre**

Corresponde a la etapa en la que se interrumpe el funcionamiento de la planta y se desmantelan sus instalaciones. Esta etapa puede no existir, pero es necesario considerarla en la evaluación de los aspectos ambientales.

Entre las actividades susceptibles de producir un Impacto Ambiental en esta etapa se encuentran:

- Desmantelamiento de las Instalaciones
- Transporte de materiales y máquinas
- Recuperación del suelo
- Despido del personal

### Descripción del Entorno Ambiental

Como se indicó anteriormente, la planta estará ubicada en el Parque Industrial Posadas, situado en la provincia de Misiones (Figura 2). En este apartado se realiza una descripción de las características ambientales de la Provincia, tales como la flora y fauna, relieve.

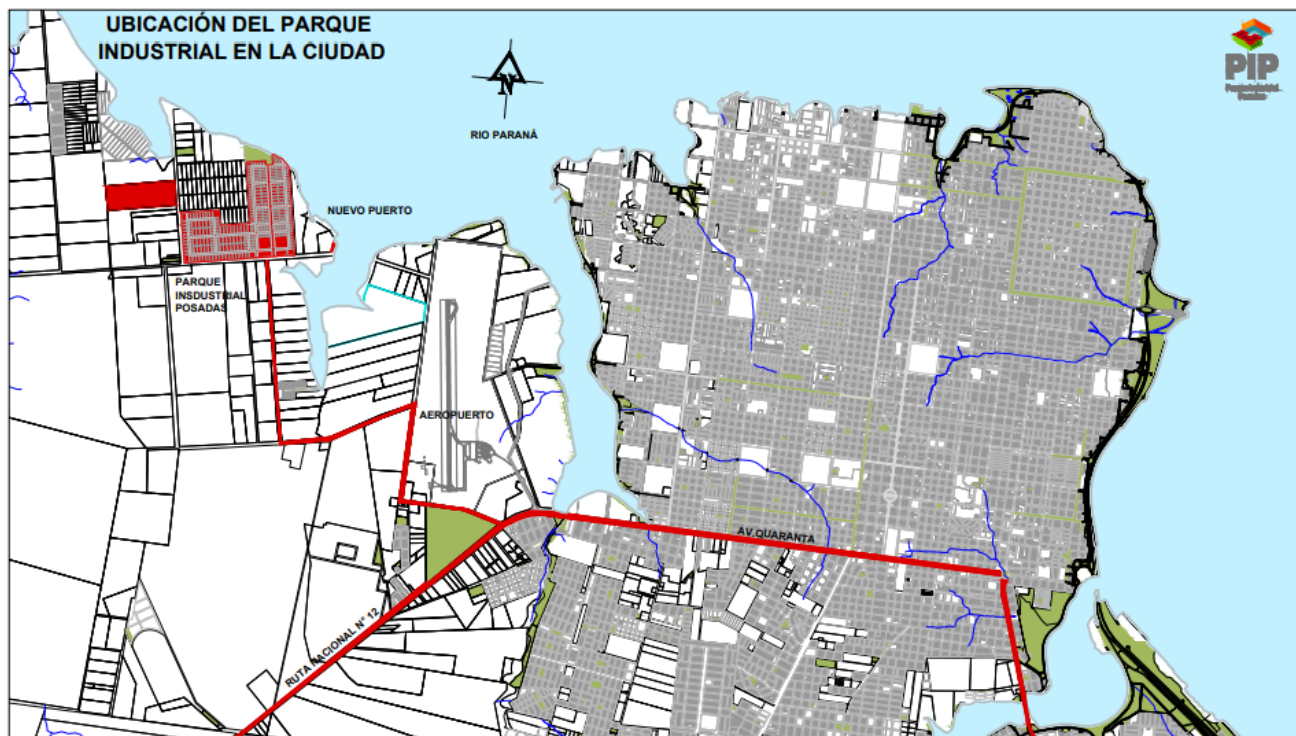


Figura 2

La provincia de Misiones es una meseta rocosa, cuyo relieve es considerado una transición entre la orografía brasileña y las planicies argentinas. Se encuentra cubierto por rocas volcánicas de color pardo negruzco, conocidas como meláfiros; tiene un subsuelo formado por areniscas rojas producto de la erosión y la rotura de las rocas ígneas. El suelo es rojo, arcilloso y rico en aluminio y hierro provenientes de las rocas volcánicas, de las areniscas rojas

consolidadas y de materiales de origen fluvial (gravas, arenas, limos y arcillas). La gran meseta se eleva en el centro del territorio y sobre ella surcan ríos que vuelcan sus aguas en saltos, cascadas, rápidos y correderas, en el río Paraná y en el río Uruguay. Estos últimos constituyen los ríos más importantes de la provincia, y se originan en Brasil. Se destaca también la presencia de las cataratas del Iguazú, cuyas aguas se despliegan en un arco de aproximadamente 2.700 metros. Tiene 275 saltos de agua, ubicados en grupos, de los cuales los más importantes están en la Garganta del Diablo.

En cuanto a la flora de la provincia, la vegetación se presenta como una formación selvática, muy densa y con especies cuyas diferentes alturas determinan estratos, donde se encuentran plantas trepadoras, epífitas y enredaderas. La selva misionera o monte, de alto régimen pluviométrico, prolonga en nuestro país la selva brasileña que sigue el curso del río Paraná. Cuenta con una gran biodiversidad, que incluye más de dos mil especies que crecen gracias a la elevada humedad y temperatura.

Por otra parte, la selva misionera es habitada por muchas especies animales que no pueden encontrarse en otras partes de nuestro país. La abundante vegetación permite la existencia de animales herbívoros y éstos, a su vez, aseguran la presencia de los carnívoros. Mamíferos, aves, reptiles, insectos se alimentan de los frutos del monte. Hay especies adaptadas a la vida en la superficie y otras que habitan en las copas de los árboles.

En cuanto a invertebrados, se destaca una enorme variedad de mariposas y arañas. Hay gran cantidad de especies de aves, como águilas, loros, papagayos y tucanes, entre las más vistosas. También abundan los mamíferos, como los peludos acorazados, murciélagos, lobos de río, coatíes, roedores, zorros, nutrias y carpinchos, monos carayá rojo y caí.

Se pueden encontrar tapires y osos hormigueros. Mientras que las especies felinas incluyen el yagareté, el puma y el ocelote. También son propios de la provincia las tortugas, lagartos, yacarés y caimanes; una gran variedad de marsupiales carnívoros; y víboras y serpientes, como yará y cascabel.

En cuanto al aspecto climático, se trata de un clima subtropical húmedo, sin estación seca. Las lluvias son abundantes durante todo el año y varían desde los 1.700 mm anuales al

Sudoeste hasta los 2.200 mm anuales hacia el Este. La temperatura promedio anual es de 21°C. Los días más fríos se registran en junio, julio y agosto, alcanzando en ocasiones temperaturas menores a los 10°C. En los meses de diciembre, enero y febrero se registran temperaturas superiores a 32°C.

El análisis de la situación demográfica de la provincia (cantidad de habitantes, educación, salarios), fue realizado en el capítulo correspondiente a la “Matriz de Ubicación” de la planta.

### **Marco Legal Ambiental**

En este punto se considerarán tanto las leyes Nacionales como las provinciales que se ocupan de regular aspectos relacionados con el medio ambiente.

El marco legal Argentino en materia ambiental apoya las tendencias globales del Desarrollo Sostenible, concepto oficializado en la “Cumbre de Río” en 1992 y reiterado en convenios a los que ha adherido el país, como por ejemplo la “Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo”, el “Convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, el “Protocolo de Kyoto”, el “Convenio de Basilea sobre control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”, entre otros.

En cuanto a la Constitución, los artículos relacionados al Medio ambiente son:

- Artículo 41: Reconoce del derecho de todos los habitantes a un ambiente sano, y el deber de preservarlo. Además impone a quien provoca un daño al ambiente la obligación de recomponerlo.
- Artículo 43: Toda persona puede interponer acción de amparo contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos y garantías reconocidos por la Constitución Nacional.
- Artículo 124: Corresponde a las provincias el dominio de los recursos naturales.

En cuanto a las leyes Nacionales:



- Ley 25.675: La Ley General del Ambiente, que establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. La política ambiental argentina está sujeta al cumplimiento de los siguientes principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación.
- Ley 25.612: de Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional, y sean derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.
- Ley 25.670: Sistematiza la gestión y eliminación de los PolíCloroBifenilos (PCBs), en todo el territorio de la Nación en los términos del art. 41 de la Constitución Nacional. Prohíbe la instalación de equipos que contengan PCBs y la importación y el ingreso al territorio nacional de PCB o equipos que contengan PCBs.
- Ley 25.688: Correspondiente al Régimen de Gestión Ambiental de Aguas, donde se indican los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.
- Ley 25.831: Régimen de libre acceso a la Información Pública Ambiental: garantiza el derecho de acceso a la información ambiental que se encontrare en poder del Estado, tanto en el ámbito nacional como provincial, municipal y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, sean públicas, privadas o mixtas.
- Ley 25.916: Gestión de residuos domiciliarios.
- Ley 26.093: Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y uso sustentables de Biocombustibles.
- Ley 26.331: Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.
- Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos, que regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, que

puedan causar daños directa o indirectamente a seres vivos, o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Por otro lado, la normativa Provincial incluye:

- Ley XVI-35 (antes Ley 3.079): Establece definiciones, responsabilidades, criterios básicos y directrices generales para el uso e implementación de la Evaluación del Impacto Ambiental como uno de los instrumentos de la política provincial sobre medio ambiente. Mediante la Resolución 82/10, se crea el Registro Provincial de Consultores en Estudios de Impacto Ambiental, y se aprueban, mediante la Resolución 786-10, los Formularios de Inscripción para el Registro de Consultores en Estudios de Impacto Ambiental.
- Ley 104: regula el funcionamiento y la instalación de todo generador de vapor en el ámbito de la provincia.
- Ley XVI 89 (antes Ley 4.274): establece exigencias básicas en base la Ley 25.916 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios.
- Ley XVI 93 (antes Ley 4.333): establece una diferenciación de los Residuos Sólidos Urbanos, cuya disposición se deberá realizar en contenedores y cestos diferenciados, disponibles en todo espacio público, plazas, parques, rutas, instituciones educativas y médicas.
- Ley XVI-92 (antes Ley 4.321): Establece la obligatoriedad de los comercios de despachar sus productos en bolsas de polietileno identificadas con diseños y colores determinados.
- Ley Provincial 3.664: adhiere a la provincia de Misiones a la Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos.
- Ley XVI-101 (antes Ley 4.504): Indica los mecanismos adecuados de manipulación, transporte, tratamiento, reposición, retorno y disposición final de pilas y baterías dentro del marco del Plan Ambiental de Eliminación de Residuos Urbanos y Patológicos.

- El Decreto 636-10: crea el Registro Público de plantas habilitadas para la producción de Energías Renovables Alternativas, Biocombustibles, sus mezclas y derivados, y plantas que utilicen tecnología de Hidrógeno.
- La Ley 1.247: prohíbe en el ámbito de la Provincia de Misiones, la elaboración, comercialización y uso de detergentes no biodegradables.
- El Decreto 2.149: establece las especificaciones para la emisión de Efluentes Industriales
- Ley XVI-95 (Antes Ley 4.326, modificada por la Ley 4.371): ratifica la plena jurisdicción y el dominio de la Provincia de Misiones sobre las aguas subterráneas en todo su ámbito territorial.

### **Análisis de los impactos ambientales**

Cada una de las actividades analizadas anteriormente tiene un aspecto ambiental asociado, el cual generará un cierto impacto sobre el ambiente.

Los factores sobre los que se analizan los diferentes aspectos ambientales son:

- Medio Físico: Incluye el aire (su calidad, la presencia de ruido), el suelo (se analiza erosión, compactación y propiedades fisicoquímicas), y el agua (la calidad tanto del agua superficial como subterránea).
- Medio Biótico: Se analizan la flora y la fauna.
- Paisaje: Se analiza el aspecto visual.
- Medio Antrópico: Incluye el aspecto laboral (el cual se divide entre la capacitación y la generación de empleo), la infraestructura (que incluye las vías de transporte) y el aspecto económico (el desarrollo industrial y la generación de ingresos para la economía local).

Los aspectos e impactos ambientales se analizan en el siguiente cuadro:

Etapa del Proyecto	Actividad Susceptible de Producir un Impacto	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
<b>Construcción</b>	Acondicionamiento del terreno	Se generan sedimentos, polvo, ruido.	Posible contaminación acústica (debido al movimiento de maquinarias), y disminución de la calidad del aire
	Excavación y movimiento de tierra	Generación de polvo y ruido, zonas inestables, y vibraciones.	Partículas sólidas en el aire, desmoronamiento del suelo, lo que puede afectar a estructuras cercanas. Las vibraciones pueden generar suelos inestables en lugares cercanos, así como daño a estructuras.
	Construcción de Estructuras y vías de circulación	Introducción de elementos que modifican el paisaje.	Contaminación visual. De acuerdo a los materiales utilizados puede generarse contaminación del suelo.
	Movimiento de Vehículos y Maquinaria	Incremento del tráfico en la zona, lo que genera ruido, gases de escape. Además el mantenimiento de la maquinaria puede generar residuos peligrosos (aceite, combustibles)	Posible deterioro de las vías locales, posible contaminación acústica y disminución de la calidad del aire. Posible contaminación del suelo debido al mantenimiento de la maquinaria.
	Contratación de Personal	Generación de puestos de trabajo.	Mejora en la economía local y en la calidad de vida de las personas.
<b>Operación</b>	Almacenamiento de Materia Prima e Insumos	Posible generación de residuos peligrosos, derrames, explosiones (en el caso de sustancias inflamables).	Contaminación del suelo, disminución de la calidad del aire por gases de combustión.
	Transporte de Materia prima e Insumos	Aumento del tráfico en la zona.	Posible contaminación acústica.
	Tratamiento Térmico	Generación de ruido.	Contaminación Acústica.

	Molienda	Generación de polvo y material particulado, gran nivel de ruido (en el ambiente de trabajo).	Contaminación del aire; posible contaminación acústica (en el ambiente de trabajo).
	Extracción Sólido-Líquido	Gran consumo de agua.	Disminución del recurso natural en la zona.
	Filtración	Generación de residuo sólido (se utiliza el filtrado).	Contaminación del suelo.
	Evaporación	Riesgo de explosión (al trabajar con vapores).	Contaminación del aire.
	Hidrólisis	Desecho del catalizador agotado. Generación de soluciones con compuestos ácidos.	Contaminación del suelo.
	Columna de Intercambio Iónico	Desechar la resina una vez que no pueda regenerarse (se dispone como residuo sólido). Posibles efluentes líquidos.	Contaminación del suelo. Contaminación del agua.
	Evaporación	Riesgo de explosión (al trabajar con vapores). Posible pérdida de vapores.	Contaminación del aire.
	Cristalización	Riesgo de explosión (al trabajar con vapores). Posible pérdida de vapores.	Contaminación del aire.
	Secado	Secado de materiales utilizando aire caliente.	Posible contaminación del aire.
	Fermentación	Trabajar con un microorganismo que puede afectar la salud de las personas. Generación de efluentes líquidos (medio de cultivo agotado).	Contaminación del aire. Contaminación del agua.
	Centrifugación	Generación de efluentes con sales disueltas.	Contaminación del agua.

	Lavado	Generación de efluentes (agua de lavado), posible arrastre de biomasa.	Contaminación del agua. Eutrofización del agua debido a la carga orgánica.
	Tratamiento térmico (biomasa)	Trabajar con un microorganismo que puede afectar la salud de las personas. Generación efluentes líquidos (medio donde se realiza el tratamiento).	Contaminación del agua.
	Transporte de Producto terminado	Aumento del tráfico en la zona.	Posible contaminación acústica.
	Limpieza de Maquinaria	Consumo de agua, y generación de efluentes peligrosos.	Disminución del recurso natural en la zona; posible contaminación del agua.
<b>Cierre</b>	Desmantelamiento de las Instalaciones	Generación de ruido, vibraciones, residuos sólidos.	Posible contaminación acústica, contaminación del suelo; las vibraciones pueden afectar la integridad de estructuras de la zona.
	Transporte de materiales y máquinas	Generación de gases de escape (vehículos).	Contaminación del aire.
	Recuperación del suelo	Movimiento de tierras.	Erosión del suelo. Permite recuperar sus propiedades fisicoquímicas.
	Despido del personal	Aumento de la tasa de desempleo.	Disminución en la calidad de vida de las personas.

Tabla 1

### Medidas de mitigación

Se planifican con el objetivo de disminuir o eliminar los impactos negativos que puedan tener las actividades de la planta sobre el medio ambiente. En caso que exista alguna actividad cuyo impacto no pueda ser mitigado, la medida a adoptar es el acotamiento, es decir, contenerlo lo más posible.

- Aire: Se mantendrán las emisiones atmosféricas al menor nivel posible, al mismo tiempo que la altura de las chimeneas será adecuada para garantizar que la descarga se realiza de forma segura. Por otra parte se realizará una reforestación en el perímetro de la planta. En cuanto al microorganismo, al no poder evitarse su utilización, se diseñan las instalaciones de forma tal de contener una posible fuga, se otorgará a los trabajadores los elementos de protección personal y la capacitación necesaria, y se realizarán mantenimiento e inspecciones periódicas para asegurar la eficiencia del sistema. Se realizará una inspección periódica de los sistemas que trabajen con vapor (cristalizadores, evaporadores), a fin de detectar alguna pérdida o mal funcionamiento de los equipos.
- Agua: Se buscará minimizar los efluentes generados, y realizar un pretratamiento de los mismos en caso de ser necesario (el parque industrial cuenta con instalaciones de tratamiento de efluentes). Por otra parte, se utilizarán materiales impermeables para evitar que ante algún derrame las sustancias puedan alcanzar las capas subterráneas de agua.
- Suelo: Se utilizarán materiales impermeables y barreras de contención, para evitar que algún derrame alcance a generar contaminación en el suelo. Los residuos sólidos se dispondrán de forma adecuada y segura.
- Fauna: Teniendo en cuenta que la planta se encuentra en un Parque Industrial, el efecto será mínimo.
- Flora: Se realizará la reforestación del lugar en el perímetro de la planta.
- Paisaje: Se buscará no alterar la armonía del paisaje con las nuevas instalaciones.

Es importante ante todo un correcto mantenimiento de la planta, para asegurar que las instalaciones funcionan correctamente, y la disposición segura de residuos, tomando las medidas necesarias y utilizando las tecnologías y métodos adecuados para asegurar que no se producirá un impacto irreversible sobre el ambiente.

**Matriz de Leopold**

Es un método cualitativo que se utiliza para la realización de la evaluación que cada una de las acciones del proyecto tendrá sobre el medio ambiente. A cada impacto se le asigna un signo (positivo o negativo) y una magnitud (bajo, medio o alto), en función de su incidencia sobre el medio.

Cuenta con la ventaja de ser un método sencillo de implementar, de bajo costo y aplicable a todo tipo de proyectos, aunque tiene la desventaja de la carga subjetiva en las decisiones del investigador al asignar los órdenes de magnitud e importancia.

Teniendo en cuenta el análisis realizado anteriormente, la matriz resulta de la siguiente manera:

Referencias		
Impactos Negativos		
Impactos Positivos		
	Alto	Bajo

			Etapa de Construcción					Etapa de Operación															Etapa de Cierre									
			Acondicionamiento del terreno	Excavación y movimiento de tierras	Construcción de estructuras y vías de circulación	Movimiento de Vehículos y Maquinaria	Contratación de Personal	Almacenamiento de Materia Prima e Insumos	Transporte de Materia prima e insumos	Tratamiento Térmico	Molienda	Extracción Sólido-Líquido	Filtración	Evaporación	Hidrólisis	Columna de intercambio iónico	Evaporación	Cristalización	Secado	Fermentación	Centrifugación	Tratamiento térmico (biomasa)	Transporte de Producto terminado	Limpieza de Maquinaria	Desmantelamiento de las Instalaciones	Transporte de materiales y máquinas	Recuperación del suelo	Despido del personal				
Medio Físico	Aire	Calidad																														
		Ruido																														
	Suelo	Erosión																														
		Compactación																														
			Propiedades fisicoquímicas																													
Medio Biótico	Flora	Especies vegetales																														
		Especies Animales																														
Paisaje	Visual																															
Medio Antrópico	Laboral	Capacitación																														
		Generación de empleo																														
	Infraestructura	Vías de transporte																														
		Desarrollo industrial																														
Economía	Ingresos a la economía local																															



## **Bibliografía**

- <http://www.compromisoambiental.org>
- <https://estrucplan.com.ar>
- <https://www.ecured.cu>
- “Valoración de Impactos Ambientales”, INERCO, Sevilla, 2007.



**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Avellaneda**

**Proyecto Final: “Producción de Ácido Caféico y Quínico”**

**Capítulo: “Análisis Económico”**

# Índice

Análisis Económico.....	Página 1
Inversión inicial.....	Página 1
Costo de los equipos.....	Página 2
Costo del Terreno.....	Página 5
Personal.....	Página 5
Costos de Materias Primas e Insumos.....	Página 6
Gastos Fijos.....	Página 7
Ingreso por Ventas.....	Página 7
Proyección.....	Página 8
Conclusiones.....	Página 10
Bibliografía.....	Página 12

## **Análisis económico**

En este capítulo se realiza un análisis sobre la viabilidad económica del mismo. En un primer momento se consideran aquellos factores que generan ingresos a la empresa (las ventas de los productos terminados) y los aspectos que conllevan costos a la misma (la inversión inicial, el costo de equipos, la compra del terreno, préstamos, compra de insumos, entre otros). Se considera un período de vida del proyecto para realizar las proyecciones económicas de 10 años.

En el caso de los ingresos, se considera que los primeros 6 meses de vida del proyecto no habrá ingresos por ventas, y los mismos irán aumentando gradualmente en los meses siguientes.

En cuanto a los costos, se considera que un 60% de la inversión inicial surgirá de un préstamo. Para calcular las cuotas de dicho préstamo, se utiliza el sistema francés.

Por otro lado, los costos iniciales se calculan en función del costo de adquisición de los equipos, utilizando una serie de índices que dependen del tipo de planta con la que se está trabajando, y se obtienen del libro "Plant Design and economics for Chemical Engineers", de los autores Peters y Timmerhaus.

### **Inversión Inicial**

Tal como se indicó en el apartado anterior, la inversión inicial se obtiene a través del costo de adquisición de los equipos. Dicho costo se obtiene de páginas de internet dedicadas a la venta de insumos y equipos industriales, así como fuentes que permiten aproximar el costo de equipos con fines didácticos.

Los índices utilizados en el cálculo tienen en cuenta tanto costos directos como indirectos en el desarrollo del proyecto.

**Costo de los equipos**

Equipo	Precio (Dólares)	Unidades	Total (Dólares)
Silos materia prima tratada	247.500	6	1.485.000
Horno de Convección Forzada	20.000	2	40.000
Molinos	30.000	3	90.000
Filtros	52.000	3	156.000
Tanque Extracción (3,6 m <sup>3</sup> )	71.800	1	71.800
Tanque Extracción (12 m <sup>3</sup> )	103.700	1	103.700
Evaporador (Etanol)	61.000	1	61.000
Evaporador (Sc. Extracción)	173.500	2	347.000
Evaporador Sc. Agua-NaCl 0,05 M - AQ	77.500	1	77.500
Cristalizador AC	73.600	1	73.600
Cristalizar AQ (Proceso)	88.800	1	88.800
Cristalizador AQ (Purificación)	84.000	1	84.000
Tanque almacenamiento Sc. ACG (Proceso)	69.200	3	207.600
Tanque almacenamiento Sc. ACG (Inducción)	18.600	1	18.600
Tanque almacenamiento Etanol	31.900	5	159.500
Tanque Pulmón Extracción (ACG)	155.300	2	310.600
Tanque Pulmón Extracción (inductor)	8.800	1	8.800
Centrífuga Purificación AQ	16.500	1	16.500
Tanque Almacenamiento Refrigerante	9.600	1	9.600
Sc agua-NaCl 0,05 M (Dilución)	14.800	1	14.800
Tanque Purificación AQ	6.700	1	6.700
Secadero	15.000	3	45.000
Envasadora	19.000	2	38.000
Centrífuga Biomasa	102.400	1	102.400
Liofilizador	175.000	1	175.000
Tanque Calefacción por camisa (2m <sup>3</sup> )	14.800	2	29.600
Tanque Calefacción por camisa (3,5m <sup>3</sup> )	20.300	1	20.300
Reactor de lecho fijo	400.000	1	400.000
Fermentador	313.400	1	313.400
Prefermentador	99.000	1	99.000
Refrigerador Catalizador	5.000	2	10.000
Regeneración refrigerante	37.000	1	37.000
Tanque Dilucion Sc. Alginato de Sodio	31.000	1	31.000

Tanque dilución Sc. CaCl <sub>2</sub>	64.200	1	64.200
Condensador Etanol (Proceso)	35.000	1	35.000
Condensador Etanol (Purificación)	28.000	1	28.000
Columna intercambio Aniónico	80.000	2	160.000
Autoclave	60.000	2	120.000
Caldera vapor	45.000	1	45.000
Caldera agua (90°C)	37.000	1	37.000
Caldera agua (60°C)	20.000	2	40.000
Intercambiador de Calor (Etanol a proceso)	40.000	1	40.000
Intercambiador de Calor (solución inductor a almacenaje)	68.200	1	68.200
Intercambiador de calor (Etanol purificación a proceso)	22.800	1	22.800
Intercambiador de calor (placas,30 ft <sup>2</sup> área)	14.000	7	98.000
Intercambiador de calor (placas, 60 ft <sup>2</sup> área)	17.000	1	17.000
Grupo electrógeno	85.000	1	85.000
Planta de agua de ósmosis inversa	70.000	2	140.000
Tanque almacenamiento agua red de incendios	58.400	1	58.400
Red de incendios	600.000	1	600.000
Clark	7.000	1	7.000
<b>TOTAL</b>			<b>6.397.400</b>

Tabla 1

Luego se aplican los índices sobre el total del costo de los equipos para calcular la inversión inicial:

	Planta de producción de sólidos	Índice	Total (Dólares)
Directos	Equipos	1	6.397.400
	Instalación equipos	0,45	2.878.830,00
	Instrumentación	0,03	191.922,00
	Cañerías	0,05	319.870,00
	Instalación eléctrica	0,07	447.818,00
	Edificio	0,25	1.599.350,00
	Acondicionamiento del terreno	0,13	831.662,00
	Instalación servicios	0,12	767.688,00
	Indirectos	Ingeniería y supervisión	0,02
Gastos construcción		0,2	1.279.480,00
Sueldos contratistas		0,17	1.087.558,00
Contingencias		0,05	319.870,00
<b>Total (Dólares)</b>			<b>16.249.396</b>

Tabla 2

Resulta una inversión inicial de 16.249.396 Dólares. El 60% de la misma se cubrirá a través de un préstamo, mientras que el porcentaje restante corresponde a capital propio.

Dicho préstamo se toma con una tasa de interés del 5% (en Dólares), cuotas trimestrales a pagar en un período de 10 años, con un año de gracia. El monto de cada cuota se calcula a partir del sistema francés:

N° Cuota	Capital del período	Amortización	Intereses	Cuota
1	\$10.180.114,00	\$262.690,01	\$42.417,14	\$305.107,15
2	\$9.917.423,99	\$263.784,55	\$41.322,60	\$305.107,15
3	\$9.653.639,44	\$264.883,65	\$40.223,50	\$305.107,15
4	\$9.388.755,79	\$265.987,33	\$39.119,82	\$305.107,15
5	\$9.122.768,46	\$267.095,61	\$38.011,54	\$305.107,15
6	\$8.855.672,84	\$268.208,51	\$36.898,64	\$305.107,15
7	\$8.587.464,33	\$269.326,05	\$35.781,10	\$305.107,15
8	\$8.318.138,28	\$270.448,24	\$34.658,91	\$305.107,15
9	\$8.047.690,04	\$271.575,11	\$33.532,04	\$305.107,15
10	\$7.776.114,94	\$272.706,67	\$32.400,48	\$305.107,15
11	\$7.503.408,27	\$273.842,95	\$31.264,20	\$305.107,15
12	\$7.229.565,32	\$274.983,96	\$30.123,19	\$305.107,15
13	\$6.954.581,36	\$276.129,73	\$28.977,42	\$305.107,15
14	\$6.678.451,63	\$277.280,27	\$27.826,88	\$305.107,15
15	\$6.401.171,36	\$278.435,60	\$26.671,55	\$305.107,15
16	\$6.122.735,76	\$279.595,75	\$25.511,40	\$305.107,15
17	\$5.843.140,01	\$280.760,73	\$24.346,42	\$305.107,15
18	\$5.562.379,28	\$281.930,57	\$23.176,58	\$305.107,15
19	\$5.280.448,71	\$283.105,28	\$22.001,87	\$305.107,15
20	\$4.997.343,43	\$284.284,88	\$20.822,26	\$305.107,15
21	\$4.713.058,55	\$285.469,41	\$19.637,74	\$305.107,15
22	\$4.427.589,14	\$286.658,86	\$18.448,29	\$305.107,15
23	\$4.140.930,28	\$287.853,27	\$17.253,88	\$305.107,15
24	\$3.853.077,01	\$289.052,66	\$16.054,49	\$305.107,15
25	\$3.564.024,34	\$290.257,05	\$14.850,10	\$305.107,15
26	\$3.273.767,30	\$291.466,45	\$13.640,70	\$305.107,15
27	\$2.982.300,85	\$292.680,90	\$12.426,25	\$305.107,15
28	\$2.689.619,95	\$293.900,40	\$11.206,75	\$305.107,15
29	\$2.395.719,55	\$295.124,98	\$9.982,16	\$305.107,15
30	\$2.100.594,57	\$296.354,67	\$8.752,48	\$305.107,15

31	\$1.804.239,89	\$297.589,48	\$7.517,67	\$305.107,15
32	\$1.506.650,41	\$298.829,44	\$6.277,71	\$305.107,15
33	\$1.207.820,97	\$300.074,56	\$5.032,59	\$305.107,15
34	\$907.746,41	\$301.324,87	\$3.782,28	\$305.107,15
35	\$606.421,54	\$302.580,39	\$2.526,76	\$305.107,15
36	\$303.841,14	\$303.841,14	\$1.266,00	\$305.107,15

Tabla3

**Costo del Terreno**

La medida del terreno es de 95 m de largo por 129 m de ancho, dando un total de 12.255 m<sup>2</sup>.

Dimensión Terreno (m <sup>2</sup> )	12.255
Valor del m <sup>2</sup> (Dólares/m <sup>2</sup> )	50
Precio del terreno (Dólares)	612.750

Tabla 4

**Personal**

Cargo	Cantidad de personal				Salario (Pesos)	Salario (Dólares)	Total
	Primer turno (6 hs – 14 hs)	Segundo turno (14 hs – 22 hs)	Tercer turno (22 hs – 6 hs)	Horario Administrativo (8 hs – 17 hs)			
Gerente General				1	100.000,00	2.333,33	2.333,33
Gerente de Producción				1	80.000,00	1.866,67	1.866,67
Gerente de Administración y finanzas				1	85.000,00	1.983,33	1.983,33
Gerente de calidad y Laboratorio				1	75.000,00	1.750,00	1.750,00
Gerente Comercial				1	70.000,00	1.633,33	1.633,33
Gerente de Mantenimiento y Maestranza				1	70.000,00	1.633,33	1.633,33
Gerente de Higiene y Seguridad				1	80.000,00	1.866,67	1.866,67
Legales				1	35.000,00	816,67	816,67
Servicios Médicos	1	1	1		38.000,00	886,67	2.660,00
Supervisor de Producción	1	1	1		45.000,00	1.050,00	4.200,00
Supervisor de Planificación y almacén				1	45.000,00	1.050,00	1.050,00
Analistas de Planificación				2	35.000,00	816,67	1.633,33



Supervisor de Recursos Humanos				1	40.000,00	933,33	933,33
Analistas de Recursos Humanos				1	33.000,00	770,00	770,00
Supervisor de Presupuestos y contabilidad				1	40.000,00	933,33	933,33
Analista de presupuestos y contabilidad				1	35.000,00	816,67	816,67
Supervisor de calidad y laboratorio	1	1	0		42.000,00	980,00	2.940,00
Analistas de Calidad y laboratorio	2	2	1		36.000,00	840,00	5.880,00
Supervisor de Compras				1	37.000,00	863,33	863,33
Analista de compras				1	32.000,00	746,67	746,67
Supervisor de Ventas				1	37.000,00	863,33	863,33
Analista de Ventas				1	32.000,00	746,67	746,67
Limpieza	4	4	0		20.000,00	466,67	5.133,33
Analistas de Seguridad e Higiene	2	2	1		34.000,00	793,33	5.553,33
Encargado de seguridad y Medio ambiente	1	1	0		35.000,00	816,67	2.450,00
Operarios de Producción	15	15	15		30.140,00	703,27	40.789,47
Mantenimiento	4	4	2		33.900,00	791,00	11.865,00
						<b>Total</b>	<b>104.711,13</b>

Tabla 5

**Costo de Materias primas e Insumos**

Material	Cantidad (Kg/mes)	Precio (Dólares/Kg)	Total mes (dólares)	Total anual (Dólares)
Palo verde de Yerba Mate	780.000,00	175,00	5.250,00	36.750,00
NaCl	1.245,00	0,52	647,40	7.768,80
Alginato de Sodio	295,00	11,00	3.245,00	38.940,00
CaCl <sub>2</sub>	4.994,10	0,44	2.177,43	26.129,13
Sacarosa	9.220,00	1,86	17.149,20	205.790,40
Nitrato de Sodio	738,00	0,45	332,10	3.985,20
Fosfato ácido de Potasio	369,00	0,20	73,80	885,60
Sulfato de Magnesio	369,00	0,17	60,89	730,62
<b>Total</b>			<b>28.935,81</b>	<b>320.979,75</b>

Tabla 6

El costo del palo verde de Yerba Mate corresponde al costo del flete, ya que la materia prima no tiene valor. Se consideró el costo de transporte desde la ciudad más lejana que cuenta con una gran cantidad de materia prima, la cual corresponde a Oberá.

**Gastos Fijos**

Corresponde a los gastos generados por los servicios utilizados en la planta.

	Gastos fijos Mensuales (Dólares)
Electricidad	672,20
Gas	73,73
Agua	8.700,00
<b>Total</b>	<b>9.400,93</b>

Tabla 7

**Ingreso por ventas**

Tal como se indicó anteriormente, se considera que durante los primeros 6 meses del proyecto no se realiza ninguna venta. Por un lado, se generan ingresos a partir de la venta de los dos productos principales, el Ácido Caféico y el Quínico:

Producción AC anual (Kg)	Producción AC Mensual (Kg)	Precio AC (Dólares/Kg)	Ingreso Mensual (Dólares)
76.000	6.909	73,73	509.400,57

Producción AQ anual (Kg)	Producción AQ Mensual (Kg)	Precio AQ (Dólares/Kg)	Ingreso Mensual (Dólares)
82.000	7.455	8,97	66.871,35

Por otro lado, también se generan ingresos a partir de la venta de los restos de madera que se obtienen luego de la extracción sólido-líquido, los cuales son acondicionados hasta valores de humedad bajos, que resultan adecuados para su uso posterior. Se establece su precio en función de otros productos similares.

Cantidad diaria generada (Ton)	Cantidad mensual generada (Ton)	Precio (Dólares/Ton)	Ingreso Mensual (Dólares)
5,52	165,60	5,00	828,00

Teniendo en cuenta estos datos, los ingresos por mes resultan:

Mes	Ingreso
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	115.419,98
8	173.129,98
9	230.839,97
10	288.549,96
11	346.259,95
12	403.969,94
13	461.679,94
14	519.389,93
15	577.099,92
16	577.099,92

Tabla 8

### **Proyección**

En función de los gastos e ingresos que tendrá la empresa, se realiza un balance anual, el cual se extiende a los 10 años de vida que se considera para el proyecto.

Además de los gastos enumerados en los apartados anteriores, se consideran gastos en a contingencias y publicidad.

Por otra parte se considera un aumento de un año a otro en los siguientes aspectos:

- Ventas: 5%
- Salarios: 2%
- Insumos: 2%
- Gastos fijos: 2%
- Publicidad: 1%
- Contingencias: 0,5%

De esta forma, el balance del primer año resulta:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Ingresos</b>												
Ventas	0	0	0	0	0	0	115.419,98	173.129,98	230.839,97	288.549,96	346.259,95	403.969,94
<b>Egresos</b>												
Salarios	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13	104.711,13
Insumos	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81	26.310,81
Contingencias	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00
Publicidad	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00
Inversión inicial	6.786.743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuota Préstamo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastos fijos	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10	53.705,10
<b>Total</b>	<b>6.991.469,90</b>	<b>204.727,04</b>	<b>204.727,04</b>	<b>204.727,04</b>	<b>204.727,04</b>	<b>204.727,04</b>	<b>89.307,06</b>	<b>31.597,07</b>	26.112,93	83.822,92	141.532,91	199.242,90
											<b>Total Anual</b>	<b>7.685.297,58</b>

Tabla 9

Luego, se realiza el mismo análisis extendido a los 9 años siguientes:

	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Ingresos</b>									
Ventas	6.752.069,06	7.271.458,99	7.635.031,94	8.016.783,54	8.417.622,72	8.838.503,85	9.280.429,04	9.744.450,50	10.231.673,02
<b>Egresos</b>									
Salarios	1.281.664,27	1.307.297,56	1.333.443,51	1.360.112,38	1.387.314,63	1.415.060,92	1.443.362,14	1.472.229,38	1.501.673,97
Insumos	322.044,35	328.485,23	335.054,94	341.756,04	348.591,16	355.562,98	362.674,24	369.927,72	377.326,28
Contingencias	60.300,00	60.601,50	60.904,51	61.209,03	61.515,08	61.822,65	62.131,76	62.442,42	62.754,63
Publicidad	181.800,00	183.618,00	185.454,18	187.308,72	189.181,81	191.073,63	192.984,36	194.914,21	196.863,35
Inversión inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cuota Préstamo	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60	1.220.428,60
Gastos fijos	657.350,39	670.497,39	683.907,34	697.585,49	711.537,20	725.767,94	740.283,30	755.088,97	770.190,75
<b>Total</b>	<b>3.028.481,46</b>	<b>3.500.530,71</b>	<b>3.815.838,87</b>	<b>4.148.383,28</b>	<b>4.499.054,25</b>	<b>4.868.787,13</b>	<b>5.258.564,64</b>	<b>5.669.419,20</b>	<b>6.102.435,44</b>

Tabla 10

Finalmente, se evalúan el TIR y el VAN para determinar si el negocio resulta rentable:

TIR	16%
-----	-----

VAN	12.438.581
-----	------------

### **Conclusiones**

- En función del valor de TIR obtenido, se concluye que el negocio resulta rentable, ya que su valor es mayor a tres veces el valor de la tasa a la cual se toma el préstamo.
- Teniendo en cuenta los resultados satisfactorios del análisis realizado, se puede considerar en un futuro la posibilidad de exportar los productos obtenidos, o de ocupar una mayor porción del mercado.

## **Bibliografía**

- “PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS”, Cuarta Edición, Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus.
- <http://www.matche.com/>
- <https://www.alibaba.com/>
- <http://mberenguer.com.ar/>
- <https://www.worldfreightrates.com>
- <https://uia.org.ar/>
- <https://wss.enargas.gov.ar/>
- <https://uibb.org.ar>