

AREA: Ingeniería - EJE temático: Procesos

DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE MASA PARA UN EVAPORADOR DE DOS EFECTOS, A ESCALA PILOTO.

Carla Valeria Lorenzo Doncel, Becaria de Iniciación de CICITCA, Instituto de Biotecnología -
Facultad de Ingeniería - UNSJ, clorenzo@unsj.edu.ar.

RESUMEN

El mosto concentrado de uva es muy significativo para el desarrollo económico de San Juan, dado que es uno de los productos de exportación más vendidos por Argentina. Según estadísticas del I.N.V (Agosto de 2012), la producción en San Juan fue 42.676 hectolitros que se traduce en 9.651,51 miles de dólares.

El mosto concentrado se obtiene a partir del mosto de uva y la operación unitaria más importante para su obtención, es la evaporación, dado que de ella depende en gran parte la calidad del producto. Esta etapa debe ser rigurosamente controlada, para eliminar las perturbaciones que afectan la operación estable del equipo y así preservar la calidad del producto. El problema es que no se dispone de suficiente información experimental, para validar sistemas de control obtenidos en investigación anteriores, que solo se han probado en simuladores informáticos, pero falta su validación a escala piloto, para luego escalarlos a nivel industrial. El objetivo de este trabajo de investigación, es la obtención de datos reales a escala piloto de los parámetros de evaporación. Esto se lograra utilizando un evaporador a escala piloto del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

Esta presentación abarcara la primera parte de la investigación donde se determinan especificaciones técnicas, balance de masa y energía, en conjunto con un diagrama de flujo de dicho equipo a escala piloto, que además incluye el cálculo de cada corriente de proceso. Esto es importante para decidir el rango de trabajo de la instrumentación del equipo.

*Palabras clave: mosto concentrado, evaporación, balances, instrumentación, control.

1-INTRODUCCIÓN:

En la ley 14878 art. 17 se define al mosto concentrado de uva como: mosto de la uva en sus diversos grados de concentración mediante procesos térmicos, al vacío o al aire libre, sin haber sufrido caramelización sensible. El mosto se concentra por deshidratación parcial, para lograr un grado de concentración que impida su fermentación espontánea. Los mostos antes de ser concentrados tienen aproximadamente 20° brix (20gr de sacarosa en 100gr de mosto), y luego de concentrados pasan a tener entre 65-70° brix; esta concentración es la deseada para su comercialización.

La Argentina vende jugo concentrado de uva que produce a más de 30 países; se posiciona como uno de los mayores productores, dado que abastece un tercio del mosto concentrado que se consume en el mundo (www.inv.gov.ar). El mosto concentrado se exporta a los destinos y en los porcentajes que se detallan en el siguiente gráfico:

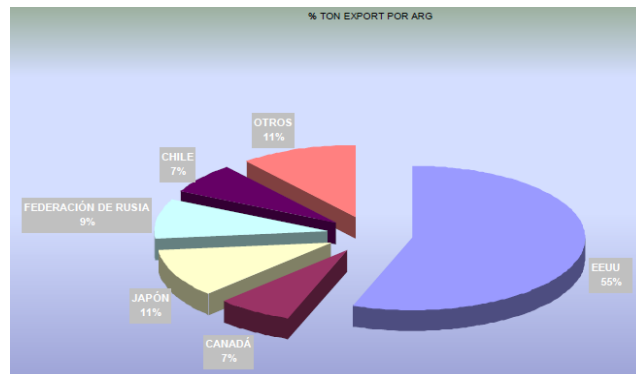


Figura 1: Principales clientes y porcentajes de exportación de mosto que consume cada uno.

Fuente: Centro de estadísticas del Instituto Nacional de Vitivinicultura - Sistema Informático María

Estos clientes presentan altas exigencias de calidad, que en algunos casos, por fallas en los sistemas de control automático o por deficiencias en los métodos de conservación, no pueden ser cumplidas por los productores argentinos. Las provincias que hacen el mayor aporte en la producción del mosto que se exporta son las provincias de San Juan y Mendoza (ver Tabla 1).

PROVINCIA DE ORIGEN	TIPO	GRANEL					TOTAL Hectolitros	TOTAL miles de dolares
		Bins	Flexi-Tank	Tambor	Tank-Tainer	Tanque		
MENDOZA	MOSTO CONCENTRADO	8.350,86	29.198,16	20.110,62	540,00	1.247,22	59.446,86	13.547,86
	MOSTO SULFITADO	-	3.390,00	-	-	-	3.390,00	126,13
Total MENDOZA		8.350,86	32.588,16	20.110,62	540,00	1.247,22	62.836,86	13.673,99
SAN JUAN	MOSTO CONCENTRADO	9.404,48	19.919,89	13.351,81	-	-	42.676,18	9.651,51
	MOSTO CONC.ALCOHOLIZADO	-	1.422,00	2.140,22	-	-	3.562,22	905,30
Total SAN JUAN		9.404,48	21.341,89	15.492,03	-	-	46.238,40	10.556,81
TOTAL MOSTOS		17.755,34	53.930,05	35.602,65	540,00	1.247,22	109.075,26	24.230,80

Tabla 1: Cantidad de mosto producido en San Juan y Mendoza (Agosto 2012).

Fuente: Centro de estadísticas del Instituto Nacional de Vitivinicultura - Sistema Informático María

Se advierte gran interés, por parte de los productores y fraccionadores de mostos, en mejorar la competitividad de sus productos, sobre todo en aspectos que hacen a la calidad como son: la estabilidad, el color, el tenor de azúcar, etc.

El objetivo del trabajo, es seleccionar el tipo y rango de la instrumentación a colocar, basándonos en el conocimiento de los valores de las propiedades que toman las corrientes del proceso. Para esto es necesario tener los datos técnicos del equipo, conocer su diagrama de funcionamiento, para poder determinar los valores de las distintas variables de sus corrientes de entradas y salidas. La obtención de estos valores se realizara a través de un balance de masa y energía sobre el equipo, además de otros cálculos auxiliares necesarios.

Este objetivo forma parte de un trabajo de investigación, cuyo objetivo general es realizar un estudio exhaustivo del comportamiento del mosto a lo largo de su cadena productiva, con el fin de detectar cuales son las falencias, e intentar solucionar las mismas con la ayuda del control automático. Para realizar dicho estudio se pondrá en marcha una planta a escala piloto en la cual se evaluara las distintas etapas de producción de mosto concentrado, poniendo énfasis sobre todo en la etapa de evaporación y su sistema de control. Se llevaran a cabo distintas experiencias sobre un equipo evaporador de película ascendente modelo EV-2-030. El mismo está instalado en el laboratorio tecnológico del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, el inconveniente es que nunca se lo hizo funcionar, por problemas de instalación, los que ya fueron superados.

Para la puesta en marcha y control de este equipo, primero hay que instrumentarlo de manera correcta, es decir seleccionar el tipo y rango de la instrumentación a colocar, basándonos en el conocimiento de los valores que toman las propiedades de las corrientes del proceso. Para esto es necesario tener los datos técnicos del equipo, conocer su diagrama de funcionamiento y determinar los valores para las distintas variables de sus corrientes de entrada y salidas.

A continuación se detalla las características del equipo utilizado:

-Evaporador Modelo: EV 2-030, de película ascendente y de 2 efectos.

Dimensiones:

Cada efecto tiene una carcasa de acero inoxidable de 1 m de altura y 40 cm de diámetro en su interior posee 5 caños de acero inoxidable de 1" de diámetro.

Equipamiento:

- Bomba de alimentación: 0.5hp - 3000 rpm.

- Bomba de extracción de mosto: 0.5hp - 3000 rpm
- Sistema de condensado: Bomba de vacío de anillo liquido con motor de 3HP-3000rpm
- Condensador de superficie de 2 pasos material AISI 304
- Cañerías: de acero inox. AISI 304 D: 3/4".

En la figura 2 se puede se observa una fotografía del equipo y en la Tabla 2, se especifican los parámetros de producción y temperatura del concentrador.

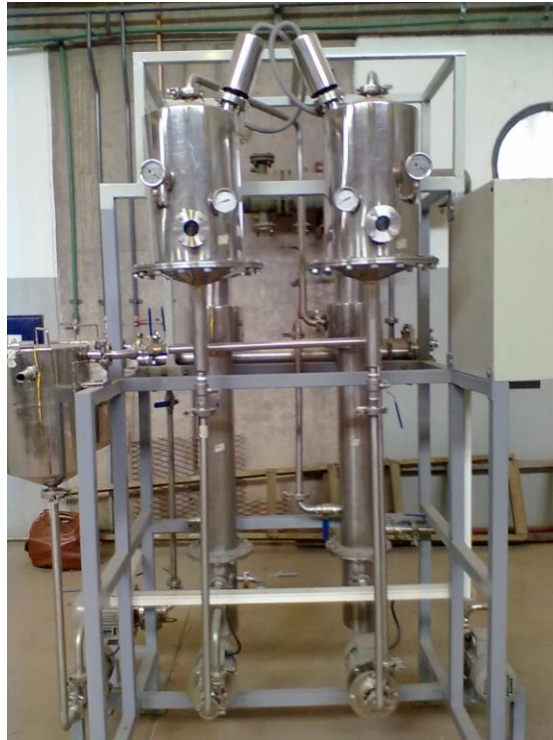


Figura 2: Concentrador de doble efecto

	Alimentación	Producto	Agua evaporada	Vapor vivo	Agua de condensado
Caudal Kg/hs	45	15	30	25	1100
Brix	22°	68°	-	-	
T °C	20°	45°	105°	127	Entrada: 20° Salida:38°
Presión				1.5kg/cm ²	

Tabla 2: Parámetros de producción y temperatura del concentrador

Utilizando toda la información disponible realice el balance de masa y energía del evaporador, basándome en los procedimientos tomados de la bibliografía (Kern, 1999; Cao, 2004),

especificaciones técnicas del equipo y con ayuda de algunos cálculos auxiliares, se calcularon valores numéricos para las corrientes, los cuales se colocaron luego en el diagrama de flujo. A partir de éste se selecciono la instrumentación para el equipo.

2- RESULTADOS

2.1- Balance de masa y energía del evaporador

$$\text{Balance de masa global: } W_f = W_2 + W_S \quad (1)$$

$$\text{Balance de masa para el 1° efecto: } W_f = W_{s1} + W_1 \quad (2)$$

$$\text{Balance de masa para el 2° efecto: } W_1 = W_{s2} + W_2 \quad (3)$$

$$\text{Balance global de soluto (sacarosa): } W_f * x_F = W_{s0} * x_V + W_2 * x_2 \quad (4)$$

$$\text{Balance de soluto para el 1° efecto: } W_f * x_F = W_1 * x_1 \quad (5)$$

$$\text{Balance de soluto para el 2° efecto: } W_1 * x_1 = W_2 * x_2 \quad (6)$$

$$\text{Balance global de solvente (agua): } W_f * (1 - x_F) = W_S + W_2 * (1 - x_2) \quad (7)$$

$$\text{Balance de solvente para el 1° efecto: } W_f * (1 - x_F) = W_{s1} + W_1 * (1 - x_1) \quad (8)$$

$$\text{Balance de solvente para el 2° efecto: } W_1 * (1 - x_1) = W_{s2} + W_2 * (1 - x_2) \quad (9)$$

$$\text{Además se conoce que: } W_S = W_{s1} + W_{s2} \quad (10)$$

Balance de energía:

$$\text{Para el 1° efecto: } W_f * H_f + W_{s0} * \lambda_{s0} = W_{s1} * H_{s1} + W_1 * H_1 \quad (11)$$

$$\text{Para el 2° efecto: } W_1 * H_1 + W_{s1} * \lambda_{s1} = W_{s2} * H_{s2} + W_2 * H_2 \quad (12)$$

Referencias:

T : Temperatura del mosto de uva (°C)

T_f : Temperatura del mosto de uva en la alimentación (°C)

T_S : Temperatura de saturación del vapor de agua (°C)

T_{s0} : Temperatura del vapor de agua alimentado al efecto 1 (°C)

T_{s1}: Temperatura del vapor a la salida del efecto 1(°C)

X_f : Concentración de la corriente de alimentación (°brix)
 X_v : Concentración de la corriente de vapor vivo (°brix)
 X_1 : Concentración de la corriente de salida del efecto 1 (°brix)
 X_2 : Concentración de la corriente de salida del efecto 2 (°brix)
 W_f : Caudal másico de alimentación de mosto de uva fresco (Kg/h)
 W_1 : Caudal másico de mosto de uva que sale del efecto 1 (Kg/h)
 W_2 : Caudal másico de mosto de uva que sale del efecto 2 (Kg/h)
 W_s : Caudal másico vapor que ingresa al condensador (Kg/h)
 W_{s0} = Caudal másico de vapor vivo de agua que ingresa al efecto 1(Kg/h)
 W_{s1} : Caudal másico de vapor sale del efecto 1 (Kg/h)
 W_{s2} : Caudal másico de vapor sale del efecto 2 (Kg/h)
 H_f : Entalpia de la alimentación al efecto 1 (Kcal/kg)
 H_{s1} : Entalpia del vapor producido en el efecto 1 (Kcal/kg)
 H_{s2} : Entalpia del vapor producido en el efecto 2 (Kcal/kg)
 H_1 : Entalpia de la alimentación del efecto 2(Kcal/kg)
 H_2 : Entalpia del producto del efecto 2(Kcal/kg)
 λ_{s0} : Calor latente del vapor vivo (Kcal/kg)
 λ_{s1} : Calor latente del vapor de calefacción del efecto 1 (Kcal/kg)
 λ_{s2} : Calor latente del vapor de calefacción del efecto 2 (Kcal/kg)

2.2- Cálculos auxiliares

Con algunas especificaciones técnicas que se tenían del equipo, se determinaron datos de entalpia de las corrientes utilizando tablas de bibliografía (Perry,1992) y corroborando con páginas de cálculo que se encuentran www.tlv.com.

Datos tomados de tabla de vapor saturado, entrando con Temperatura de cada corriente:

T: 127.2°C	$\lambda_{s0} = 521.2 \text{ Kcal/kg}$
T: 105°C	$\lambda_{s1} = 535.87 \text{ Kcal/kg}$
T: 105°C	$H_{s1} = 641.04 \text{ Kcal/kg}$
T:45°C (P = -0,90 atm)	$H_{s2} = 616.93 \text{ Kcal/kg}$

3.3 - Diagrama de flujo

Con los datos de entalpias calculados, algunos datos técnicos iniciales, y cálculos auxiliares, se

obtuvieron los valores de las corrientes que se muestran en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 3.

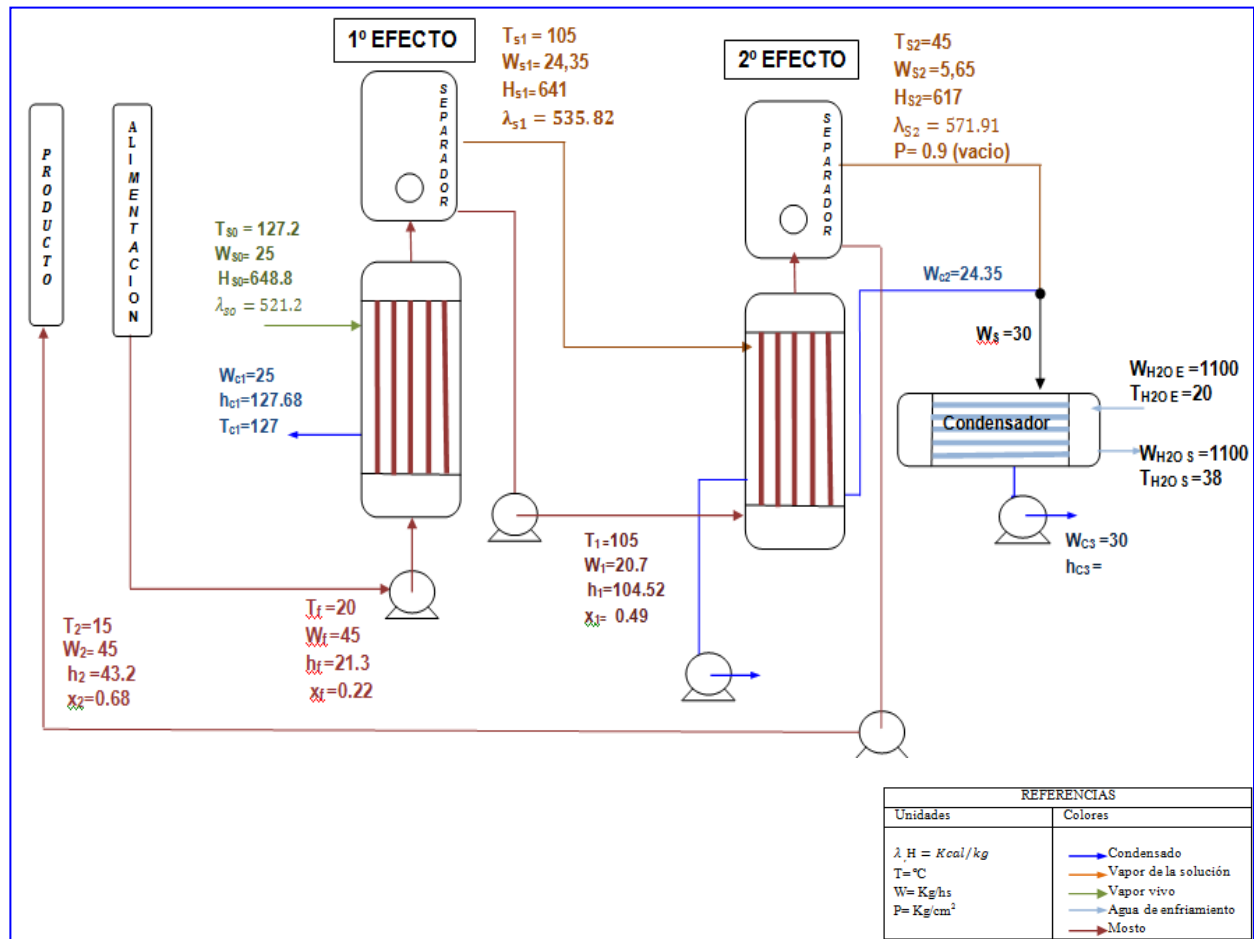


Figura 3: Diagrama de Flujo del evaporador de doble efecto estudiado.

3-CONCLUSIONES

Luego de realizar el diagrama de flujo del concentrador y el balance de masa, se consultó bibliografía sobre instrumentación (Creus Sole, 2006; Acedo Sánchez, 2006). Se decidió la instrumentación a colocar en el equipo para realizar un posterior control automático, la cual se detalla en la Tabla 3.

Variable a medir	Instrumento seleccionado	Rango De medida
Caudal	Caudalimetro electromagnético	0 lt/hs -65 lt/hs
Concentración	Refractómetro en línea	10°brix - 80°brix
Temperatura	Termocuplas	20°C - 200°C

Tabla 3: Instrumentación seleccionada

La figura 4 muestra la ubicación de los sensores de temperatura, concentración y caudal en el diagrama de flujo.

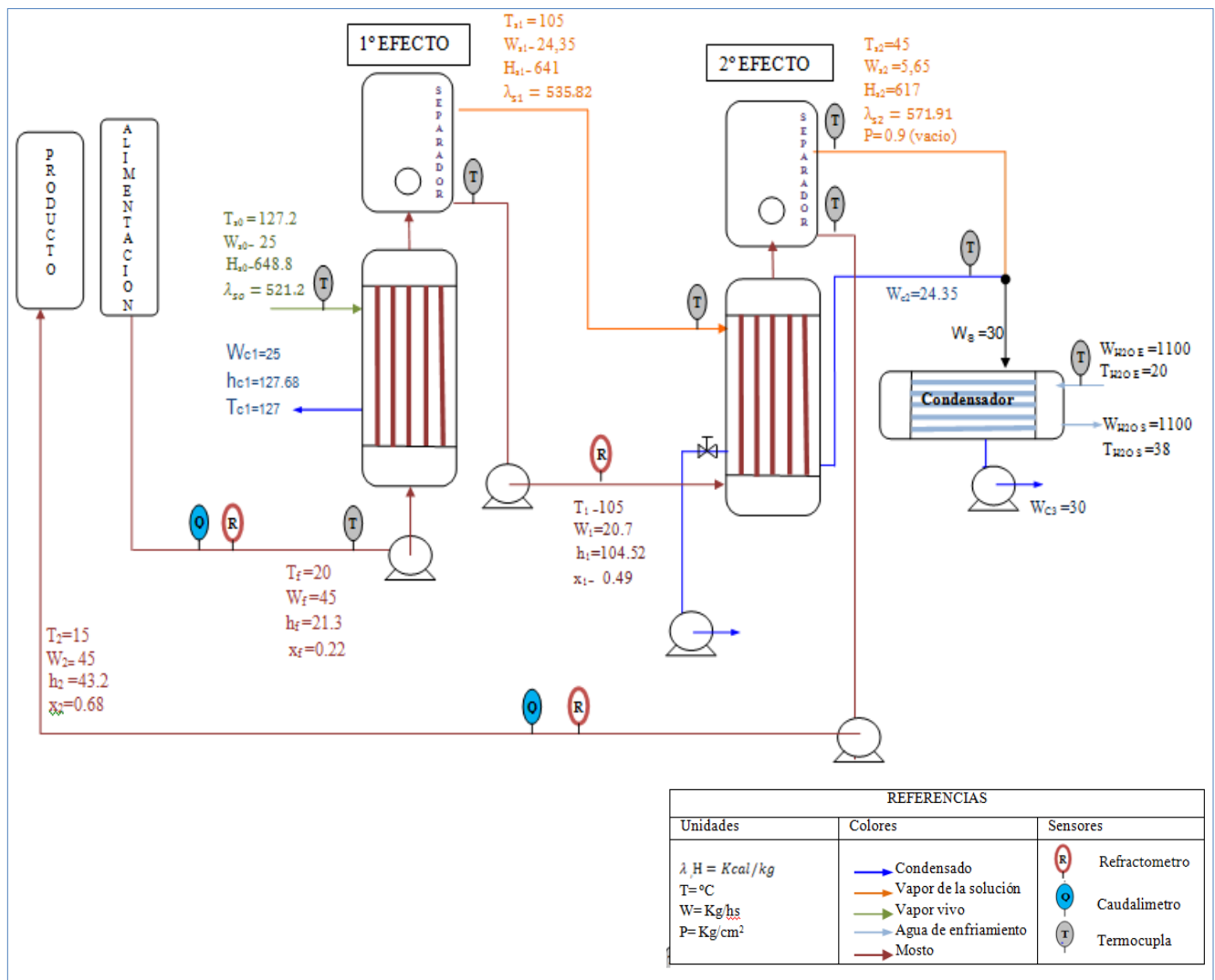


Figura 4: Ubicación de la Instrumentación en el diagrama de Flujo

Además del instrumental que se detallo en la tabla 3, posteriormente se colocara una tarjeta de adquisición de datos y un puerto de conexión a través de los cuales se conectara el instrumental a una PC, para poder disponer de las mediciones obtenidas a través del instrumental. En la Figura 5 se Esquematiza el flujo de informacion del sistema de control.

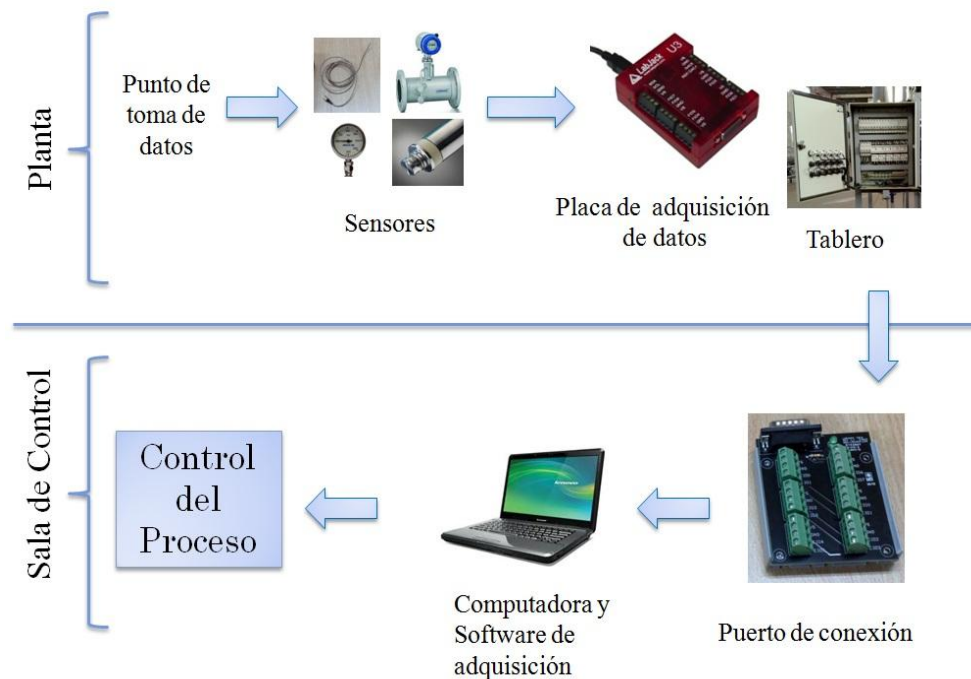


Figura 5: Esquema de flujo de informacion del sistema de control

4-BIBLIOGRAFÍA

- Acedo Sánchez, José. "Instrumentación y Control Avanzado de Procesos". Madrid, España. Editorial Díaz de Santos. 2006
- Cao, Eduardo. "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos". 2ª edición. Argentina. Librería Editorial Nueva. 2004.
- Creus Sole, Antonio. "Instrumentación Industrial". 7ª edición. México. Editorial Alfaomega. 2006.

- INV (2012), Estadísticas de exportaciones, recuperado 5/11/2012 de:
<http://www.inv.gov.ar/PDF/Estadisticas/Exportaciones/2012/ProvinciaOrigenAgosto2012.pdf>
- Kern Donald. “Procesos de Transferencia de Calor”. México. Editorial CECSA. 1999.
- Perry, Green, Maloney. “Manual del Ingeniero Químico”. 7ª edición. México McGraw-Hill.1992
- TLV- Compañía especialista en vapor, recuperada 15/10/2012 de :
<http://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-table-temperature.html>