

PRÁCTICA ACADÉMICA PENAGOS HERMANOS & COMPAÑÍA S. A. S



AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE SISTEMA DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

DALYA JULIETH GALVIS PARADA

Éste proyecto busca controlar el proceso de fermentación del mucílago de café en un tanque, con el fin de obtener un café de excelente calidad. El proceso se desea automatizar, de manera que, con base en pruebas realizadas con diferentes valores de las variables a trabajar (temperatura, pH y tiempo) a través de la adquisición de datos en el software LabVIEW, se obtengan unos rangos o puntos limitados de las variables que permiten generar las propiedades deseadas en el grano; posteriormente, se procederá a crear el código de control con la ayuda de la interfaz gráfica de LabVIEW, de manera que al final, el operario indique los valores de las variables y Penagos los programe y el sistema automáticamente controle los niveles de pH, temperatura y tiempo para alcanzar los valores deseados.

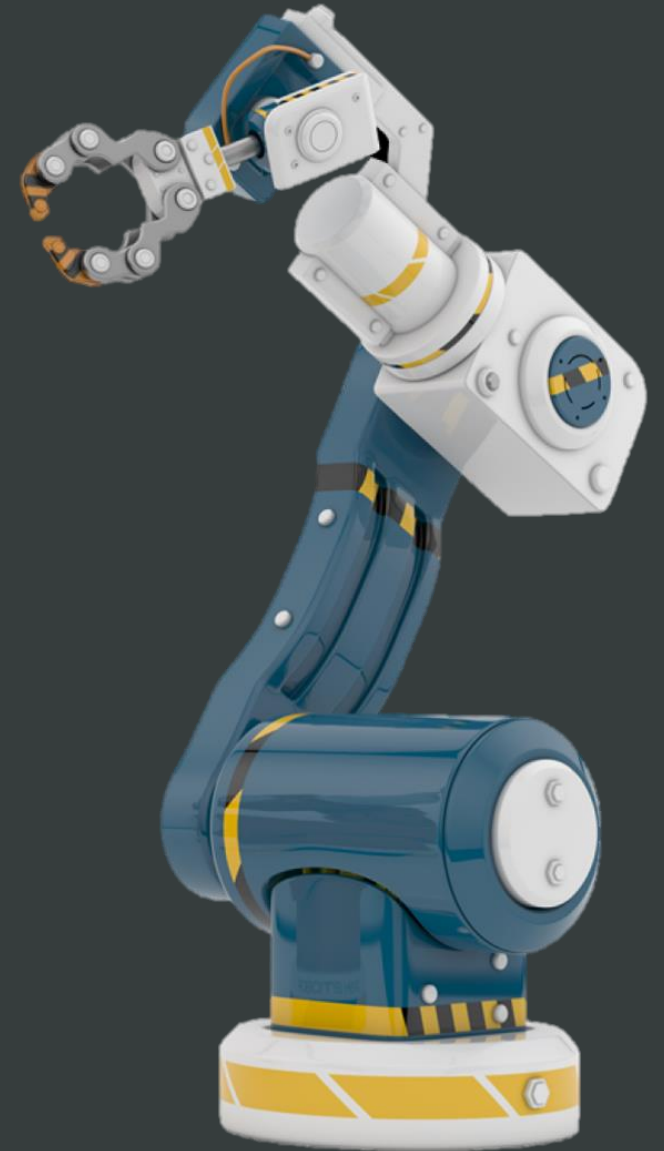
INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN



En Penagos Hermanos, las prácticas se desarrollan según el perfil de estudiante y de la necesidad que se esté presentando. En el área de Investigación y Desarrollo (I+D), se encuentran dos líneas, café y agrícola, en las cuales se desarrollan nuevos productos, innovaciones, adecuaciones y proyectos de investigación.

El rol del estudiante en práctica en el área de Investigación y Desarrollo permite brindar la posibilidad de confrontar los conocimientos teóricos con la puesta en práctica de los mismos, permitiendo desarrollar actitudes, habilidades y destrezas en el campo de la mecatrónica. Además permite poner a prueba la solidez, coherencia y pertinencia de los enfoques teóricos, metodológicos e investigativos aplicables. En este espacio brindado se permite el desarrollo de la competencia de trabajo en equipo interdisciplinario necesaria para ingresar al mundo laboral



OBJETIVOS

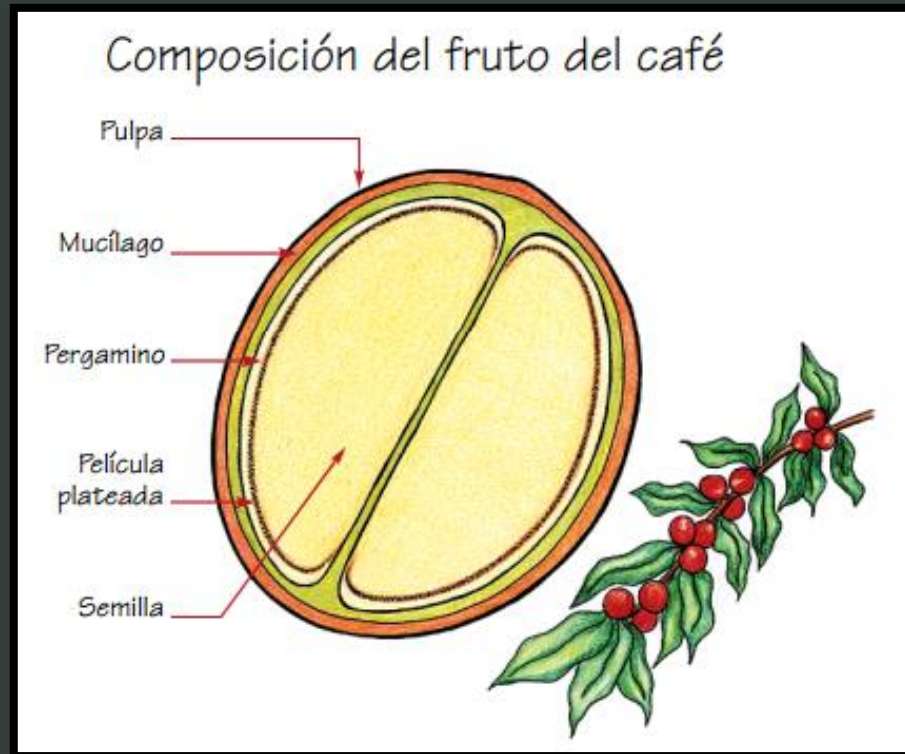




MARCO TEÓRICO



EFECTOS DEL PH, LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN



En el proceso de fermentación del café, se presentan ciertas clases de microorganismos durante un tiempo específico, los cuales dependen de algunas condiciones ambientales como lo son la temperatura, el pH, el comportamiento del agua, el tiempo de duración del proceso, el potencial redox, entre otros, y también dependen de la cantidad de granos despulpados, de la forma de cultivación y demás. Para este caso, solo se tendrá en cuenta el pH, la temperatura y el tiempo de fermentación.

pH

- A partir de este se derivan distintos componentes químicos que rigen las cualidades del grano.
- Generalmente, el rango ideal de pH del mucílago en fermentación se encuentra entre 3,5 y 4; luego de que el pH alcance estos valores se aconseja detener la fermentación, retirar el café y lavarlo.

Temperatura

- Éste altera las variaciones en el nivel de degradación de los microorganismos y también afecta el metabolismo de éstos. La eficacia de los procesos de fermentación anaerobios y también los aerobios, depende de la temperatura con la que se esté trabajando.
- El presente proyecto trabajará un rango de temperatura entre 2°C y 27°C dado que estos microorganismos que interfieren en el proceso son del tipo mesófilos.

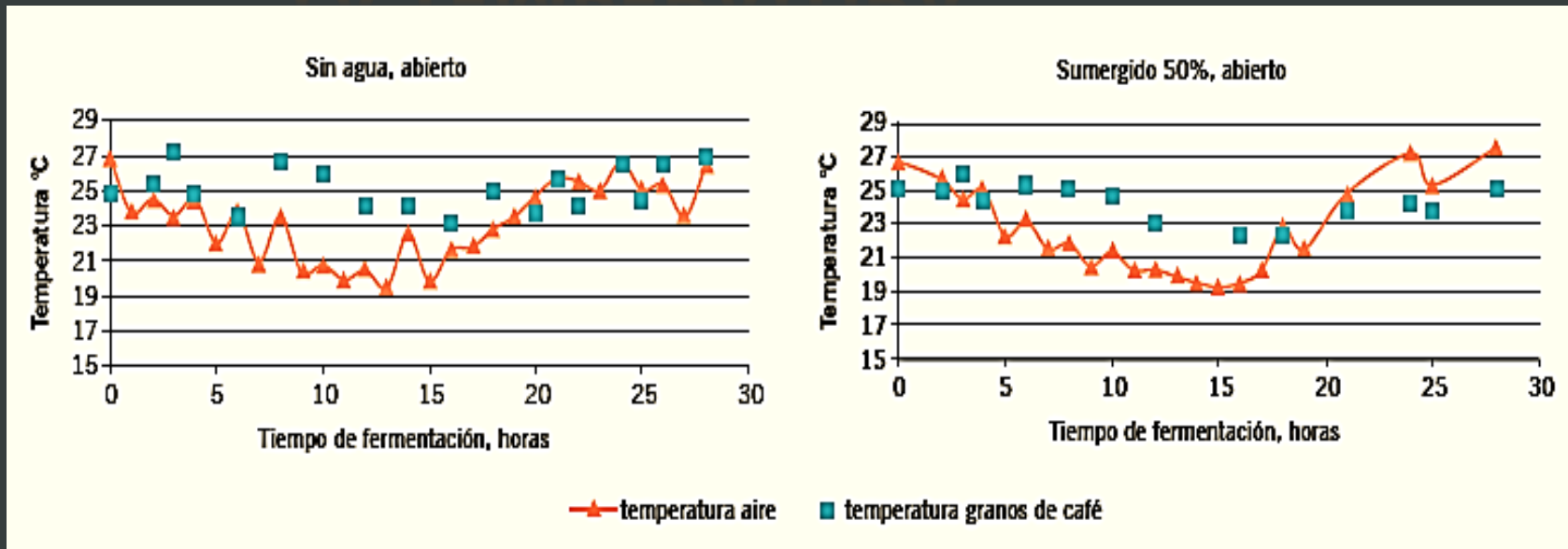
Tiempo

- Se calcula que a ciertos tiempos, se producen ciertas alteraciones en el mucílago del café, lo que conlleva a que se controle rigurosamente el tiempo de fermentación para obtener sabores, aromas, y demás características esenciales en el café.
- Para la fermentación natural, los granos de café en baba se depositan en tanques entre 12 a 18 horas.

DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DE LOS VALORES DE PH Y TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ

Durante el beneficio del café, los granos despulpados se mantienen hasta su lavado, inmersos en el mucílago fermentado, que contiene los diversos productos de la fermentación. Mediante la práctica de procesos de fermentación, lavado y secado controlados, se obtienen bebidas de café con aromas y sabores de buena calidad y especiales. Por el contrario, cuando se realizan mezclas de sustratos, se sobrepasa el tiempo de fermentación, no se controlan los factores y no se conocen los cambios que ocurren en este proceso, se pueden generar defectos en la calidad como el grano manchado y vinagre, y los sabores agrios y fermento en la bebida.

FACTORES DE LA FERMENTACIÓN: LA TEMPERATURA



Cambios de la temperatura de los granos de café durante la fermentación en sistemas abiertos, sin agua y sumergidos 50%, a temperatura externa promedio de 23°C a 25°C.

Por su composición microbiana y química, el mucilago se fermenta en forma natural en las condiciones ambiente de las zonas cafeteras que presentan temperatura del aire entre la noche y el día de 12 a 34°C, según la altitud, con promedios en la temperatura mínima de 16,4%, media de 20,7% y máxima de 26,2°C. Durante la fermentación del café se presentan variaciones de la temperatura de los granos debido a los procesos metabólicos de los microorganismos con la consecuente producción de energía, así, en algunos momentos la temperatura del sistema es mayor que la temperatura del aire externo.

FACTORES DE LA FERMENTACIÓN: EL PH

Durante la fermentación del café, el pH del sustrato disminuye más rápido en las primeras 20 horas, por la formación y disociación de ácidos, principalmente el ácido láctico que se genera en las fermentaciones lácticas, el ácido acético que se produce en las heterolácticas y en la acetificación del alcohol, por el ácido málico presente en los granos de café y otros generados en el metabolismo celular como el cítrico, oxálico, fórmico, fosfórico y succínico; también por el ácido propiónico cuando se fermenta el ácido láctico y por el butírico de la fermentación butírica. Es más fuerte el efecto en el pH del ácido láctico que del ácido acético.

En la fermentación del café el pH del mucílago disminuye hasta un valor que depende del sistema de la temperatura de fermentación. Posteriormente, el pH del mucílago de café fermentado aumenta debido a la fermentación del ácido láctico, a la eliminación del dióxido de carbono, a la producción de otros ácidos más débiles, a sales y sustancias básicas que se disuelven y por otras degradaciones.

En general, valores de pH del mucílago fermentado entre 3,7 y 4,1 son adecuados y seguros para interrumpir la fermentación y lavar el café.

Tiempo de fermentación en horas	Sistema de fermentación							
	sin agua	30% agua	50% agua	sin agua	30% agua	50% agua	sin agua	50% agua
	Clasificado por zaranda			Clasificado por sífon y zaranda				
	22 a 25 °C			22 a 25 °C		17 a 19 °C		
0	5,00	5,23	5,43	5,36	5,41	5,81	5,58	5,66
12	4,07	4,42	4,49	3,92	4,39	4,68	4,52	4,65
14	3,95	4,30	4,37	3,76	4,29	4,54	4,39	4,53
16	3,85	4,18	4,27	3,64	4,20	4,40	4,28	4,42
18	3,76	4,06	4,19	3,54	4,13	4,28	4,19	4,31
20	3,68	3,95	4,11	3,47	4,07	4,17	4,11	4,22
22	3,62	3,84	4,05	3,44	4,04	4,07	4,04	4,15
24	3,56	3,74	4,00	3,43	4,02	3,99	4,00	4,08
26	3,52	3,63	3,97	3,45	4,02	3,91	3,96	4,03
28	3,49	3,53	3,94	3,50	4,04	3,85	3,94	3,99
30	3,48	3,44	3,93	3,58	4,07	3,80	3,94	3,96

Variación del pH del mucílago a través del tiempo de fermentación en sistemas abiertos, sólidos y sumergidos con 30% y 50% de agua, según la temperatura del proceso y la clasificación del café en baba.

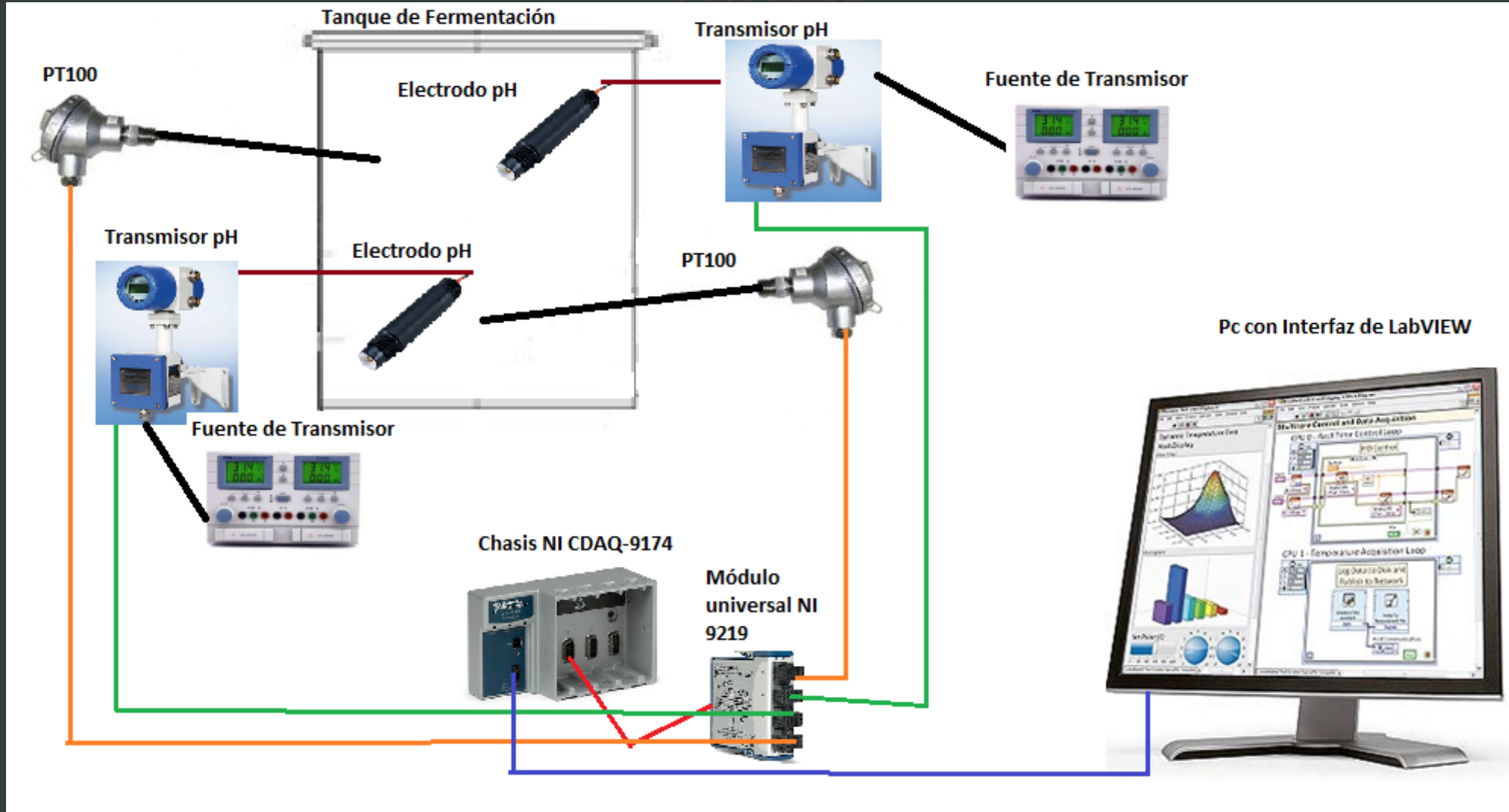
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión, sonido, entre otros. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable.



Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



SELECCIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES, CONTROLADOR Y SOFTWARE

Como se ha mencionado anteriormente, las variables a medir son la temperatura, el pH y el tiempo. Para esto, se han tenido en cuenta ciertos criterios que determinan la mejor instrumentación a trabajar en el proceso.

Se decidió trabajar con 2 sensores de pH y 4 sensores de Temperatura. Como los electrodos de pH tienen internamente sensor de temperatura, entonces, por cada sensor de pH se tendría un sensor de temperatura.

Para la parte del tiempo, no es necesario utilizar un sensor, ya que la misma interfaz de visualización gráfica reporta la fecha y hora de adquisición de datos. Por lo que simplemente con un botón de STOP se detiene el proceso y así se controla el tiempo.

SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA



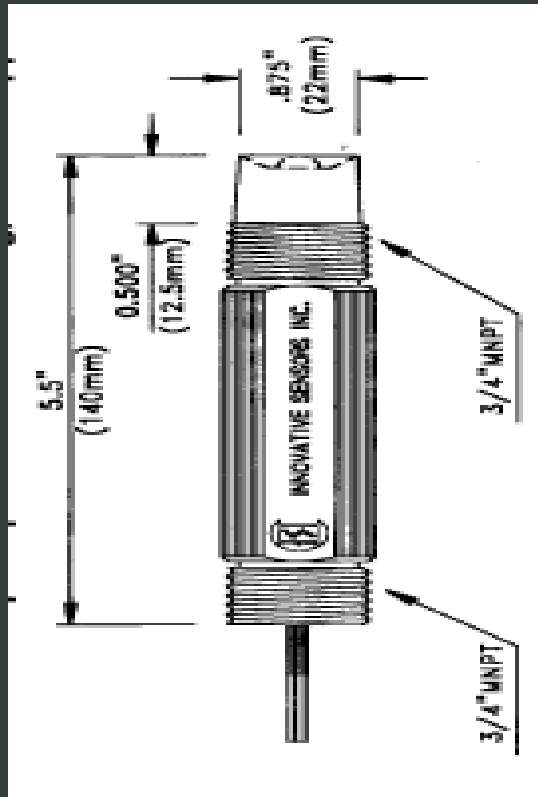
Perfil de la Pt100

Se decidió trabajar con el sensor de temperatura PT100, el cual consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. No son muy lineales, pero el incremento de la resistencia del platino es creciente y característico por lo que es fácil mediante tablas, encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

SELECCIÓN DEL SENSOR DE PH

Para la selección del sensor de pH se necesitaba que el medidor fuera portable y que midiera permanentemente los valores de pH para así tener un reporte constante de la variación en el nivel de acidez y alcalinidad del mucílago de café. Además, se necesitaba que tuviera salida análoga porque el controlador que se seleccionó requería entrada análoga.

Con estos requerimientos, se consiguieron dos electrodos con conexión en línea con referencia M12-FLAT-PT100-HT, CONEX. $\frac{3}{4}$ " NPT, PLASTICO y para que tuviera salida análoga se consiguieron dos transmisores con salida análoga de 4 a 20 mA de referencia AQUAMON SMARTPRO 8966, los cuales, cada uno debe ir conectado a una fuente de alimentación de doble salida con +/- 12 o 24 V de salida, +/- 240 mA de salida con referencia FUENTE REGULADORA VARIABLE DOBLE MARCA PROTEK MODELO PL-3005T.



Electrodo de pH. Fuente: PH SENSOR FLAT.pdf



.Transmisor de 2 hilos con salida análoga Fuente: field Aqua SMARTPro Transmitter.pdf

SELECCIÓN DE ACTUADORES

Para la parte de temperatura se utilizará un controlador de temperatura OMRON ON-OFF con su respectivo sensor y su sistema refrigerante chiller para controlar la temperatura. El sensor de temperatura es una sonda común que estará ubicada en medio del tanque y estará mandando los valores de temperatura todo el tiempo al OMRON y éste decidirá si, la temperatura del tanque supera el límite máximo deseado, el controlador activa el sistema refrigerante, y si la temperatura del tanque llega por debajo del límite mínimo de temperatura, el controlador activa el sistema para que eleve la temperatura interna del tanque.



SELECCIÓN DEL CHASIS DEL CONTROLADOR

El controlador que se seleccionó es un CompactDAQ de la marca National Instrument. La referencia es NI cDAQ-9174, el cual es un Chasis NI CompactDAQ USB de 4 Ranuras que fue diseñado para sistemas pequeños y portátiles de pruebas de medidas mixtas. Éste chasis se puede combinar con máximo 4 módulos de E/S de la serie C para un sistema de medidas personalizado de entrada analógica, salida analógica, E/S digital y contadores/temporizadores.

Fuente:

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207535>



SELECCIÓN DEL MÓDULO UNIVERSAL DEL CONTROLADOR



El módulo de entrada se seleccionó analógico dado que es menos complicado trabajar con sistemas análogos que digitales en cuanto a entradas. Por ello se optó por el módulo de entrada analógico de referencia NI 9219, el cual es un Módulo de Entrada Analógica Universal de 24 Bits, 100 S/s/canal, 4 Canales. Éste módulo universal de la serie C de 4 canales fue diseñado para pruebas de usos multiplex en cualquier chasis CompactDAQ. Con éste, se puede medir varias señales desde sensores como galgas extensiométricas, detectores de resistencia de temperatura (RTDs), termopares, celdas de carga y otros sensores. Los canales son seleccionados individualmente, así se puede realizar un tipo de medida diferente en cada uno de los cuatro canales.

Fuente:

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208789>

SELECCIÓN DEL SOFTWARE

El software que se eligió es un sistema de desarrollo base de NI LabVIEW para Windows. Éste es un reconocido entorno de desarrollo optimizado para ingenieros y científicos que crean aplicaciones de pruebas, medidas y control. Con LabVIEW, se puede adquirir rápida y fácilmente señales de mundo real, realizar análisis para obtener datos significativos y comunicar o almacenar resultados a través de una variedad de maneras.

Fuente:

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1385>



DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A TRABAJAR



ETAPA 1

- Diagrama de bloques y la interfaz de control para la adquisición de las variables a trabajar

ETAPA 2

- Adquisición de los datos de los 2 sensores de pH y de los 4 sensores de temperatura
- Control On-Off de temperatura para refrigeración del tanque

ETAPA 3

- Verificación de las variables para asegurar el adecuado funcionamiento del control On-Off

ETAPA 4

- Entregar las muestras al catador de café para que seleccione la mejor toma de la mejor prueba

ETAPA 5

- Diseño y configuración del control y automatización del proceso en la interfaz de LabVIEW

ETAPA 6

- Probar el sistema automatizado

RESULTADOS



DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CHILLER

Éste es el actuador que sirve para controlar la temperatura del tanque que fermenta el café; consiste en un recipiente de H₂O de 250 litros de dimensiones 92 cm de ancho x 174 cm de altura, una válvula de expansión, 30 m de tubería de cobre (serpentín), un termostato, un filtro secador de H₂O, una bomba de suministro y retorno, un tablero de control, un compresor, mangueras de entrada y salida de H₂O al tanque fermentador y un radiador.

Tablero de control

Recipiente de agua

Bomba de suministro y retorno



Manguera de salida del agua del tanque fermentador

Manguera de salida del agua del chiller



Motor - compresor del Chiller



Manguera conectada entre el tanque fermentador y el Chiller para que recircule desde el tanque hasta el chiller.



Radiador del chiller.



Bomba de suministro y retorno del chiller



Manguera conectada entre el chiller y el tanque fermentador para que transporte el agua fría al tanque desde el chiller.

TANQUE FERMENTADOR

Éste tanque es un reactor de doble camisa, de 105 cm de altura con 77 cm de ancho. Tiene de volumen 0,5 metros cúbicos, y tiene capacidad para 300 Kg de café en pulpa. Hay unos huecos de 1 pulgada de diámetro atravesando los lados del tanque, que sirven para ingresar y conectar los sensores de temperatura y pH al interior del tanque y medir dichas variables al mucílago de café cuando éste ingresa. En medio de las dos camisas de dicho tanque, ingresa la manguera que transporta el agua fría desde el chiller, ubicada en la parte inferior del tanque; además, hay una manguera ubicada en la parte superior del tanque que sirve para transportar el agua del tanque al recipiente del chiller con el fin de circular el agua entre dichos depósitos. Adicional, en la zona inferior central del tanque está ubicado un tubo para ir desechando o evacuando el mucílago que se va desprendiendo del grano de café.





Compuerta del tanque con orificio central.



Sistema de evacuación del mucílago de café del tanque fermentador ubicado en la parte inferior central del mismo.

SENSORES

Sensor de pH

Sensor de temperatura



Sensor de pH

Sensor de temperatura

SENSOR DE PH

Los sensores de pH (2) son electrodos especiales para el material denso del mucílago. La forma en la que van dentro del tanque es a través de un cilindro hueco de 1 pulgada de diámetro, la conexión del sensor al chasis de adquisición de datos es por medio de un transmisor, el cual, tiene entrada para el sensor, alimentación de 24V y una salida análoga que conecta con el chasis de National Instruments.



Ubicación de los sensores de pH dentro del tanque



Transmisor de pH.

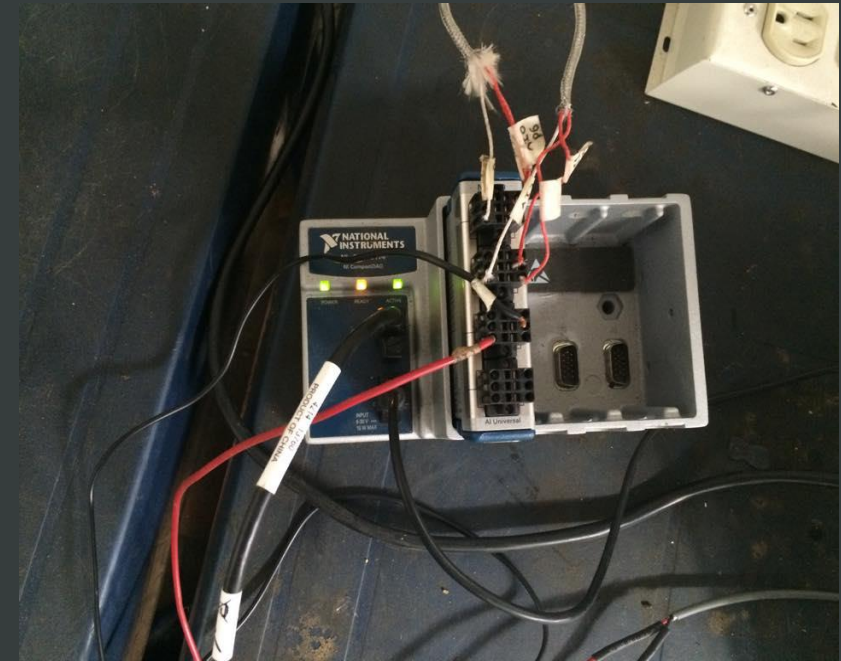
SENSOR DE TEMPERATURA



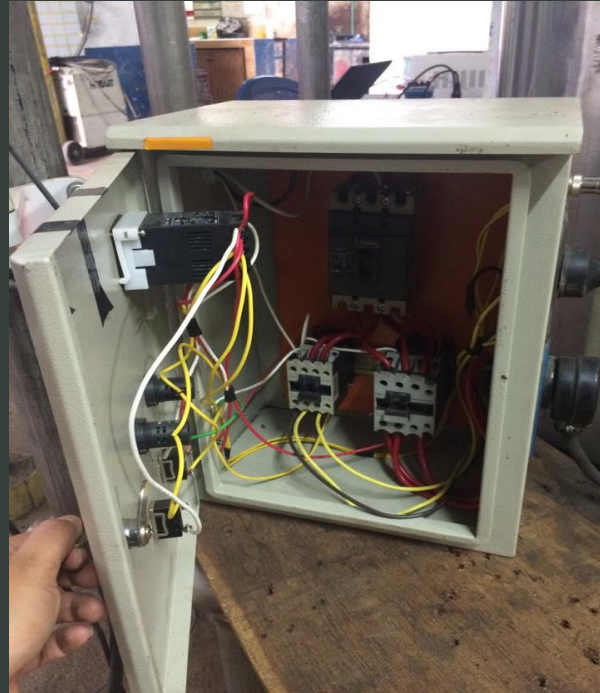
Los sensores de temperatura son dos PT100 que van insertadas dentro del tanque para medir la temperatura del mucílago de café y enviar dicha señal al computador por medio del chasis de National Instruments. La conexión con el chasis es de cables únicamente, dado que éste chasis permite la conexión de PT100 de 3 hilos.

Ubicación de las PT100 en el tanque fermentador

FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE



CAJA DE CONTROL DE TEMPERATURA

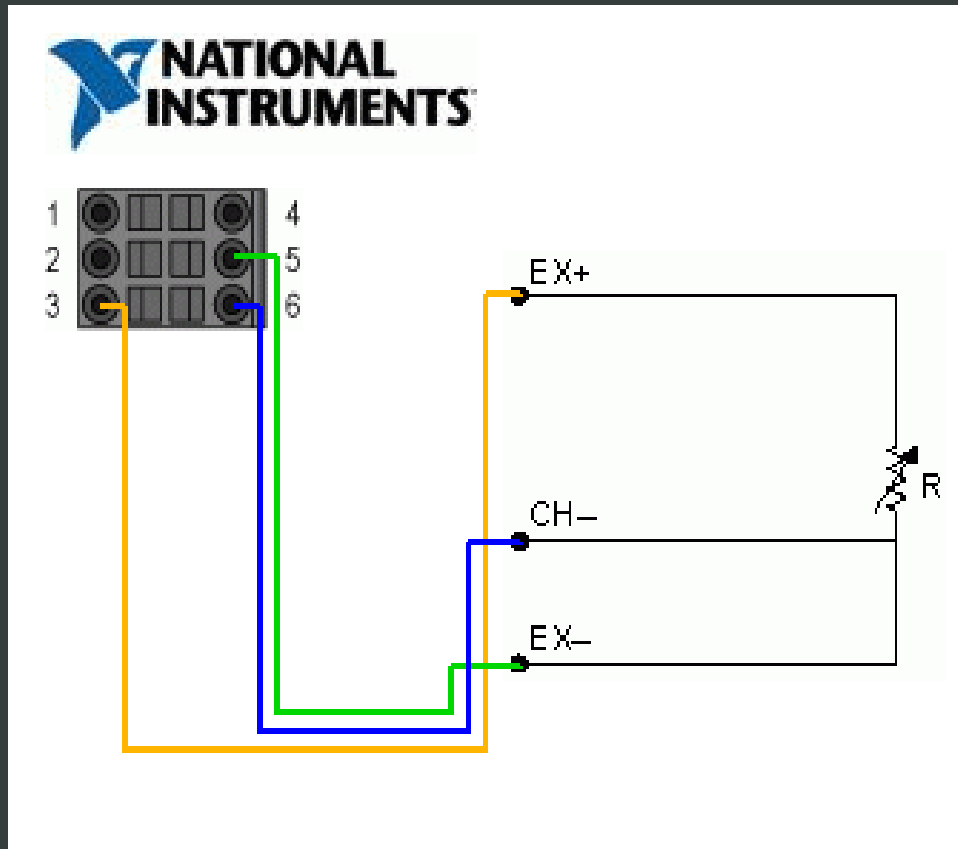




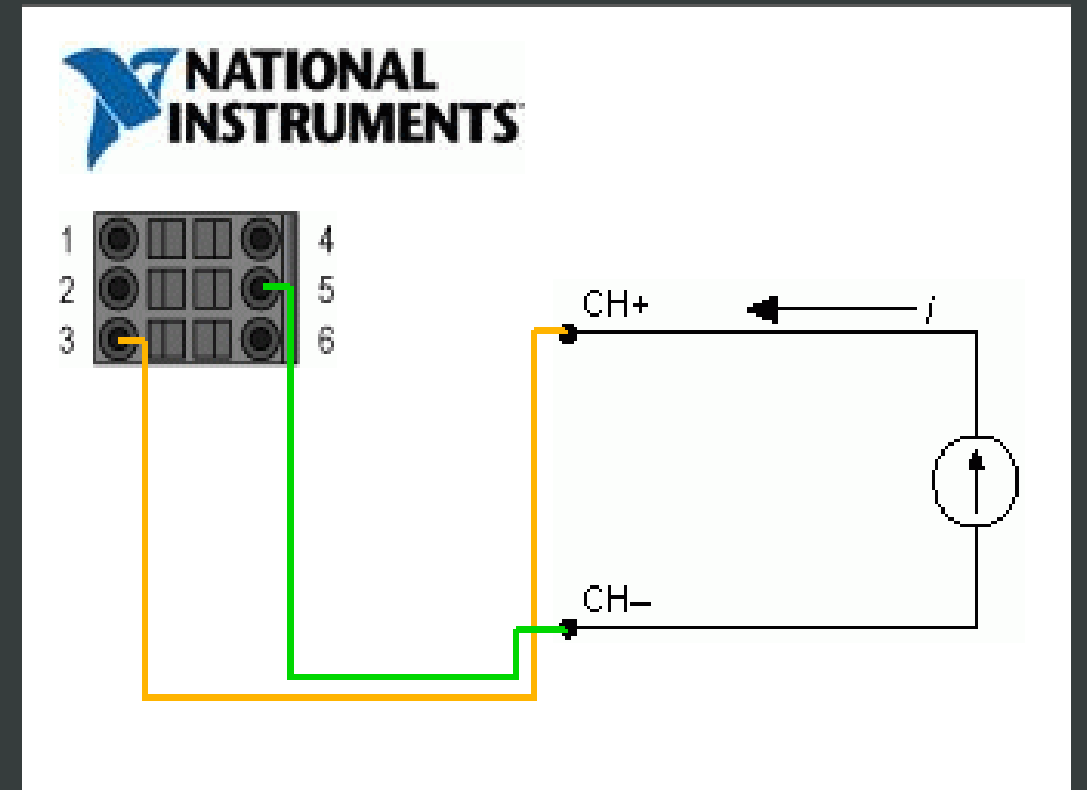
IMÁGENES DEL DISEÑO DE CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN

CONEXIONES A PINES DEL MÓDULO UNIVERSAL 9219 EN EL CHASIS CDAQ 9174

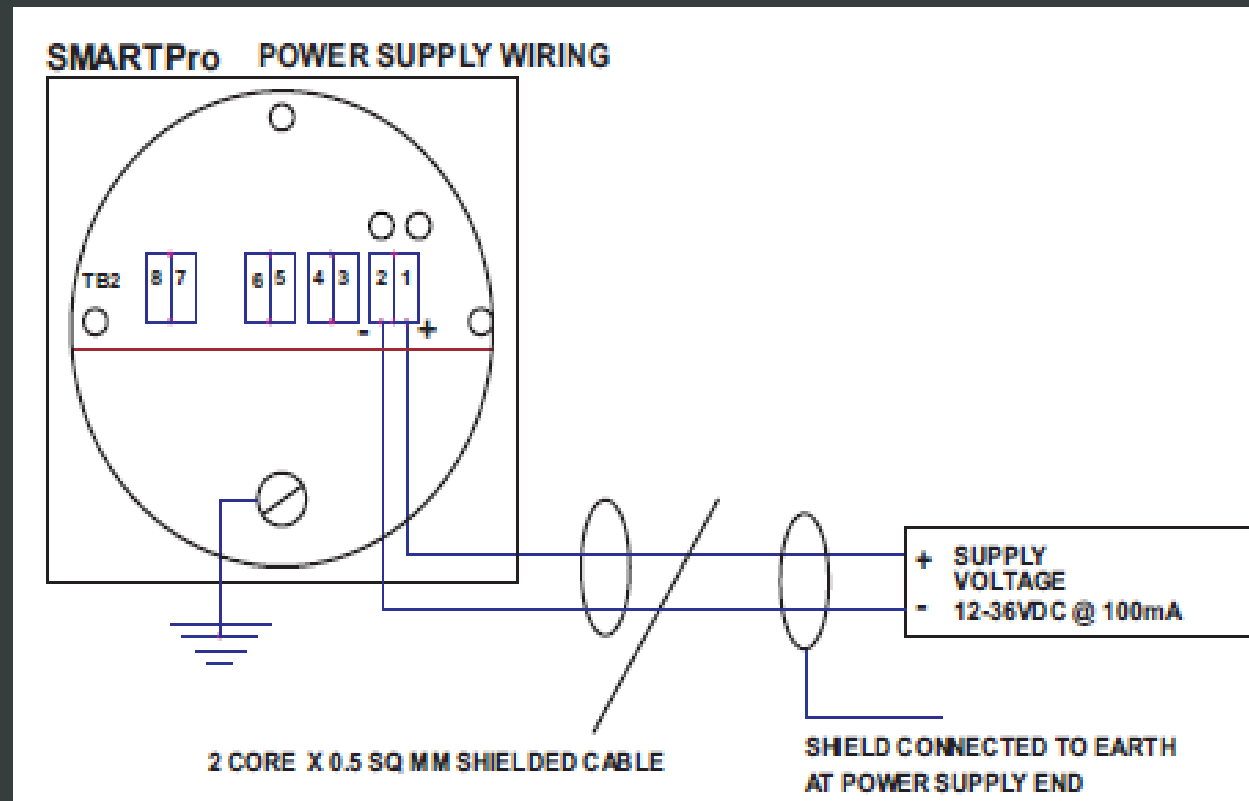
Conexión de pt100 a cdaq de entrada analoga 0 a 100°C



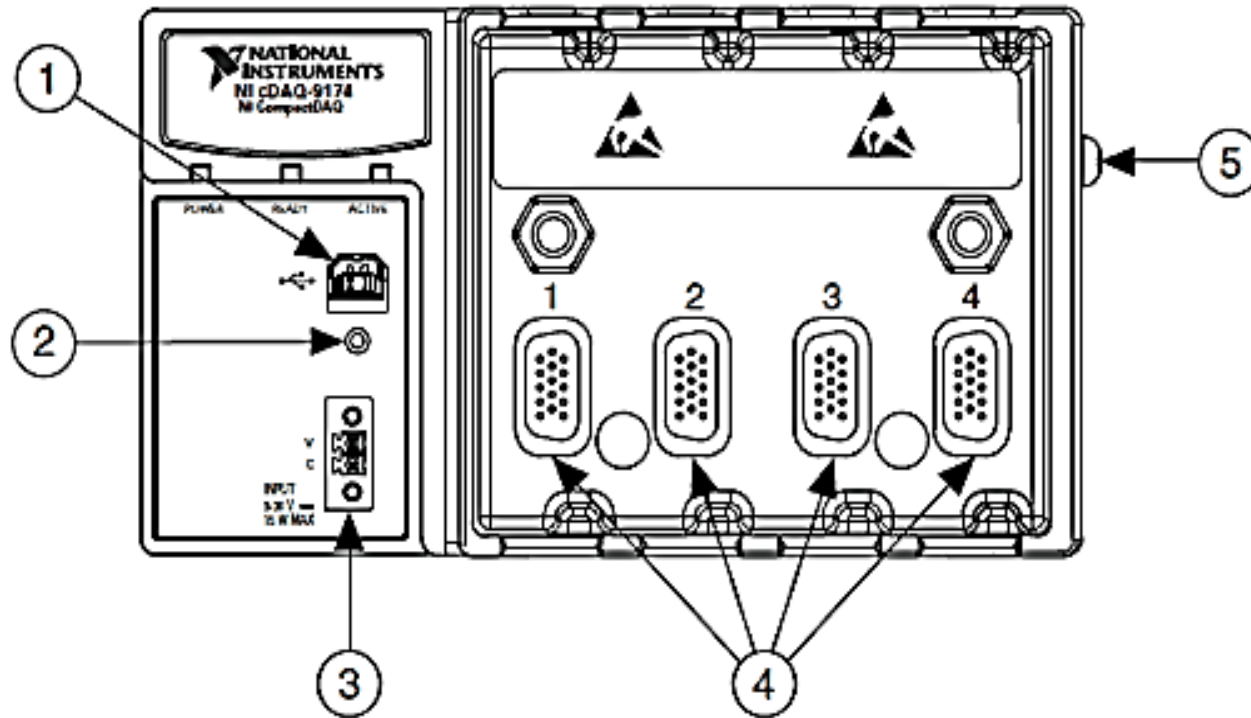
Conexión de transmisor a cdaq de entrada analoga de 4 a 20 ma



CONEXIÓN DEL TRANSMISOR AQUAMON SMARTPRO A LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN



CONEXIÓN DEL CHASIS 9174 A LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

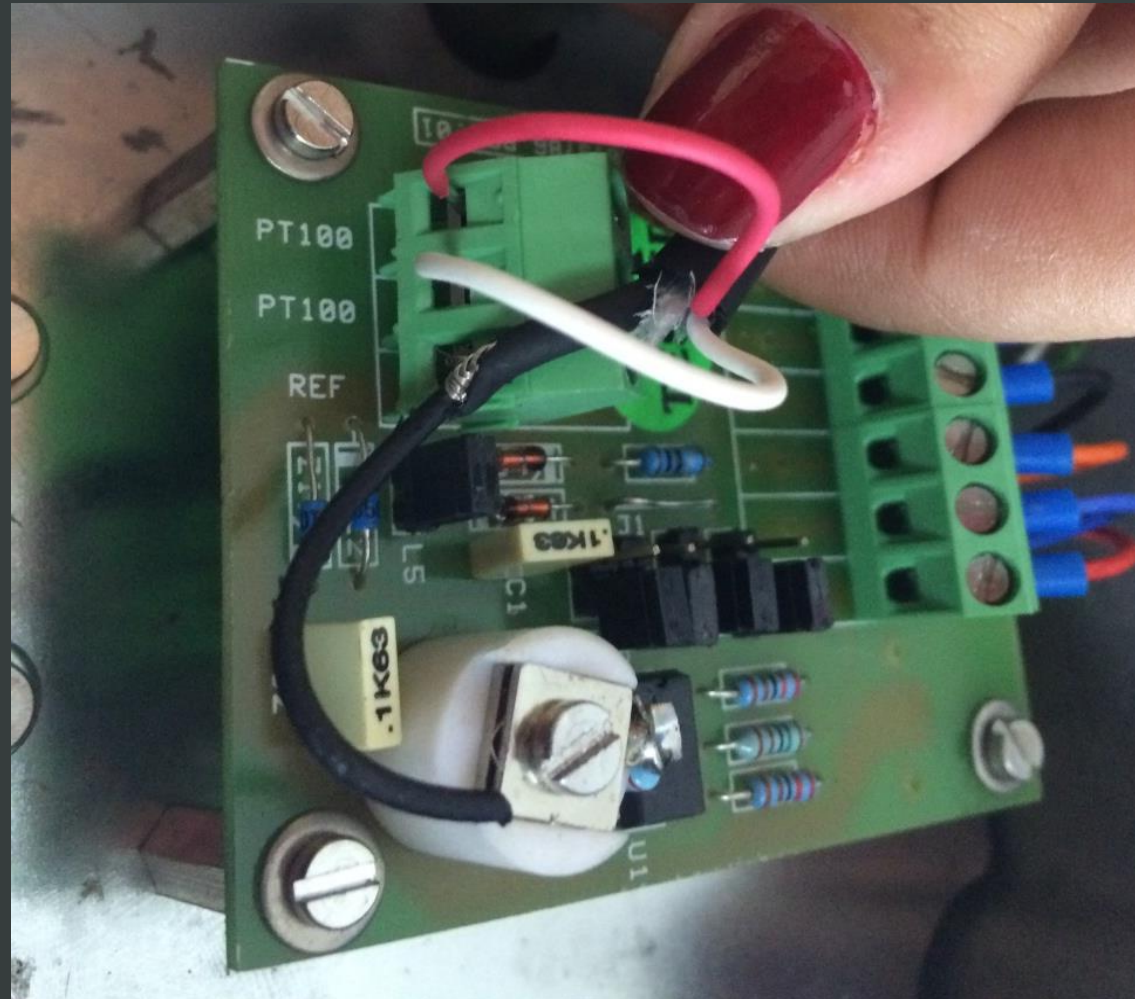


Chasis cDAQ-9174: (1) Conector USB, (2) Cable USB para Liberación de Tensión, (3) Conector de Potencia de 9 VDC, (4) Ranuras del Módulo y (5) Tornillo a Tierra

CONEXIÓN DE LA FUENTE ALIMENTADORA

LINE VOLTAGE	MARK POSITION	LOCATION FUSE NO.	FUSE RATING(250 V)
AC 220V/110V	220V/110V	F1	T3.15AL

CONEXIÓN DEL SENSOR DE PH AL TRANSMISOR DE PH



FOTOS DEL SISTEMA CONECTADOS CON LOS
RESPECTIVOS ELEMENTOS DE CONTROL.





PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA MONITOREO Y ALMACENAMIENTO DE VARIABLES

DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE CONTROL

Adquisición de Temperatura

En la siguiente pantalla se ve la adquisición de datos del sensor de temperatura; en donde, se muestra tanto en forma de termómetro como en valor numérico y además, se aprecia una tabla donde se detallan la fecha, la hora y el valor de temperatura que se está registrando. Adicional a esto, se configuró en el diagrama de bloques la adquisición para que registrara datos cada segundo. También hay un botón de STOP que le permite al usuario detener la toma de datos en cualquier momento. La gráfica de temperatura que se aprecia traza los datos que se obtienen en todo momento de los dos sensores de temperatura con el fin de analizar su comportamiento continuamente.

Adquisición de Temperatura (°C)

Adquisición de pH

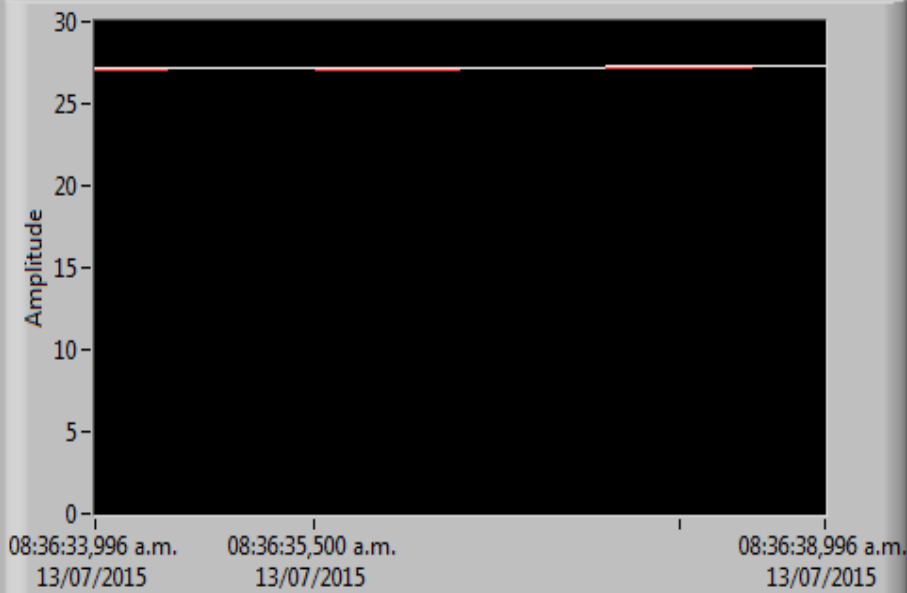
Temperature_0



Temperature_1



Gráfica de T(°C)



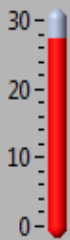
Temperatura 1



Valor Temperatura 1

27,3692

Temperatura 2



Valor Temperatura 2

27,2785

Tabla de datos de Temperaturas



Fecha	Hora	Temp1	Temp2
13/07/2015	08:33:29 a.m.	27,233886	27,115718
13/07/2015	08:33:30 a.m.	27,192271	27,100346
13/07/2015	08:33:31 a.m.	27,146385	27,116494
13/07/2015	08:33:32 a.m.	26,990645	26,938551
13/07/2015	08:33:33 a.m.	26,942200	26,909594
13/07/2015	08:33:34 a.m.	26,949110	26,991499
13/07/2015	08:33:35 a.m.	26,912544	26,955243
13/07/2015	08:33:36 a.m.	26,931720	27,029074
13/07/2015	08:33:37 a.m.	26,974186	27,111914
13/07/2015	08:33:38 a.m.	27,014401	27,087147
13/07/2015	08:34:35 a.m.	27,160516	27,086371
13/07/2015	08:34:36 a.m.	27,160361	27,080626
13/07/2015	08:34:37 a.m.	27,178528	27,103451
13/07/2015	08:34:38 a.m.	27,207643	27,075036
13/07/2015	08:34:39 a.m.	27,151121	27,060673
13/07/2015	08:34:40 a.m.	27,164165	27,078918
13/07/2015	08:34:41 a.m.	27,179460	27,061993
13/07/2015	08:34:42 a.m.	27,183342	27,069290
13/07/2015	08:34:43 a.m.	27,167193	27,083343
13/07/2015	08:34:44 a.m.	27,164941	27,101898
13/07/2015	08:34:45 a.m.	27,177208	27,107100
13/07/2015	08:34:46 a.m.	27,171075	27,108032
13/07/2015	08:34:47 a.m.	27,175656	27,100346
13/07/2015	08:34:48 a.m.	27,180236	27,088312
13/07/2015	08:34:49 a.m.	27,135594	27,091572
13/07/2015	08:34:50 a.m.	27,122783	27,080626
13/07/2015	08:34:51 a.m.	27,130236	27,033810
13/07/2015	08:34:52 a.m.	27,072171	26,075583

STOP

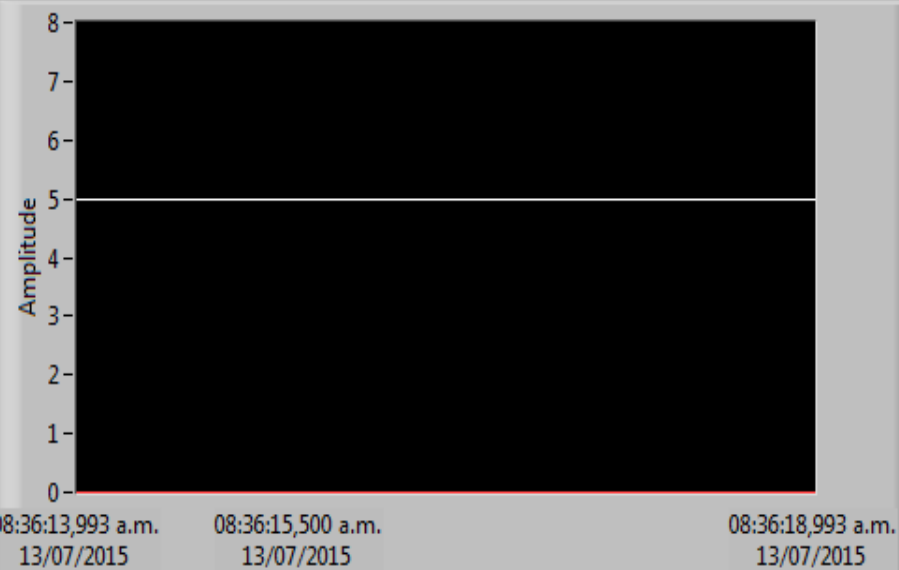
El software funciona de la siguiente forma: en la pestaña del panel de control o la pestaña del diagrama de bloques, el usuario oprime el botón run ubicado en la parte superior izquierda de cualquiera de las dos pestañas, y el sistema conectado empieza a funcionar, entonces, la tabla de datos, la gráfica de variable, el termómetro y el valor numérico adquirido cada segundo es mostrado en el panel de control. De ésta manera, la tabla se va llenando con los datos segundo a segundo, y, si la persona desea detener el programa simplemente da un click al botón rojo de STOP y el programa se detiene inmediatamente.

Adquisición de pH

En la siguiente pantalla se ve la adquisición de datos del sensor de pH; en donde, se muestra tanto en forma de metrómetro como en valor numérico y además, se aprecia una tabla donde se detallan la fecha, la hora y el valor de pH que se está registrando. Adicional a esto, se configuró en el diagrama de bloques la adquisición para que registrara datos cada segundo. También hay un botón de STOP que le permite al usuario detener la toma de datos en cualquier momento. La gráfica de pH que se aprecia traza los datos que se obtienen en todo momento de los dos sensores de pH con el fin de analizar su comportamiento continuamente.

Current_0 Current_1 

Gráfica de pH



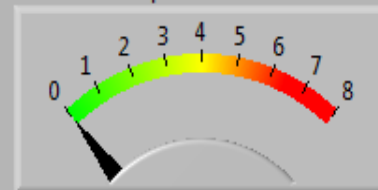
Indicador del pH 1



Valor de pH 1

5,002

Indicador del pH 2



Valor de pH 2

0

Tabla de datos de pH

Fecha	Hora	pH1	pH2
13/07/2015	08:35:44 a.m.	4,999770	0,000000
13/07/2015	08:35:45 a.m.	5,000458	0,000000
13/07/2015	08:35:46 a.m.	4,998255	0,000000
13/07/2015	08:35:47 a.m.	5,003841	0,000000
13/07/2015	08:35:48 a.m.	5,007348	0,000000
13/07/2015	08:35:49 a.m.	5,004751	0,000000
13/07/2015	08:35:50 a.m.	5,001966	0,000000
13/07/2015	08:35:51 a.m.	5,009502	0,000000
13/07/2015	08:35:52 a.m.	5,005637	0,000000
13/07/2015	08:35:53 a.m.	4,996054	0,000000
13/07/2015	08:35:54 a.m.	4,989099	0,000000
13/07/2015	08:35:55 a.m.	4,987201	0,000000
13/07/2015	08:35:56 a.m.	4,991983	0,000000
13/07/2015	08:35:57 a.m.	4,991243	0,000000
13/07/2015	08:35:58 a.m.	4,990935	0,000000
13/07/2015	08:35:59 a.m.	4,996289	0,000000
13/07/2015	08:36:00 a.m.	5,004268	0,000000
13/07/2015	08:36:01 a.m.	5,006970	0,000000
13/07/2015	08:36:02 a.m.	5,003859	0,000000
13/07/2015	08:36:03 a.m.	5,002592	0,000000
13/07/2015	08:36:04 a.m.	5,002297	0,000000
13/07/2015	08:36:05 a.m.	5,002748	0,000000
13/07/2015	08:36:06 a.m.	5,005022	0,000000
13/07/2015	08:36:07 a.m.	5,002730	0,000000
13/07/2015	08:36:08 a.m.	5,002443	0,000000
13/07/2015	08:36:09 a.m.	5,002863	0,000000
13/07/2015	08:36:10 a.m.	4,998693	0,000000
13/07/2015	08:36:11 a.m.	4,996109	0,000000

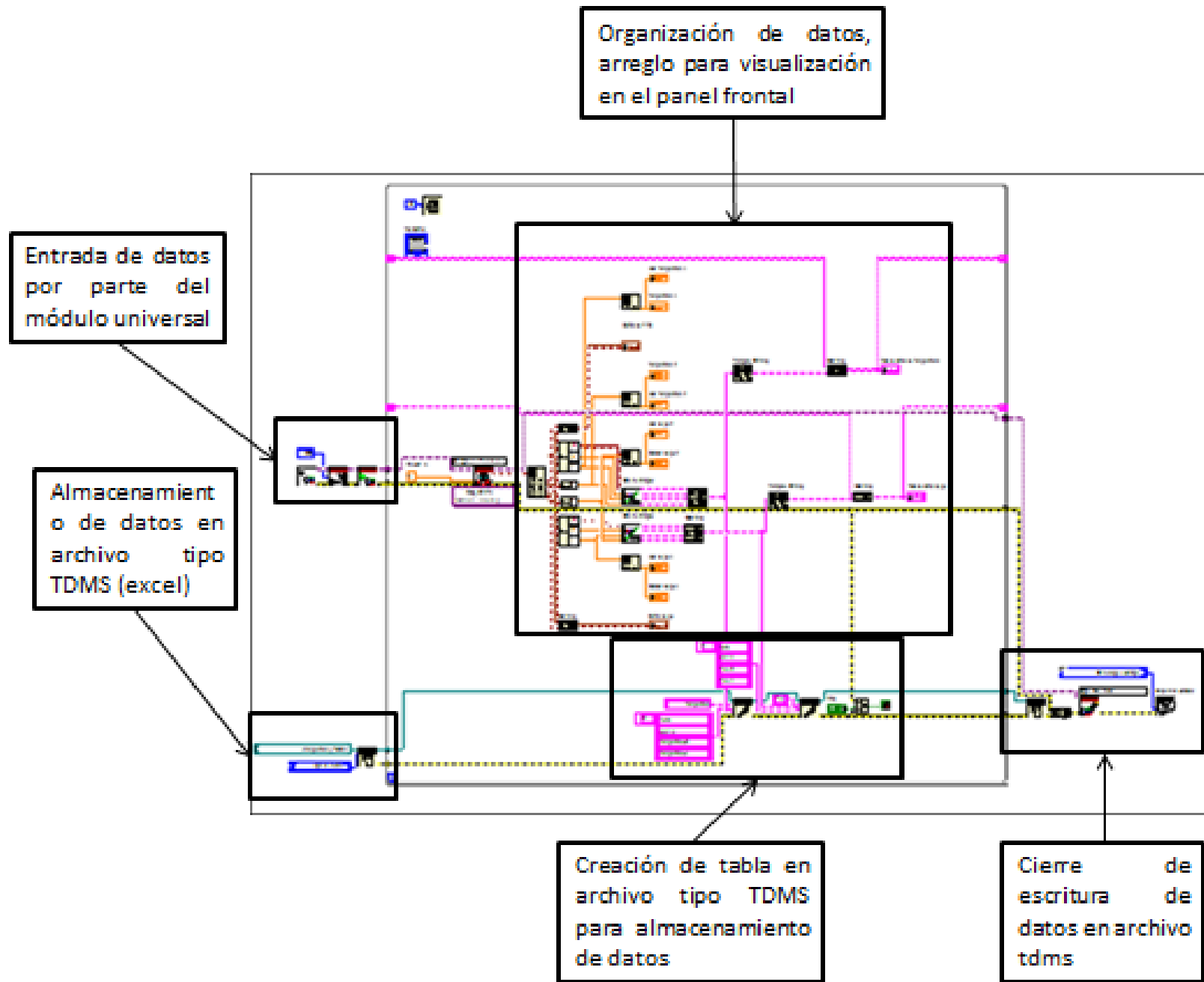
STOP

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

A continuación se hace una breve y general explicación del funcionamiento del diagrama de bloques para entender su funcionamiento y el manejo de sus señales: se parte del hardware de adquisición para obtener las 4 señales que se quieren que son dos de temperatura y dos de pH, posteriormente se agregan unos indicadores, gráficas y demás para mostrar en el panel frontal, el comportamiento de éstas señales, luego, a partir de los datos que se vayan obteniendo cada segundo se agrega y construye una tabla con el fin de agrupar los valores de fecha, hora y de las variables correspondientes. Al final, se agrega un elemento para escribir los datos en un archivo de Excel para su posterior análisis.

Cabe resaltar que se trabajan las dos variables (temperatura y pH) por aparte para tener una mejor organización y seguimiento.

La siguiente imagen representa el código del diagrama de bloques general y una pequeña descripción de sus partes para visualizar el orden de los elementos de la programación utilizados para la adquisición y el almacenamiento de las variables.



RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON CONTROL DE TEMPERATURA

Los resultados que se muestran para ésta prueba y las que se muestran más adelante, representan los valores de pH y temperatura que miden los sensores en contacto con el café en estado de fermentación, sin embargo, para el caso de la temperatura, se establece un control de ésta variable diferente en cada prueba y éste valor no es representado en las tablas que se exponen. El valor de temperatura del tanque, el cual es el que se controla, es totalmente diferente al valor de temperatura del café, dado que éste fruto en estado de fermentación produce cambios internos en su composición que hacen que se aumente la temperatura, y ésta es la presentada en las tablas y gráficas.

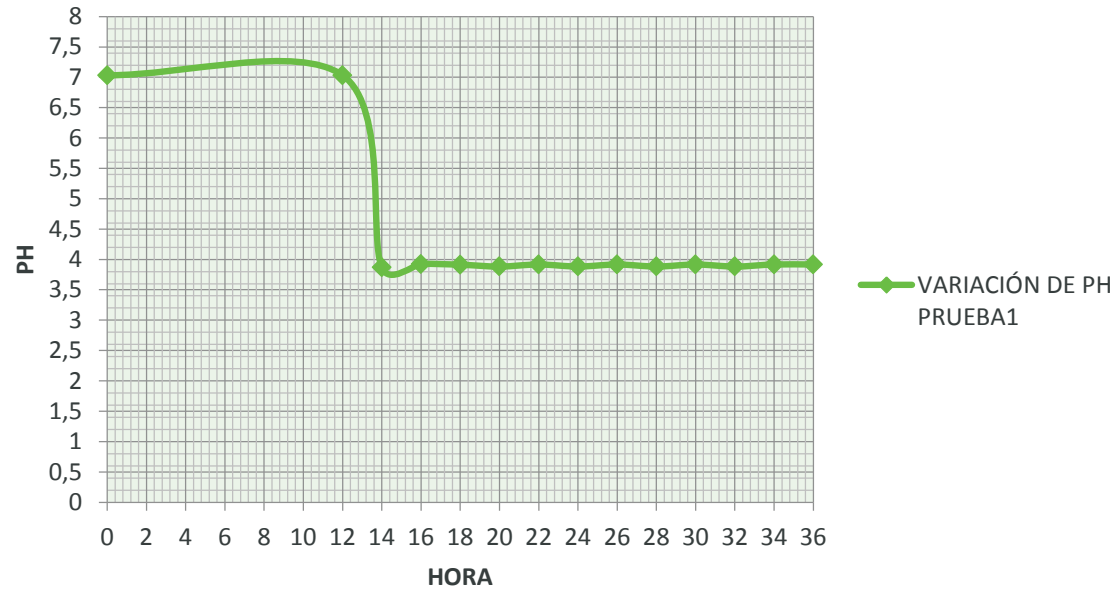
RESULTADOS DE PRUEBA 1 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 15°C

Se obtuvo 609 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 12 de Mayo de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 210 Kg aproximadamente.

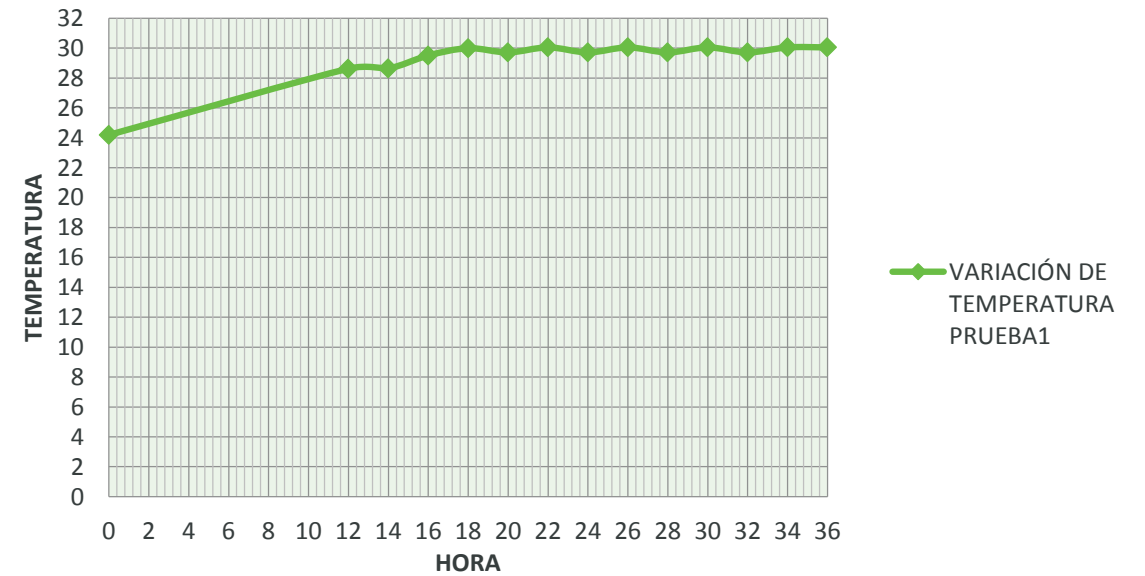
El proceso de fermentación inició a las 9:00 p.m del día 12 de Mayo de 2015

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	PH1
Muestra1	0	12/05/2015	09:00:00 p.m.	24,192	7,032543
Muestra2	12	13/05/2015	09:00:00 a.m.	28,623	7,032543
Muestra3	14	13/05/2015	11:00:00 a.m.	28,639	3,867
Muestra4	16	13/05/2015	01:00:00 p.m.	29,506	3,924
Muestra5	18	13/05/2015	03:00:00 p.m.	29,991	3,913
Muestra6	20	13/05/2015	05:00:00 p.m.	29,712	3,883
Muestra7	22	13/05/2015	07:00:00 p.m.	30,048	3,917
Muestra8	24	13/05/2015	09:00:00 p.m.	29,712	3,883
Muestra9	26	13/05/2015	11:00:00 p.m.	30,048	3,917
Muestra10	28	14/05/2015	01:00:00 a.m.	29,712	3,883
Muestra11	30	14/05/2015	03:00:00 a.m.	30,048	3,917
Muestra12	32	14/05/2015	05:00:00 a.m.	29,712	3,883
Muestra13	34	14/05/2015	07:00:00 a.m.	30,048	3,917
Muestra14	36	14/05/2015	09:00:00 a.m.	30,048	3,917

VARIACIÓN DE PH PRUEBA1



VARIACIÓN DE TEMPERATURA PRUEBA1



RESULTADOS DE PRUEBA 2 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 2°C

Se obtuvo 356 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 3 de Junio de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 172 Kg aproximadamente.

El proceso de fermentación inició a las 7:00 p.m del día 3 de Junio de 2015

MUESTRA #	HOR	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	PH
	A					
Muestra1	0	03/06/2015	07:00:00 p.m.	25,454042	15,813715	5,640230
Muestra2	12	04/06/2015	07:00:00 a.m.	25,068158	3,653185	3,739462
Muestra3	14	04/06/2015	09:00:00 a.m.	24,251144	4,612056	3,853356
Muestra4	16	04/06/2015	11:00:00 a.m.	19,923451	8,698037	3,687926
Muestra5	18	04/06/2015	01:00:00 p.m.	20,901762	6,713347	3,710519
Muestra6	20	04/06/2015	03:00:00 p.m.	17,528772	11,648861	3,689981
Muestra7	22	04/06/2015	05:00:00 p.m.	18,210115	4,050580	3,909458
Muestra8	24	04/06/2015	07:00:00 p.m.	16,480857	4,214749	3,783649
Muestra9	26	04/06/2015	09:00:00 p.m.	15,118854	3,663825	3,909682
Muestra10	28	04/06/2015	11:00:00 p.m.	13,414224	3,444482	3,861448
Muestra11	30	05/06/2015	01:00:00 a.m.	11,796087	2,885359	3,782351
Muestra12	32	05/06/2015	03:00:00 a.m.	11,596077	3,093796	3,834184
Muestra13	34	05/06/2015	05:00:00 a.m.	10,561671	2,722565	3,795783
Muestra14	36	05/06/2015	07:00:00 a.m.	10,109126	2,954040	3,838210

RESULTADOS DE PRUEBA 3 CON CONTROL DE TEMPERATURA A 12°C

MUESTRA #	HORA	FECHA	HORA	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	PH1
Muestra1	0	09/06/2015	07:00:00 p.m.	11,585412	11,612229	3,854821
Muestra2	12	10/06/2015	07:00:00 a.m.	14,046631	10,683972	3,841418
Muestra3	14	10/06/2015	09:00:00 a.m.	15,079709	12,256974	3,898232
Muestra4	16	10/06/2015	11:00:00 a.m.	13,081442	9,996733	4,423551
Muestra5	18	10/06/2015	01:00:00 p.m.	13,917711	11,049434	4,333338
Muestra6	20	10/06/2015	03:00:00 p.m.	12,694192	9,830584	4,278829
Muestra7	22	10/06/2015	05:00:00 p.m.	13,292906	13,754153	4,274187
Muestra8	24	10/06/2015	07:00:00 p.m.	11,399016	8,962354	4,186571
Muestra9	26	10/06/2015	09:00:00 p.m.	11,785576	10,218433	4,285408
Muestra10	28	10/06/2015	11:00:00 p.m.	12,228761	12,582872	4,201210
Muestra11	30	11/06/2015	01:00:00 a.m.	10,674237	8,936794	4,222268
Muestra12	32	11/06/2015	03:00:00 a.m.	11,714629	13,177392	4,318695
Muestra13	34	11/06/2015	05:00:00 a.m.	10,582222	9,431581	4,249210
Muestra14	36	11/06/2015	07:00:00 a.m.	10,703828	9,805790	4,226651

se obtuvo 259 Kg de café recién cosechado, el cual llegó el día 9 de Junio de 2015 a las 5:00 pm a la planta y se hizo un flote para eliminar la pasilla lo más posible y posteriormente despulpar el café donde se agregaron al tanque 130 Kg aproximadamente.

DESCRIPCIÓN DEL
IMPACTO ACTUAL O
POTENCIAL DE LOS
RESULTADOS

Indiscutiblemente éste proyecto de investigación cambiará la perspectiva a nivel mundial de lo que se ha hecho hasta ahora sobre el beneficio del café y su proceso de fermentación. Si el producto logra salir a la venta, servirá como un ícono del avance tecnológico. El simple hecho de experimentar con el control de los parámetros que influyen en el café para lograr un café de excelente calidad hace que se presenten comportamientos totalmente diferentes a lo que se ha logrado, dado que el caficultor suele trabajar en éstos procesos con las tradiciones que se le han inculcado durante generaciones.

El impacto potencial que tiene éste proyecto es que el caficultor o usuario sólo tendrá que solicitar la calidad de café con el valor de pH que elija, los sabores o el cuerpo que quiera que tenga el café y Penagos Hermanos programa el control de la temperatura según la necesidad del cliente y el sistema se encargará de controlar, fermentar y lograr éstos niveles a partir del pH y la temperatura deseada por la persona.

Se podrá lograr café de excelencia y de ésta manera llegar a niveles de competencia de venta y comercio del café que no se ha logrado en Colombia.

CONCLUSIONES



- ❑ Realizar la práctica académica es una excelente experiencia que ayuda a identificar tanto las falencias como habilidades al estudiante mientras se realiza la pasantía. Además, ayuda a que el estudiante aplique las bases teóricas aprendidas durante la carrera profesional en la búsqueda de soluciones a los diferentes problemas planteados para los retos durante la práctica.
- ❑ Se logró desarrollar la programación en LabVIEW para la adquisición de datos de las variables de pH y de temperatura con el fin de lograr un sensado constante en el sistema de fermentación, esto para analizar las muestras por el catador y buscar soluciones al control.
- ❑ Las pruebas realizadas durante la adquisición de datos lograron arrojar resultados inesperados y, por medio de las cataciones de cada muestra de cada prueba se encontraron tazas con niveles excelente de 85 en adelante que ayudan a considerar sus parámetros iniciales para configurar un control con un setpoint a dichos valores.
- ❑ Se desarrollaron diferentes ideas con soluciones para la selección, acoplamiento y configuración del sistema con la instrumentación, las cuales fueron basadas en las diferentes materias de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.
- ❑ Se comprende la gran importancia que tienen las bases teóricas para la puesta en práctica de éstas en el campo laboral.

- ❑ Como recomendación, es indispensable que el estudiante realice pequeñas prácticas o actividades en empresas industriales con el fin de que vaya conociendo en el transcurso de la carrera, lo que se realiza y tome experiencia, para así, cuando llegue a realizar la práctica académica al final de la carrera no le sea tan fuerte el cambio y no se sienta perdido en éste nuevo mundo.
- ❑ Las pruebas realizadas durante los meses de Mayo y Junio de 2015 se realizaron en temporada baja, es decir, cuando la cosecha del café caturra que se recolectaba para las pruebas, tenía baja cantidad de fruto cereza. La temporada alta de cosecha para el café caturra inicia a partir de Septiembre hasta Diciembre en cada año, y las características cambian drásticamente en cada temporada, porque en temporada alta es donde sale el mejor café que se produce en la Hacienda, por lo que el café recolectado para las pruebas anteriormente mencionadas tiene distintas características y lo hace de menor calidad que el otro. Aun así, durante las pruebas de adquisición y control se obtuvieron resultados muy buenos (un porcentaje de catación entre 84 y 86, donde un café sobresaliente tiene un valor de catación de 80 a 85, y un café excelente tiene un valor de catación de 86 a 90 puntos), los cuales, si se analizan, se puede concluir que es posible obtener una fermentación homogénea bajo ciertas condiciones (valores de temperatura y de pH constantes, entre 10 y 15°C para temperatura y, entre 3,8 y 4,2 para pH), independientemente de la calidad del fruto cereza con el que se esté trabajando.
- ❑ Para esta fase 1 del proyecto se hizo solamente el control de la temperatura para observar qué sucedía con el pH, por lo que éstos están sumamente ligados. En la fase 2, se pretende hacer lo contrario, controlar el pH para observar qué sucede con la temperatura y qué efectos tiene sobre las pruebas y los resultados de taza. Adicional, analizar qué resulta de estos experimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Medirtemperatura. Sensor de temperatura. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>
- National Instruments. Sensor de temperatura. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://www.ni.com/white-paper/10635/es/>
- National Instruments. NI 9219. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208789>
- National Instruments. NI cDAQ-9174. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207535>
- National Instrument. Sistema de Desarrollo Base de NI LabVIEW para Windows. Tomado de la red el día 26 de Febrero de 2015. De URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1385>
- Avances Técnicos Cenicafé [Publicación en línea]. Gerencia Técnica. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café, [2012]. [Consulta: Febrero 2 de 2015]. Avt0422.
- Martínez Ramírez, Guillermo Andrés, & Rodríguez Walteros, Carolina. (2007). Diseño y construcción de un biodigestor anaerobio de lecho fijo para operación en continuo a escala piloto con control de temperatura y pH. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

GRACIAS