

**DISEÑO Y PROTOTIPO DE SECADOR DE CAFÉ EXCELSO AUTOMATIZADO
CON SISTEMA SCADA**

INGRID JOHANA GONZÁLEZ SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS, INGENIERÍA MECATRÓNICA
PEREIRA
2014**

**DISEÑO Y PROTOTIPO DE SECADOR DE CAFÉ EXCELSO AUTOMATIZADO
CON SISTEMA SCADA**

INGRID JOHANA GONZÁLEZ SÁNCHEZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniera Mecatrónica**

**DIRECTOR:
ING. Cristian Camilo Cañaveral Avilés**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS, INGENIERÍA MECATRÓNICA
PEREIRA
2014**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado:

Firma del presidente del jurado:

Firma del presidente del jurado:

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres, porque creyeron en mí, porque con su esfuerzo y dedicación pude salir adelante, dándome ejemplos dignos de respeto, humildad, superación y entrega, porque gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta. Porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia para conseguir mis objetivos.

Mil palabras no alcanzarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en todo momento. Espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy infinitas gracias a Dios por protegerme durante todo mi camino y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional culminando esta etapa tan especial de mi vida.

Agradezco también a mis padres por su apoyo brindado durante mi carrera, en mis logros, por la confianza, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A todos mis profesores, gracias por su tiempo, por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación. A los ingenieros Camilo Cañaverl Avilés, Jeisson Alexander Arenas Ocampo, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente, agradezco a todas las personas que directa o indirectamente hicieron parte de este trabajo, por todas las explicaciones, por su apoyo y conocimientos; hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

A todos ellos muchas gracias.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. INFORMACIÓN PRELIMINAR	11
1.1 ESTADO ACTUAL DE LOS PROCESOS DE SECADO.....	11
1.2 AUTOMATIZACION DE LOS PROCESOS DE SECADO	12
2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	14
2.1 DESCRIPCION	14
3. VARIABLES QUE INTERFIEREN EN EL PROCESO DEL SECADO DE CAFÉ	17
3.1 VARIABLES EVALUADAS EN ESTE PROYECTO:.....	17
3.1.2 HUMEDAD RELATIVA:.....	17
4. INSTRUMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	19
4.1 VARIABLES DE PROCESO	19
5. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	20
5.1 ACTUADORES	20
5.2 CONTROL POR MEDIO DE MICROCONTROLADORES.....	20

5.2.1 PROCESAMIENTO Instrumento virtual. Esquema eléctrico realizado en software FRITZING.	20
6. SISTEMA SCADA.....	22
6.1 USO DEL Labview®.....	22
6.1.1 DISEÑO SCADA EN EL SOFTWARE Labview®	23
6.2 USO DE LA TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO.	24
6.3 PLATAFORMA CON IP - HTML.....	24
6.4 PRUEBAS EXPERIMENTALES:.....	26
CONCLUSIONES	27
RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de bloques del sistema	155
Figura 2. Silo Real	155
Figura 3. Diseño secador de café en SolidWorks®.....	155
Figura 4. Vista sección Secador	166
Figura 5. Plano Secador	166
Figura 6. Plano Secador	166
Figura 7. Plano puerta	166
Figura 8. Plano pasador.....	167
Figura 9. Prototipo mecánico Secador.....	167
Figura 10. Sensor LM35	199
Figura 11. Sensor RHT03.....	23
Figura 12. Esquema electrico secador.....	¡Error! Marcador no definido.1
Figura 13. Plano funcional secador.....	241

Figura 14. SCADA en Labview®.....253

Figura 15. Código comunicación Arduino y Labview®**¡Error! Marcador no definido.**4

Figura 16. Plataforma HTML..... **¡Error! Marcador no definido.**5

Tabla 1. Especificaciones del equipo.....20

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la competitividad es uno de los principales objetivos de los productores de café, para esto se pretende tener un producto final de buena calidad por lo que se requiere de un proceso de secado rápido y de bajo costo, por esto se desea implementar una interfaz SCADA para la medición y el control del proceso de secado del café, el cual, involucra variables tales como: el encendido y apagado del ventilador, encendido y apagado del calentador, medición de la temperatura y humedad del horno. Controlando estas variables, podemos supervisar el proceso de una manera más eficiente y, así, obtener un producto final de buena calidad.

Para la ejecución de este proyecto es necesario que los cafeteros dispongan de conocimientos e implementos adecuados, pretendiendo incrementar la producción de café de la zona, aumentar la productividad de los cultivos y proveer fuentes de ocupación de un buen programa de desarrollo para la comunidad. Puede considerarse este proyecto como la más amplia aproximación hacia la automatización del proceso de secado del café; lo cual indica que se les dará el apoyo suficiente para el total desarrollo del proyecto.

De aquí que, en un país como Colombia, dónde el café es uno de los principales productos de exportación; el sector cafetero necesita incrementar la producción pero sin dejar de lado la condición del café. Para alcanzar este objetivo, la etapa más importante es la de secado, la cual determina la calidad de este, sin embargo, esta etapa es de mucho cuidado, pues lleva tiempo y supervisión, lo que puede generar altos costos de producción.

Para lograr lo anteriormente mencionado, el proyecto “Diseño y prototipo de secador de café excelso automatizado con sistema SCADA” pretende diseñar y construir el prototipo automatizado de un secador de café con sistema SCADA para café excelso.

Para llevar a cabo el desarrollo de este diseño, se plantearon las siguientes etapas:

- Inicialmente, se diseña y construye un prototipo del secador de café.
- Luego, este prototipo, se instrumenta para el control de temperatura y humedad relativa.

- Finalmente, se implementa un sistema de control por Labview® y Arduino creando un sistema de supervisión del control y adquisición de datos (SCADA).

1. INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 ESTADO ACTUAL DE LOS PROCESOS DE SECADO

En la mayoría de las fincas cafeteras en Colombia se seca el café en forma natural o artificial dependiendo del área cultivada y la capacidad económica del caficultor. El secado de forma natural, que consiste en extender el grano en patios para que el sol los seque, y aprovechar de la mejor forma la energía solar transformada en forma de calor. Esta se puede obtener todo el tiempo, no contamina, es gratuita y es para todos. La cantidad y la intensidad de los rayos del sol que llegan a la tierra dependerán de varios factores:

- La posición del sol en relación con la tierra, lo cual cambia según la época del año.
- Las condiciones del cielo: nubes, lluvia, viento, humo, entre otras.

Es importante aprovechar al máximo la energía del sol que en conjunto con el viento, ayuda a remover la humedad de los granos de café, tarda bastante tiempo a causa de las condiciones climatológicas; muchas zonas cafeteras del país no son apropiadas para secar café al sol, debido a la humedad del ambiente o por las bajas temperaturas. Por lo cual los productores no cumplen con sus expectativas económicas debido a que un grano húmedo no vale igual que un grano seco.¹

El café se debe secar inmediatamente se ha cosechado, esto con el propósito de eliminar la humedad del grano, para evitar sabores y olores indeseados lo cual también facilita su almacenamiento. Con el proceso de secado del café lo que se busca es conservar la calidad del café excelso Colombiano.

Cuando se habla de secar el café de forma artificial o secado por aire caliente el principal principio de estos equipos es secar el grano calentándolo a temperaturas no mayores a 50 °C, se aceptan 90 °C cuando el grano está muy húmedo. Existen cuatro tipos de secadores: Wiken, Guardiola, Torres y Moreira. Todos ellos se basan en el principio de aventar aire caliente al grano. Entre estos secadores uno de los más usados en el secador Guardiola, este secador consiste en un cilindro perforado en el cual se coloca el café al aire se hace circular desde el centro del cilindro a través de la masa de café, es un secador discontinuo cada carga se seca entre 30 y 36 horas, la capacidad es de 2.25 toneladas de café.

¹Coronado, A., Roa, G., Tascón, C., 2008. Recomendaciones para el Manejo Eficiente de los Secadores Mecánicos de Café Pergamino.

En esta área se han desarrollado proyectos como lo son la automatización de un secador de semillas por aire caliente constante de 50°C.², en el cual se registraron las variables del proceso de secado, transmitiendo la información captada a través de internet.³; Y puede reconocerse un valor extra, con el hecho de que puedan utilizarse antes y después de la cosecha del café para algunas de las siguientes actividades:

- Secado de granos básicos como maíz, frijol, semillas, entre otros.
- Secado de leña y madera.
- Maduración de frutas, principalmente plátano (más dulce y más rápido).
- Deshidratación de frutas.
- Germinación de semillas de hortalizas como repollo, coliflor, acelga, tomate, col, etc.

En otros casos se ha realizado el control de temperaturas en secadores rotativos como estrategia eficiente utilizando micro-controladores.⁴. Estos elementos pueden diseñarse de diferentes maneras para integrarse a diferentes equipos de secadores, incrementando la calidad del producto al obtener un grano más limpio, sin manchas y con mejor aprovechamiento del espacio físico para el secado del café.

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de café, ya que el contenido de humedad (10-12%), es sin duda la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar que se deterioren, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla.

1.2 AUTOMATIZACION DE LOS PROCESOS DE SECADO

La automatización del secador ofrece gran versatilidad en la experimentación del secado del café, lo cual redundará además de una mejor eficiencia y calidad,

²Solano, J.F., 2002. Diseño, Construcción y Evaluación de un Secador Desarmable con Destino a Pequeños y Medianos Caficultores.

³Saavedra, J., Puente, L., González, G. Camousseigt, I., 2008. Automatización de un Secador Convectivo de Aire Caliente para Fines de Docencia en Ingeniería de Alimentos.

⁴Castaño, F., Sánchez, I., Gómez, J., 2007. Automatización de una Secadora Rotativa.

disminuyendo hasta en un 40% el tiempo de secado evitando el sobrecalentamiento del grano y un 100 % el riesgo de contaminación por basuras, polvo y animales.

En los secadores automatizados: tipo silo se ha controlado la temperatura mediante la técnica ON-OFF⁵ reduciendo hasta el 50 % del trabajo físico requerido, principalmente en beneficio de mujeres y niños.

1.2.1 SCADA "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control de Supervisión y Adquisición de Datos): Es un sistema de supervisión y control de variables de procesos a distancia, logrando una comunicación entre el proceso y el usuario que podría estar en cualquier lugar del mundo.

La comunicación se logra con dispositivos de campo o controladores autónomos que están en el proceso y, que a su vez, están controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado. Cabe aclarar que este proceso puede estar monitoreado no sólo por un único usuario sino también por varios usuarios pudiendo limitar el acceso y control para algunos de ellos.

A lo largo de los años los sistemas SCADA han tenido un gran progreso en términos de funcionalidad, desempeño y accesibilidad ya que son una alternativa para el desarrollo de la domótica desde el sistema más simple hasta los más complejos sistemas de control industriales.

⁵Marjan, J., Abbas, K., Farshad, A., 2009. A Microcontroller-Based Monitoring System for Batch Tea Dryer.

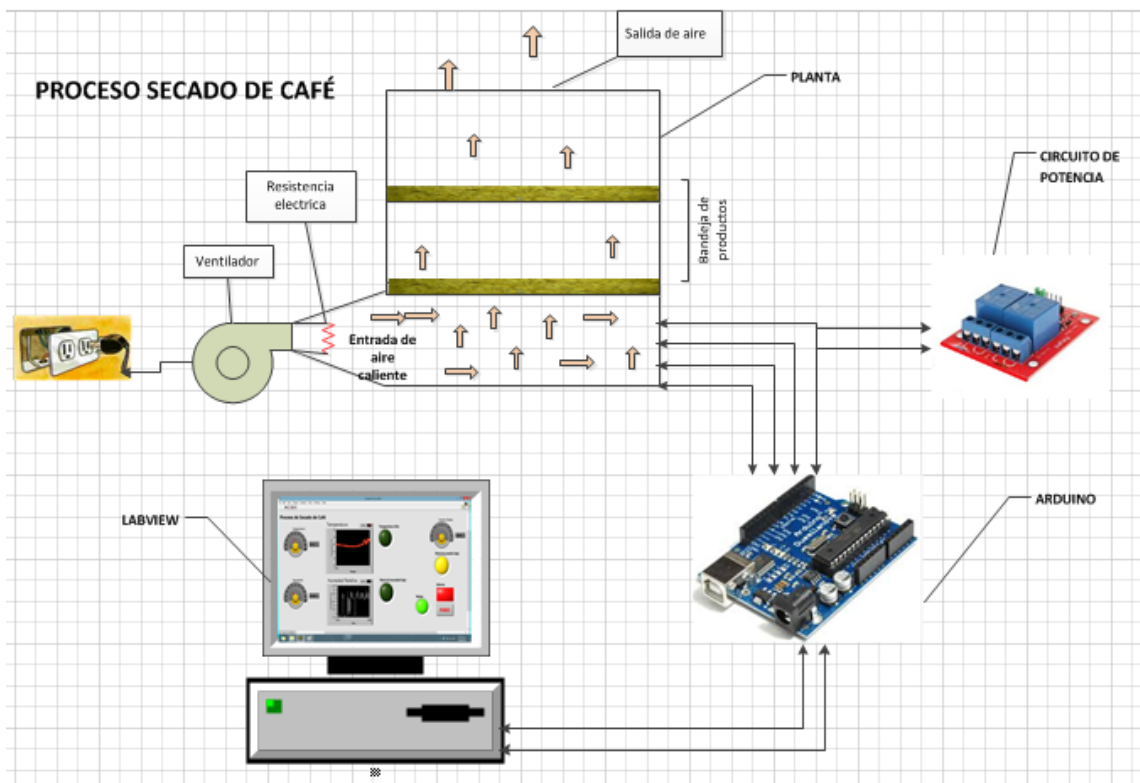
2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Inicialmente, el proyecto se tenía previsto desarrollarse mediante los programas Indusoft® y XC-PRO, ya que son complemento en la elaboración de interfaces graficas de usuario para la supervisión, control y adquisición de datos; además de ser potentes en la construcción de los programas. No obstante, se decidió trabajar con una interfaz más amigable, fácil de programar y factible para este proyecto, conocido como, LABVIEW® trabajando conjuntamente con una tarjeta de desarrollo ARDUINO y una plataforma ANDROID, que facilitan la ejecución de un sistema SCADA.

2.1 DESCRIPCION

A continuación se detallan los criterios y conceptos utilizados para el desarrollo del sistema, teniendo en cuenta así las exigencias del secador de café. El proyecto se adelantó de forma modular, es decir, la implementación de un sistema de control por Labview® y arduino, que conforman un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, con el fin de obtener un desarrollo sencillo de este proceso.

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema



Fuente: Elaboración propia.

El diseño del secador de café está basado en un silo de tamaño real, y lo que el proyecto “Diseño y prototipo de secador de café excelso automatizado con sistema SCADA” pretende es construir una interfaz gráfica, en el cual se pueda recrear con espacio y dimensiones a escala, las variables generadas por un silo. Además de desarrollar un secado eficiente, buscando mejorar el proceso y poder disminuir el trabajo hombre-máquina, debido que es muy arduo pues, este tipo de mecanismos necesitan de una gran cantidad de tiempo y supervisión al momento del secado, y la persona que está en este caso supervisando el proceso no puede dejar que la temperatura aumente en el interior del secador, ya que podría alterar física y químicamente el producto.

Para el desarrollo de este capítulo se tuvo en cuenta el funcionamiento específico del equipo y las variables que podían ser ajustadas. Desarrollando las siguientes actividades:

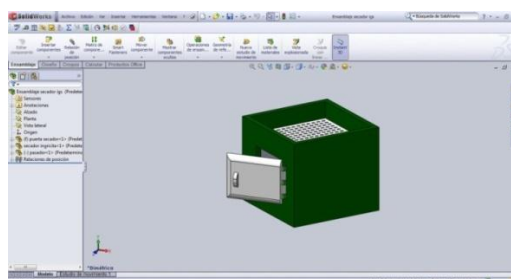
- El secador se diseñó, mediante ingeniería inversa usando el programa SolidWorks®.

Figura 2. Silo real.



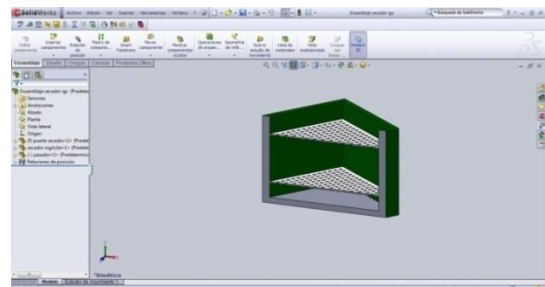
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Diseño secador de café en SolidWorks®
Secador



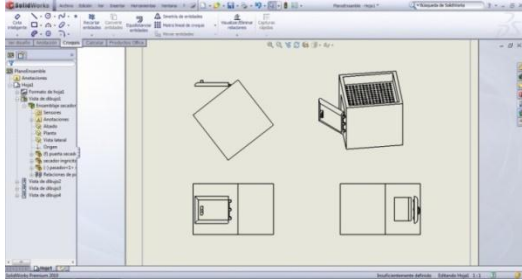
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Vista sección



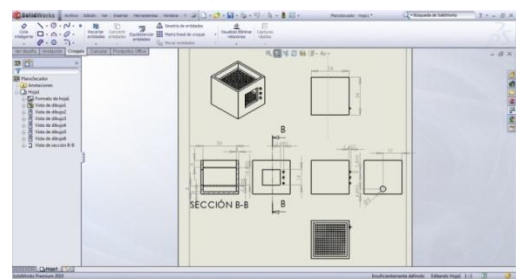
Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Plano Secador



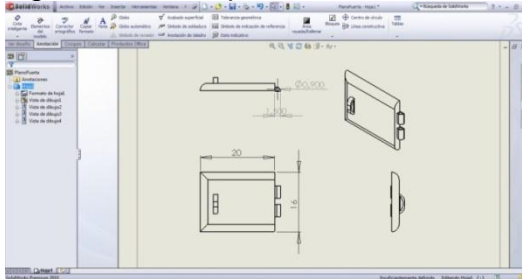
Fuente: Elaboración propia
propia

Figura 6. Plano Secador



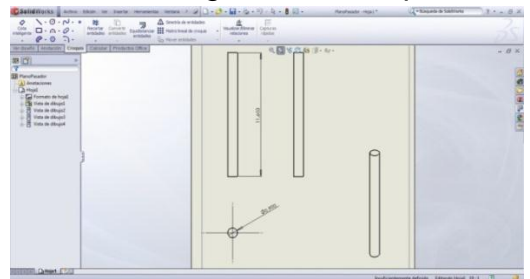
Fuente: Elaboración

Figura 7. Plano puerta



Fuente: Elaboración propia
propia

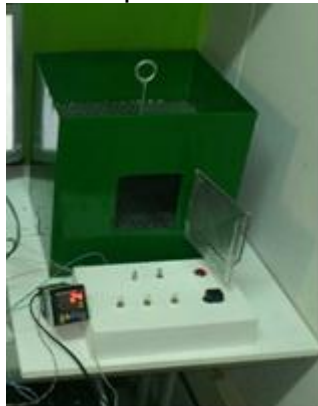
Figura 8. Plano pasador



Fuente: Elaboración

- **Procesamiento:** Partiendo del diseño elaborado en SolidWorks® se realizó el prototipo de secador de café mediante lámina y procesos convencionales.

Figura 9. Prototipo mecánico Secador



Fuente: Elaboración propia

3. VARIABLES QUE INTERFIEREN EN EL PROCESO DEL SECADO DE CAFÉ

En el proceso de secado, el principio básico es calentar el aire del interior mediante una ventilación, disminuyendo de esta manera su humedad relativa. Este aire es caliente y es importante mantener una temperatura constante de 50°C este proceso se da cuando se presenta transferencia de calor y masa, al contacto con el café húmedo, tiende a absorber agua como son la humedad interna y el líquido evaporado de las superficies del grano. Debido a las diferencias de temperatura existentes entre el aire del interior y del exterior se da una circulación de éste por el fenómeno de convección natural, de esta forma el café perderá gradualmente la humedad.

Existen algunos elementos que influyen en el secado de café:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Presión estática
- Flujo de aire

3.1 VARIABLES EVALUADAS EN ESTE PROYECTO:

3.1.1 TEMPERATURA: La temperatura es difícil de definir, ya que no es una variable tangible. Debido a su propiedad física permite asegurar si dos o más cuerpos están a la misma temperatura, esto quiere decir que la temperatura es la magnitud física que mide cuán caliente o frío se encuentra un objeto. Y no debe exceder 50°C.

- **ALTAS:** Causan el endurecimiento de la superficie y dificultan la salida de la humedad del interior de este; dañan la apariencia del grano (decoloración, cristalizados) y su calidad.; pérdidas de peso y problemas en el pilado; provoca la expulsión del embrión del grano.
- **BAJAS:** Retardan el secado y lo hacen más costoso; si el grano tiene mucha humedad causa problemas al almacenamiento, ataque de hongos, pérdida del sabor, etc.; riesgo de la calidad del producto.

3.1.2 HUMEDAD RELATIVA:

La humedad relativa del aire es el porcentaje de humedad que posee en ese momento, en relación al máximo contenido de humedad que podría tener en esas condiciones. Cuando se dice que el aire tiene 75% de HR, quiere decir que le

faltan 25% para llegar al máximo de humedad. Pero la humedad que puede contener como máximo un aire depende de la temperatura a que se encuentre. Cuanto más caliente se encuentre el aire, mayor es la cantidad de humedad que puede recibir.

Resulta conveniente conocer la HR y la temperatura del aire exterior en la propia planta de acopio para saber cuáles son, a veces, las causas de diferentes comportamientos de la secadora, pero además son valores fundamentales para la correcta aireación de los granos en los silos de almacenamiento.

Cuando un grano se encuentra durante un tiempo suficientemente prolongado en un ambiente con determinada humedad relativa y temperatura, adquiere un contenido de humedad en equilibrio con dicho ambiente, es decir, no absorbe ni pierde agua, mientras el ambiente, por supuesto, no varíe su humedad y temperatura.

4. INSTRUMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

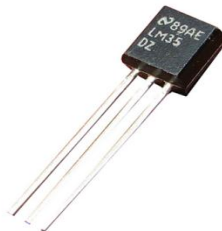
La temperatura y humedad relativa como variables del proceso están presente en casi todas las actividades producción, así: se requiere controlar la temperatura y la humedad relativa en los silos de café.

Los instrumentos utilizados para el desarrollo de este capítulo en la medición de estas variables son:

4.1 VARIABLES DE PROCESO

4.1.1 Temperatura: Se implementa un sensor de temperatura **LM35** externo, cuyo rango de funcionamiento es (-55°C a 150°C), la tensión de salida varia por 10mV en respuesta a cada °C de aumento/descenso de la temperatura ambiente, es decir, su factor de escala es 0.01V por cada °C. Además de ser un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica.

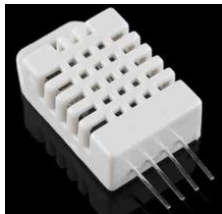
Figura 10. LM35



Fuente: Datasheet

4.1.2 Humedad Relativa: Se implementa un sensor de humedad relativa RHT O3, cuyas características son: Entrega de 3.3 – 6V; Corriente 1 – 1.5mA; Humedad 0 a 100 %HR; Rango de temperatura de (-40°C a 80°C) y cuenta con una precisión de + -2% de HR y + -0.5°C.

Figura 11. SENSOR RHT O3



Fuente: Datasheet

5. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

5.1 ACTUADORES

En el beneficiado húmedo del café existen áreas de consumo de energía eléctrica una de ellas es el secado mecánico. Básicamente el equipo utilizado para esta operación de producción es un motor eléctrico el cual activa el ventilador del secador.

Además, toda instalación eléctrica debe cumplir con exigencias para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos; y así poder brindar seguridad a los usuarios. Algunas características son:

- Confiable: Para que cumpla el objetivo en todo sentido.
- Eficiente: Para que la energía se transmita con la mayor eficiencia.
- Económica: Para que el costo final sea adecuado a las necesidades específicas.
- Segura: Garantizando la seguridad de las personas.

Asimismo, se debe tener en cuenta la condición de trabajo del equipo para poder obtener una eficiencia en el consumo de energía eléctrica.

Tabla 1. Especificaciones del equipo

SECADOR DE CAFÉ 50 arroaz / Especificaciones del equipo	
Para la alimentación del secador se utilizan bandas transportadoras, tornillos sinfín o bombas sumergibles.	
COMPONENTES	
VENTILADOR	También llamado caracol – eje con aspas y una carcasa
MOTOR 3 HP	Utiliza una carga de 220 V para mover el ventilador
CABLE CALIBRE # 8	Acometida transformador-contador eléctrico- caja de tacos
VALVULA DE GAS /REGULADOR	Se suele utilizar una válvula de expansión para controlar gases

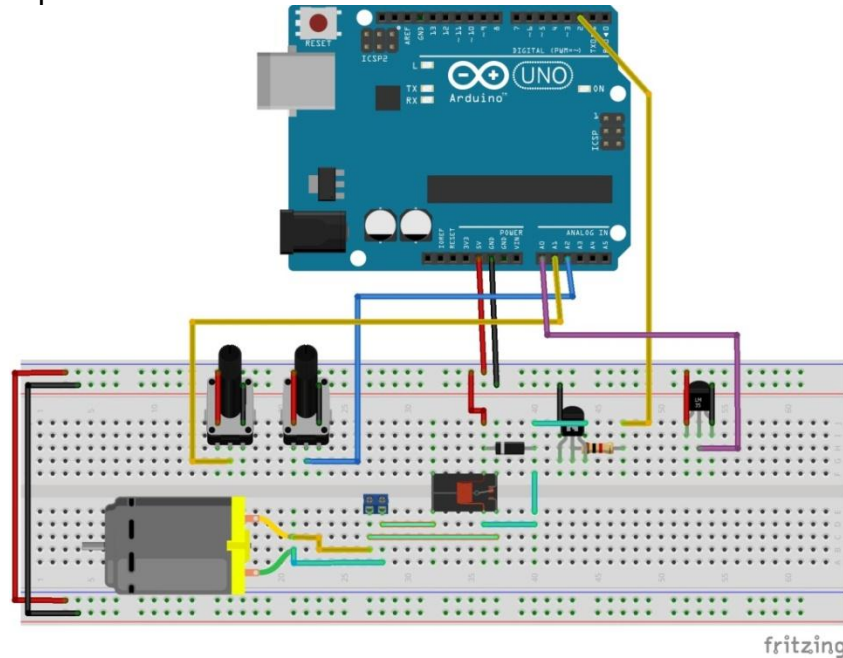
Fuente: Elaboración propia

5.2 CONTROL POR MEDIO DE MICROCONTROLADORES

5.2.1 PROCESAMIENTO Instrumento virtual. Esquema eléctrico realizado en software FRITZING.

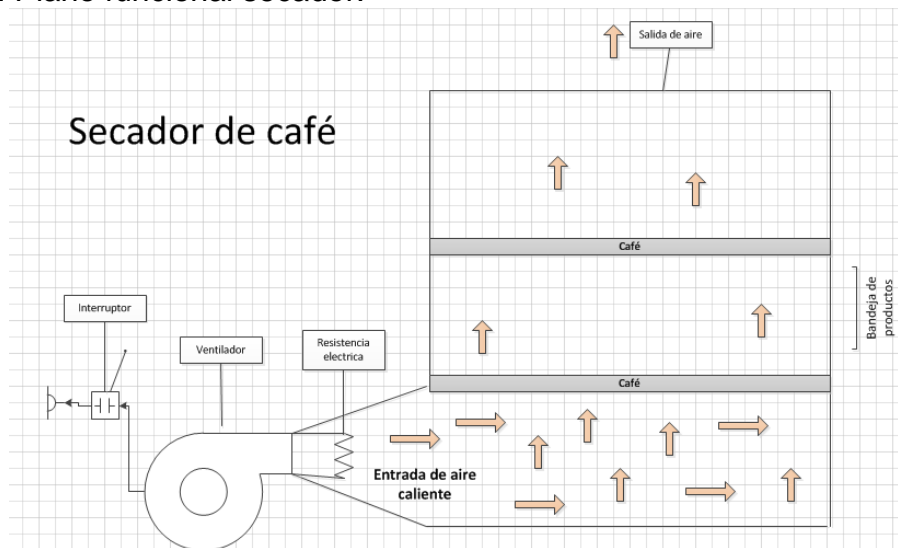
La herramienta virtual permite al usuario tener una visión más clara con respecto al diseño y funcionamiento del sistema, y de esta manera ir ajustando los detalles que sean necesarios para un óptimo desempeño.

Figura12. Esquema eléctrico secador.



Fuente: Elaboración propia

Figura13. Plano funcional secador.



Fuente: Elaboración propia

El aire es producido por un ventilador y por consiguiente pasa por un conducto que posee una resistencia y se encarga de calentar el aire a una temperatura de 50°C.

6. SISTEMA SCADA

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó Labview® versión.2012, trabajando conjuntamente con ARDUINO y una plataforma ANDROID, facilitando la ejecución del sistema SCADA; así, de este modo ejecutar tareas de programación de forma fácil y dinámica, con el fin de mejorar el proceso de secado de café, integrando el prototipo con un sistema de control de temperatura y humedad relativa. Además de un sistema de supervisión de control y adquisición de datos, el cual tiene ventajas, como lo es el menor requerimiento de espacio para secar, reduce la mano de obra, disminuye el tiempo de secado y conserva la calidad del producto.

A continuación, se establecen algunos puntos a tener en cuanto para el desarrollo de sistema SCADA.

- El manejo del sistema SCADA por el usuario debe ser sencillo. Este punto indica la necesidad de crear una interfaz amigable.
- La temperatura máxima que soporta el secador para el proceso de secado de café es de 50 °C, por ello se emplea un sensor de temperatura LM35.
- La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad obtenida en el interior del secador, por ello se maneja el sensor de humedad RHT03.

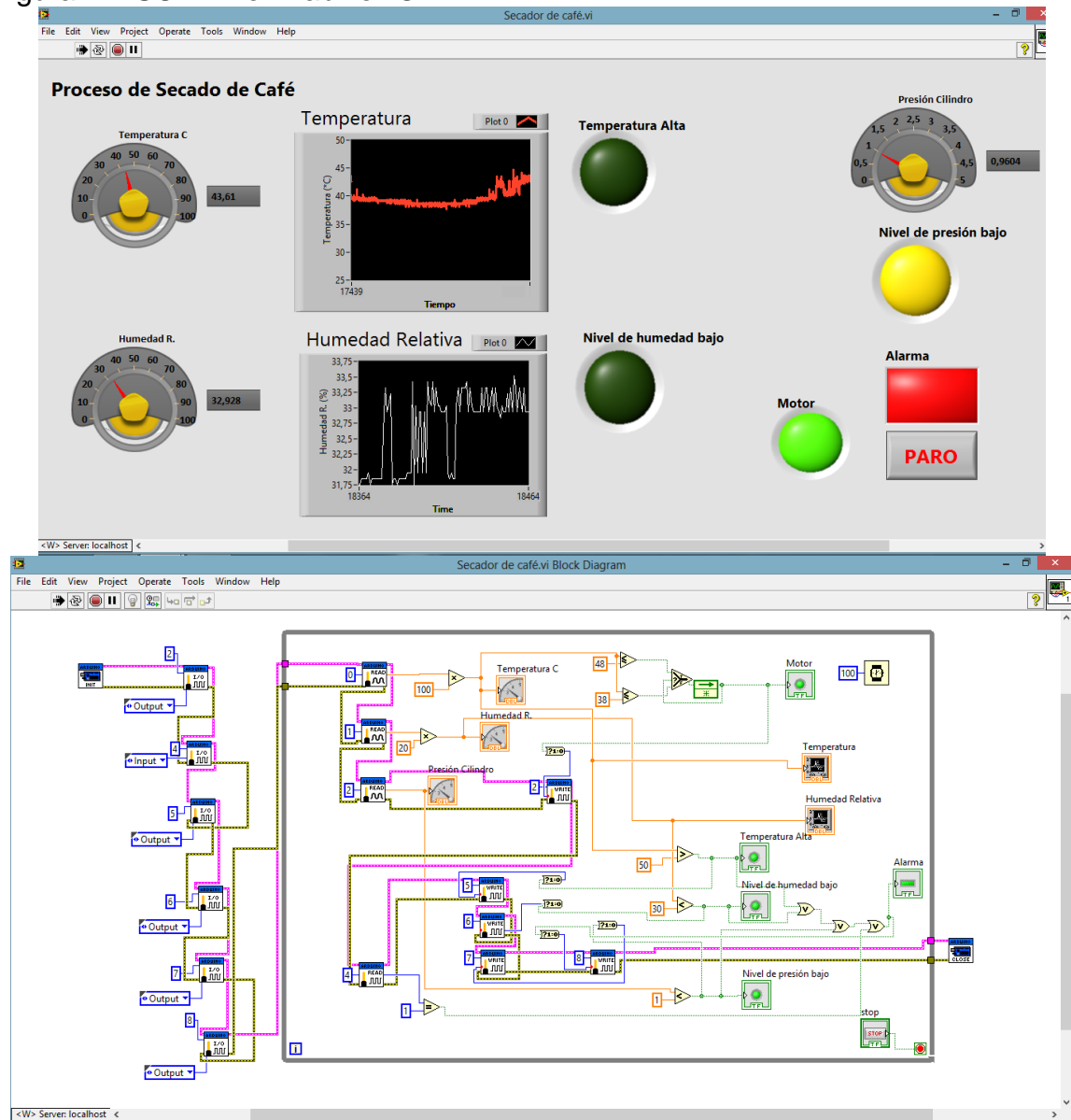
Para esto se contó con las siguientes herramientas:

6.1 USO DEL Labview®

El software es ideal para cualquier sistema de medidas y control y el núcleo de la plataforma de diseño. Al integrar todas las herramientas que se necesitan para construir una amplia variedad de aplicaciones en mucho menos tiempo. Labview® es un entorno de desarrollo para solucionar problemas con constante innovación.

6.1.1 DISEÑO SCADA EN EL SOFTWARE Labview®

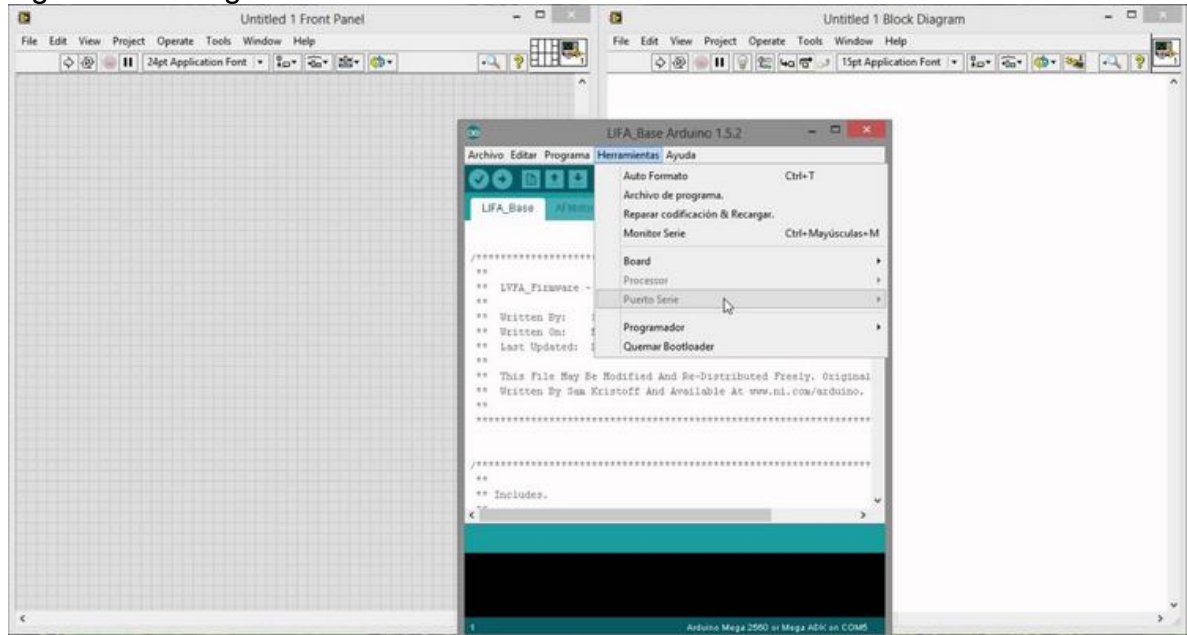
Figura 14. SCADA en Labview®



Fuente: Elaboración propia.

6.2 USO DE LA TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO. Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo.

Figura 15. Código comunicación Arduino con Labview®.



Fuente: Elaboración propia.

6.3 PLATAFORMA CON IP - HTML

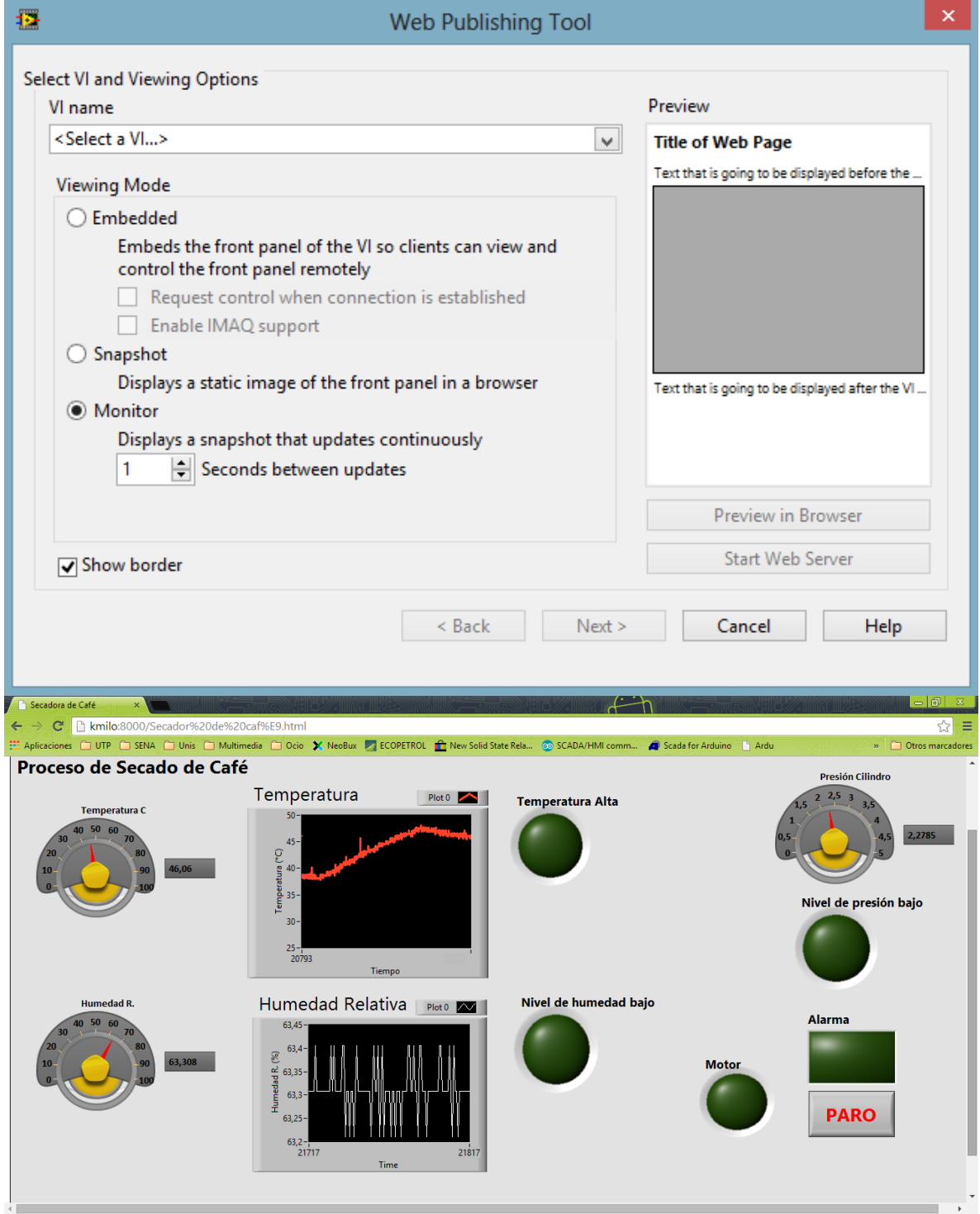
Siglas de lenguaje de marcas de hipertexto. Es el lenguaje de marcado predominante para la construcción de páginas web. Es usado para describir la estructura y el contenido en forma de texto con objetos tales como imágenes. Por convención, los archivos de formato HTML usan la extensión *.htm* o *.html*

Para publicar la interfaz a la web en tiempo real:

Web publishing tool

Web server (National Instruments) su función es convertir o publicar un instrumento virtual en una dirección IP (HTML)

Figura 16. Plataforma HTML.



Fuente: Elaboración propia.

6.4 PRUEBAS EXPERIMENTALES:

Antes de cualquier aplicación es necesario realizar pruebas con el fin de observar si todos sus componentes y/o elementos se encuentran en buen estado de funcionamiento.

- Para el control - funcionamiento del secador de café se emplea directamente la programación elaborada en el programa Labview®.
- Para la medición de temperatura se utilizó el sensor de temperatura LM35, que se encuentra en el interior del secador.
- Para la medición de humedad relativa se utilizó el sensor RHT03.
- Finalmente, se rectifican las conexiones del proyecto para dar activación al sistema.
- Anexo presentación proyecto completamente funcional - SCADA.

CONCLUSIONES

Con los conocimientos, técnicas y estrategias adquiridas en el ciclo de Ingeniería Mecatrónica se pudo dar el siguiente cumplimiento.

- Para la implementación del equipo se tenía que conocer su funcionamiento, para esto fue necesario el estudio de manuales de operaciones y a la vez tener conocimiento en el programa Labview® que nos facilita una visualización en tiempo real, permitiendo al usuario monitorear, controlar y detener el proceso en caso de ocurrir fallas.
- El funcionamiento del sistema desarrollado cumplió con lo requerido, para medir las variables es decir la temperatura y humedad relativa dentro de un proceso de secado de café.
- Al mismo tiempo, se logró generar dentro de la aplicación grafica, una herramienta que permite obtener las curvas de secado en tiempo real.
- Finalmente, mediante el sistema SCADA se pudo realizar monitoreo, control y adquisición de datos de las variables del sistema.

RECOMENDACIONES

Se sugiere a futuros interesados que al proyecto se le pueden evaluar las siguientes variables que interfieren en el proceso de secado del café.

- Presión estática
- Flujo de aire

BIBLIOGRAFÍA

CASTAÑO, F., SÁNCHEZ, I., GÓMEZ, J. Automatización de una Secadora Rotativa. s.l. 2007. {En línea}. {Consultado en Noviembre 07 de 2012}. Disponible en:

URL<http://www.apca.pt/~apca_docs/CONTROLO2000/Papers/C2000_F03.pdf>

CORONADO, A., ROA, G., TASCÓN, C. Recomendaciones para el Manejo Eficiente de los Secadores Mecánicos de Café Pergamino. Brasil. p.7. 2008. {En línea}. {Consultado en Noviembre 16 de 2012}. Disponible en:

URL<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n4/v12n04a14.pdf>>

DELMAR CRUZ, Palacios. Red Regional para el apoyo a las asociaciones de pequeños productores de café. Guatemala. p.13. {En línea}. {Consultado en Noviembre 07 de 2012}. Disponible en: URL

<http://www.cafeycaffe.org/web/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=112&Itemid=14&lang=es>

MARJAN, Javanmard. K.A., Abbas. FARSHAD, Arvin. A Microcontroller-Based Monitoring System for Batch Tea Dryer. Canadá. p.6. 2009. {En línea}. {Consultado en Noviembre 16 de 2012}. Disponible en: URL

<<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/2755>>

Saavedra, J. Puente, L. González, G. Camousseigt, I. Automatización de un Secador Convectivo de Aire Caliente para Fines de Docencia en Ingeniería de Alimentos. Chile. p.8. 2009. {En línea}. {Consultado en Noviembre 14 de 2012}. Disponible en: URL

<<http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n4/art02.pdf>>

SOLANO OSORIO, Jair Fernando. Diseño, construcción y evaluación de un secador desarmable con destino a pequeños y medianos caficultores. Colombia. 2002. p.81. {En línea}. {Consultado en Noviembre 16 de 2012}. Disponible en: URL

<http://es.scribd.com/doc/166720871/Diseno-de-un-equipo-para-secado-de-cafe>

LAJARA, José Rafael; Pelegrí Sebastià, José. LabVIEW [recurso electrónico] : Entorno gráfico de programación 2a Ed. {Consultado en 2011} Disponible en: URL <<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/cgiolib/keyword=labview&session=15370603&infile=presearch.glue>>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. VILLARROEL, José Alberto, VILLARROEL, José Mauricio. Diseño e implementación del sistema control RFID. [En línea]. Ecuador. 2010. Disponible en internet: <URL: <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2401>>

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. PATIÑO PATARROYO, Andrea Marcela, VILLAMIZAR RIVERA, Edgardo Jesús. EDAN PARK. [En línea]. Bucaramanga, Colombia. Disponible en Internet: URL: <http://expoelectronica.upbbga.edu.co/pdf_2006_vii/EDANPARK.pdf>

PONCE CRUZ, Pedro; Molina Gutiérrez, Arturo. Fundamentos de LabVIEW [recurso electrónico] {Consultado en 2011} Disponible en: URL <<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/cgiolib/keyword=labview&session=15370603&infile=presearch.glue>>

HOLGUIN LONDONO, German Andres.; Perez Londono, Sandra Milena; Orozco Gutierrez, Alvaro Angel. Curso basico de labview version 6i {Consultado en 2002} Disponible en: URL <<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/cgiolib/keyword=labview&session=15370603&infile=presearch.glue>>

BISHOP, Robert H. Labview student edition 6i {Consultado en 2001} Disponible en: URL <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/2755>>

Ertugrul, Nesimi. Labview [recurso electrónico] For electric circuits, machines, drives, and laboratories {Consultado en 2002} Disponible en: URL <<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/cgiolib/keyword=labview&session=15370603&infile=presearch.glue>>

Perez Londono, Sandra Milena; Holguin Londono, German Andres.; Orozco Gutierrez, Alvaro Angel. Disponible en: URL

<<http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/cgi-olimp?keyword=labview&session=15370603&infile=presearch.glue>>
Revista Española de Electronica, p.550. {Consultado en 2000} Labview 6i:
aplicaciones de medida preparadas para internet.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Modelación de sistemas utilizando Simulink. Quito, Ecuador. p. 7. {En línea}. {Consultado en Enero 16 de 2013}.
Disponible en: <http://ciecfie.epn.edu.ec/ccontrolc/laboratorios/cautomatico/pag-nueva/hojas_guia/PRACTICA4.pdf>

FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA MARTOS, Gonzalo. Creación de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) con MatLab. Salamanca, España. 2007. p. 18. Universidad de Málaga. {En línea}. {Consultado en Junio 22 de 2012}. Disponible en:
URL: <<http://webpersonal.uma.es/de/gfdc/docencia/GUIsection.pdf>>

MARRERO EXPOSÍTO, Carlos. Interfaz gráfica de usuario; Aproximación semiótica y cognitiva. Tenerife, España. 2006. p. 42. Universidad de la Laguna. {En línea}. {Consultado en Junio 23 de 2012}. Disponible en: URL:
<http://www.chr5.com/investigacion/investiga_igu/igu_aproximacion_semio-cognitiva_by_chr5.pdf>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Configuración del sistema de adquisición de datos mediante PC. Murcia, España. p. 18. {En línea}. {Consultado en Junio 22 de 2012}. Disponible en:
URL: <http://wsdetcp.upct.es/Personal/Vgarceran3/Practica_1B.pdf>

UNIVERSIDAD ARGENTINA JHON F. KENNEDY. Modulo de adquisición de datos informática industrial. Argentina. p. 40. {En línea}. {Consultado en Julio 22 de 2012}. Disponible en:
<<http://uajfk2002tripod.com/gm2/adquisicion-datos.pfd>>

VIDAL SILVA, Cristian. PAVESI FARRIOL, Leopoldo. Desarrollo de un sistema de adquisición y tratamiento de señales. Chile. p. 8. {En línea}. {Consultado en Julio 22 de 2012}. Disponible en URL: <<http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v13n1/art05.pdf>>