

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA PARA MONITOREO DE CONEJOS
Y COMPOST

JORGE ANDRÉS PEÑA AGUIRRE
GERMÁN EDUARDO WILCHES CABRERA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA
2013

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA PARA MONITOREO DE CONEJOS
Y COMPOST

JORGE ANDRÉS PEÑA AGUIRRE
GERMÁN EDUARDO WILCHES CABRERA

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO
AGUSTÍN SOTO
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA

2013

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

22 de Marzo del 2013

DEDICADO A

“A: Mi madre Luz Mery, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Mi padre Nelson, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su sabiduría que fue escuchada a la hora de culminar cada paso de mi proyecto.

Mi hermana, Leidy Johanna, mi tío, José Antonio, mi abuelita, Elvira, y a mi querida Mildrey, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Aquellos a los que no menciono y aportaron a nuestro proyecto, mil gracias.”

JORGE ANDRES PEÑA

“A mi mamá, quien dedicó y sacrificó todo de ella para darme la oportunidad de ser un hombre de buenos valores, este trabajo es para ti, eres el motor que alimenta mi vida y las palabras no alcanzan para expresar la gratitud y amor que siento por ti.

Mi hermana Viviana, me enseñas cada vez más que el esfuerzo, disciplina y perseverancia son algunas de las claves del éxito. Eres más que un ejemplo a seguir,

A mí querida Lorena quien fue un apoyo, una gran motivación en buenos y malos momentos. Me inspiraste empuje y grandes chispas de esfuerzo. Te amo.

Mis amigos Leandro, Alejandro, por compartir momentos de felicidad y tristeza. Todos aquellos que no recuerdo en este momento y familiares. Todos forman parte de este logro alcanzado.”

GERMAN WILCHES

TEXTO DE AGRADECIMIENTO

A Dios quien vio el deseo de nuestro corazón y permitió que se realizara.

A nuestros padres, quienes apoyaron las traspas, creyeron en nuestras habilidades y capacidades. Una vez más, fueron partícipes de un logro en nuestras vidas.

A nuestro director de proyecto de grado Agustín Soto y a los ingenieros Vladimir Mosquera y José de Jesús Salgado que enriquecieron nuestros conocimientos e hicieron posible el desarrollo de este trabajo, quienes con su dedicación, tiempo e interés, lograron orientar y materializar los deseos de llevar a cabo un trabajo investigativo que aportará a nuestro proyecto de vida personal y profesional.

Unas sinceras gracias.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	17
2. OBJETIVOS	21
2.1. GENERAL	21
2.2. ESPECÍFICOS	21
3. ANTECEDENTES	22
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1. CUNICULTURA	24
4.2. COMPOST	25
4.3. ETAPAS DEL PROYECTO	26
4.3.1. Captura de señales	27
4.3.2. Acondicionamiento de las señales de peso	29
4.3.3. Acondicionamiento de la señal de pH	30
4.3.4. Adquisición de datos	31
4.3.4.1. Microcontrolador	31
4.3.4.2. Software PC	31
5. DISEÑO DE ETAPAS	35
5.1. CAPTURA DE LAS SEÑALES	35

	Pág.
5.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES DE PESO	35
5.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE PH	43
5.4. ADQUISICIÓN DE DATOS	45
5.4.1. Microcontrolador	45
5.4.2. Software PC	51
6. IMPLEMENTACIÓN	62
6.1. FUENTES	62
6.2. ESTRUCTURA Y CAJAS USADAS EN EL PROYECTO	63
6.3. TARJETAS ELECTRÓNICAS	64
7. RESULTADOS	68
7.1. COSTO DE FABRICACION DEL SISTEMA	68
7.2. DESARROLLO DE PRUEBAS	68
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de bloques de la estructura del proyecto.	26
Figura 2. Nivel superior de la estructura.	28
Figura 3. Nivel inferior de la estructura.	28
Figura 4. Acondicionamiento de las señales de peso.	29
Figura 5. Acondicionamiento de las señale de pH.	30
Figura 6. Circuito sumador.	37
Figura 7. Circuito de amplificador de instrumentación con filtros pasa bajos.	38
Figura 8. Filtro pasa bajo.	39
Figura 9. Voltaje amplificado vs peso en prueba realizada en jaula.	41
Figura 10. Voltaje vs peso en prueba realizada en bandeja.	41
Figura 11. Circuito limitador implementado.	42
Figura 12. Diagrama de bloques para elaboración de medidor de pH.	43
Figura 13. Configuración como seguidor para CA3130.	43
Figura 14. Amplificación con INA128.	44
Figura 15. Circuito sumador inversor con LF444.	45
Figura 16. Micocontrolador con PIC18F4550 y Xbee.	46
Figura 17. Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en la estación de monitoreo de compost.	47
Figura 18. Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en la estación de monitoreo de conejos.	49
Figura 19. Diagrama de flujo para proceso realizado por el firmware PICUSB.	50

	Pág.
Figura 20. Conexión Xbee-microcontrolador.	51
Figura 21. Diagrama del cuerpo general de programación en LabVIEW.	52
Figura 22. Diagrama de estados de inicio de sesión.	53
Figura 23. Módulo PICUSB de LabVIEW.	54
Figura 24. Diagrama de estados de generación de una tabla.	56
Figura 25. Diagrama de estados de monitoreo de base de datos.	56
Figura 26. Diagrama de estados de guardar tabla.	57
Figura 27. Diagrama de estados de ejecutar.	57
Figura 28. Diagrama de estados de activación de control.	58
Figura 29. Diagrama de estados de mostrar tabla.	59
Figura 30. Características del controlador LabVIEWControlClass.	61
Figura 31 . Fuente de poder de estación de monitoreo de compost.	62
Figura 32. Fuente de poder de estación de monitoreo de conejos.	63
Figura 33. Estructura de 2 niveles.	63
Figura 34. Tarjeta de amplificación de las celdas de carga.	64
Figura 35. Tarjeta de conectores de fuente.	65
Figura 36. Tarjeta de adquisición de datos.	65
Figura 37. Tarjeta de medidor de pH.	66
Figura 38. Acabado final de estación de monitoreo de compost.	66
Figura 39. Caja de estación de monitoreo de conejos de 3 niveles.	67
Figura 40. Tablero de indicadores en LabVIEW.	68
Figura 41. Generación de tabla de datos en LabVIEW.	69

	Pág.
Figura 42. Exportación de archivo en LabVIEW (contiene tabla en formato .csv).	70
Figura 43. Archivo CSV de tabla exportada de la base de datos.	70
Figura 44. Envío desde LabVIEW del archivo exportado en forma de correos electrónicos.	71
Figura 45. Medidor de pH.	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Voltajes obtenidos para diversos pesos en la jaula y bandeja.	40
--	----

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A INFORMACION TÉCNICA DE LOS DISPOSITIVOS USADOS PARA EL PROYECTO.	80
MANUAL DE USUARIO	

GLOSARIO

Agroindustria: es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agrarios, pecuarios, forestales y biológicos.

ANSI C: es un estándar publicado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), para el lenguaje de programación C.

Compost: es el producto que se obtiene del compostaje, y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono. Se denomina humus al "grado superior" de descomposición de la materia orgánica.

Copyright: es un conjunto de normas jurídicas y principios que regulan los derechos morales y patrimoniales que la ley concede a los autores (los derechos de autor), por el solo hecho de la creación de una obra literaria, artística, musical, científica o didáctica, esté publicada o inédita.

GNU GPL (Licencia Pública General de GNU): es una licencia creada por la Free Software Foundation en 1989, escrita por Richard Stallman, y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios.

ISM (Industrial, Scientific and Medical): son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en área industrial, científica y médica.

Latencia: suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.

Open DataBase Connectivity (ODBC): es un estándar de acceso a las bases de datos desarrollado por SQL Access Group en 1992. El objetivo de ODBC es hacer posible el acceder a cualquier dato desde cualquier aplicación, sin importar qué sistema de gestión de bases de datos (DBMS) almacene los datos. El software funciona de dos modos, con un software manejador en el cliente, o una filosofía cliente-servidor. En el primer modo, el driver interpreta las conexiones y llamadas SQL y las traduce desde el API ODBC hacia el DBMS. En el segundo modo para conectarse a la base de datos se crea una DSN dentro del ODBC que define los parámetros, ruta y características de la conexión según los datos que solicite el creador o fabricante.

Monitoreo: consiste en la observación del curso de uno o más parámetros para detectar eventuales anomalías.

PH (potencial de hidrógeno): es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.

Producción cunícola: se le llama así a la cría sistemática de conejos.

RF Transceiver: consiste en diseños de referencia de módulos de radiofrecuencia en la banda ISM 868MHz y, por lo tanto, libre de licencias. Estos módulos permiten comunicaciones inalámbricas de bajo consumo para productos electrónicos embebidos autónomos.

Voltaje de offset: es un voltaje presente en la salida del amplificador aun cuando los voltajes de las dos entradas sean cero. Este efecto es causado por el ruido que el amplificador operacional amplifica y lo presenta a la salida del mismo.

RESUMEN

La cunicultura o producción cunícola es una alternativa adoptada en muchos países para abastecer la demanda de hambre debido a su bajo costo y altos resultados en la eficiencia del proceso. El presente estudio tiene por objetivo el diseño e implementación de una herramienta de laboratorio para el estudio de animales con un peso no superior a 15 Kg dentro de una jaula, para este caso se establece como objeto de estudio conejos de raza Nueva Zelanda blanco para valorar diferentes tipos de alimentos, incremento total del peso y número de crías como respuesta al tipo de alimento utilizado.

El compost representa una opción para mejorar las prácticas agrícolas alrededor del mundo, por esta razón se hace necesario realizar estudios que permitan tecnificar dichos procesos. La herramienta de laboratorio desarrollada facilita la obtención de resultados de manera sistematizada, permitiendo la obtención de información experimental de una forma sencilla y confiable.

La herramienta de laboratorio desarrollada permite la supervisión en dos lugares distintos separados a una distancia de 50 metros donde son ubicadas las estaciones de monitoreo del animal y del compost. En la estación de monitoreo del animal, se monitorean temperatura ambiente, humedad relativa, peso del animal y peso de las heces; en la estación de monitoreo del compost se monitorean humedad relativa, temperatura y pH. Además, incorpora una interfaz de usuario que permite visualización en pantalla LCD, software elaborado en LabVIEW para PC con registro de información en bases de datos, creación de archivos con los resultados generados por las pruebas y envío por correo electrónico, ejecución controlada en la toma de datos y finalmente, visualización de gráficos e indicadores de las variables monitoreadas.

Palabras clave: estaciones de monitoreo, abonos, compost, cunicultura.

ABSTRACT

The rabbit or rabbit production is an alternative that is adopted in many countries to meet the demand of hunger due to its low cost and high efficiency results in the process. This study aims to design and implementation of a tool for the study of laboratory animals with a weight not exceeding 15 kg in a cage, for this case is set as an object of study in New Zealand white rabbits to assess White different types of food, increasing total weight, number of offspring, as response variables depending on the type of feed used.

The compost is an option to improve agricultural practices around the world, for this reason it is necessary to conduct studies to introduce technology such processes. The laboratory developed tool facilitates obtaining results in a systematic way, allowing the collection of experimental data in a simple and reliable.

The laboratory developed tool, allows monitoring in two locations separated by a distance of 50 meters which are located monitoring stations animal and compost. In the central station of the animal, monitor temperature, relative humidity, animal weight and stool weight, at the central station of compost is monitored relative humidity, temperature and ph. It also incorporates a user interface that allows LCD screen display, developed in LabVIEW software for PC with information recorded in databases, file creation with the results generated by the tests and emailing, making controlled execution data and finally displaying charts and indicators monitored variables.

Keywords: monitoring stations, fertilizers, compost, rabbit.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del agro es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agrarios, pecuarios, forestales y biológicos. Esta rama de industrias se divide en dos categorías, alimentaria y no alimentaria. La alimentaria se encarga de la transformación de los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos de elaboración para el consumo alimenticio. La rama no-alimentaria es la encargada de la parte de transformación de estos productos que sirven como materias primas, utilizando sus recursos naturales para realizar diferentes productos industriales.¹

El aprovechamiento de los recursos es uno de los factores fundamentales a la hora de dar una solución a diversos problemas que afronta la sociedad actual, por ejemplo en Colombia el consumo de carne por parte de la población es bajo. La situación es más desfavorable para familias campesinas que no disponen del nivel de ingresos suficiente que les permita comprar carne en las cantidades necesarias para una adecuada alimentación. Una alternativa para éstas, es establecer en sus parcelas animales que puedan ser alimentados con los abundantes y variados recursos forrajeros con que cuenta el país y que no compitan con la alimentación humana, por lo que la cría de conejos constituye un potencial para mejorar la dieta y nivel de vida de las familias de menores ingresos. En el orden de desarrollar programas alimenticios para conejos de manera más eficiente utilizando forrajes, es necesario tener conocimiento de las cualidades específicas para esta especie, incluyendo digestibilidad, palatabilidad, contenido nutricional y los efectos sobre el funcionamiento intestinal y las enfermedades entéricas². Para solventar las falencias encontradas es estrictamente necesario la presencia investigativa de la academia como una herramienta para mejorar la calidad de vida y aportar un granito de arena que permita superar tiempos difíciles. El presente trabajo tiene por objetivo la creación de un instrumento de laboratorio que de la mano a estudios investigativos buscando perfeccionar y tecnificar las practicas convencionales de crianza de animales para subsanar la demanda alimenticia en Colombia.

La concentración de basura en la periferia de las ciudades constituye una de las imágenes que identifican nuestra sociedad de consumo. La generación de residuos se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas y es previsible que continúe creciendo. Este problema está estrechamente relacionado

¹DESROSIER, Norman. Conservación de alimentos. México, Ed. Continental.1991 [Citado 5 Marzo de 2013] UNIDO (Organización de la ONU para el Desarrollo Industrial)-Viena Austria-POB 300-A-1500 Publicaciones varias. [Citado 5 Marzo de 2013].

² HENAO, José Duban, GUTIERREZ, Nelson y OVIEDO, Oscar M.USO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS EN FASES DE CEBA Y REPRODUCCIÓN. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 10. 2 de Julio – Diciembre de 2011. [Citado el 5 de Marzo de 2013]. p. 237-238. ISSN - 1909-9959.

con el modelo productivo actual y representa, hoy en día, una de las principales formas de deterioro del medio ambiente.

El compostaje supone el reciclaje de la fracción orgánica de la basura, para el aprovechamiento de los recursos de sus componentes, con el objetivo de volver a incorporarlos a su ciclo natural a través del producto final de este proceso: el compost, que puede ser utilizado como nutriente y estabilizante del suelo ya que ayuda a remediar la carencia de materia orgánica de éstos y contribuye físicamente a su fijación.

La composta es obtenida de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines (parte líquida altamente contaminante que rezuma de todo tipo de estiércoles animales) en el que se da una sucesión de condiciones diferentes debido a la actividad combinada de una amplia gama de bacterias y hongos que llevan a cabo la oxidación de la materia orgánica, con la consiguiente producción de calor, que eleva la temperatura de la masa, y de sustancias elementales útiles a la vida de las plantas. Los microorganismos proceden de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Cada grupo de microorganismos requiere una temperatura óptima para realizar su actividad, según la misma, llamados termófilos, mesófilos o criófilos, y esas diferentes especies de microorganismos pueden sucederse o coincidir en el tiempo. Una población comienza a aparecer mientras otras están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose la actividad de los distintos grupos entre sí.

Los factores que dificultan la vida y desarrollo de dichos microorganismos son, a la vez, las causas del entorpecimiento del proceso. Los factores cruciales para el control del compostaje aerobio son:

- **Humedad:** su contenido óptimo está en el rango del 50-60 %. La humedad puede regularse mediante la mezcla de componentes o la adición de agua. Se deben evitar valores altos de humedad pues el agua desplazaría al aire de los espacios entre partículas de residuo, y el proceso pasaría a ser anaerobio. Si por el contrario la humedad es muy baja, disminuiría la actividad de los microorganismos.
- **Oxígeno:** en ausencia de oxígeno la descomposición es anaerobia, proceso conocido como fermentación anaeróbica o descomposición, que da lugar a olores desagradables. El proceso es más lento y se obtiene un producto de menor calidad.
- **Tamaño de partículas:** Un tamaño de partícula reducido de los materiales que se van a compostar incrementa la superficie expuesta a la acción de los microorganismos, acelerando el proceso de transformación deseado.

- **Temperatura:** La elevación de la temperatura de la masa durante la oxidación de la materia orgánica da lugar a la eliminación de patógenos y semillas perjudiciales para las plantas. Así se produce la higienización de la mezcla.
- **Relación Carbono/Nitrógeno:** La descomposición de los materiales debe aportar un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo y la reproducción de los microorganismos. Las cantidades necesarias varían de elemento a elemento, aunque la relación de unos con respecto a otros es constante. El mantenimiento de este balance es especialmente importante en el caso del carbono y el nitrógeno. La cantidad de carbono necesaria es notablemente superior a la de nitrógeno, considerándose adecuada una relación C/N de 30/1. Si es mayor debido al exceso de carbono, disminuye la actividad biológica, ya que el nitrógeno se convierte en un nutriente limitante prolongando el proceso de la descomposición. Si la relación es baja por el exceso de nitrógeno, tiene lugar la formación de amoníaco produciéndose malos olores.
- **Volteos:** el volteo, remoción o movimiento frecuente de los componentes de la mezcla de materiales, intenta conseguir una distribución más uniforme de los nutrientes y de los microorganismos. Esta operación es muy importante para mantener la actividad aerobia y prevenir el secado y endurecimiento de la masa.

En el proceso de elaboración de compost tiene lugar una serie de etapas relacionadas a cambios en el pH que influyen en el crecimiento de poblaciones de hongos y bacterias, dicho proceso se detalla a continuación.³

El pH de la masa durante el proceso de maduración también sufre una variación similar en casi todos los sustratos. El descenso inicial en el pH (Fase I) coincide con el paso de la fase mesofílica a la fase termofílica. Esta fase se denomina acidogénica. Se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de pH 5,5-8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termofílica se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6-7,5 (Fase de alcalinización). Finalmente se da una fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de policondensación.⁴

³Alcolea, M. y González, C. (2000) "Manual de Compostaje Doméstico". (en línea). [Barcelona]. Julio de 2004. [Citado el 2 de Mayo de 2012]. Disponible en internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/compostando.pdf>

⁴ ALVAREZ DE LA PUENTE, José M. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. (en línea). JUNTA DE ANDALUCIA. [Citado 5 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf

El proyecto cuenta con una herramienta que facilita el estudio investigativo de los factores que tienen lugar en el proceso de elaboración de abonos donde se evalúan los agentes más importantes como temperatura, humedad relativa y pH mediante un enfoque tecnológico que arroje resultados que sirvan como referencia a la tecnificación de dichas prácticas.

El presente documento se fundamenta en la incorporación del proceso realizado para la creación del instrumento de laboratorio proporcionando solución a algunos de los problemas en el sector de la agroindustria, inicialmente se hace necesario un conocimiento previo de los antecedentes de tecnologías implementadas alrededor del mundo en el sector agroindustrial desde el punto de vista de ingeniería; el marco teórico define a nivel conceptual cada una de las etapas que forman la elaboración la herramienta de laboratorio, así como conceptos necesarios para la comprensión del mismo. El diseño como aplicabilidad y modelamiento matemático de cada etapa que constituye el sistema y por último pero no menos importante la implementación refleja el resultado físico de los diseños elaborados.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL.

- Diseñar e implementar un sistema para monitorear pH, peso, temperatura, humedad relativa una jaula de conejos y excretas en crías de conejos.

2.2. ESPECÍFICOS.

- Diseñar con base a la información recopilada durante el proyecto el hardware que se necesita para implementar celdas de cargas en estructura y sensores en pilas de compost.
- Diseñar las etapas y circuitos que forman el sistema de monitoreo con sus respectivas simulaciones para garantizar el correcto desempeño de las mismas.
- Implementar todo el diseño electrónico en las estructuras de hardware que fueron realizadas y asegurar su funcionamiento.
- Diseñar una tarjeta para la adquisición de las variables medidas.
- Diseñar un software que facilite la visualización de los datos recibidos de nuestra tarjeta de adquisición.
- Llevar un registro de las variables medias en base de datos para graficar la evolución y posteriores estudios.
- Usando comunicación inalámbrica bajo el protocolo Xbee tener acceso desde puntos lejanos establecidos en el rango de alcance del dispositivo.
- Acceder a la base de datos desde lugares remotos haciendo uso de internet.

3. ANTECEDENTES

El monitoreo en seres vivos y variables industriales es una pequeña muestra del alcance tecnológico del mundo moderno, así como diferentes instrumentos elaborados para sistematizar y tecnificar procesos, dispositivos electrónicos que permiten medir y controlar diversos ambientes de trabajo, mejoramiento en la productividad, eficiencia y confiabilidad con el objetivo de dar solución a algunos desafíos que enfrenta la sociedad actual. En esta investigación se encontró que alrededor del mundo se han realizado gran número de trabajos para tal fin. Inicialmente se da a conocer algunos ejemplos que tienen por objetivo introducir al panorama de retos que enfrenta la ingeniería actualmente.

- **Título:** AUTOMATIZACIÓN DE SECADOR DE CAFÉ (TIPO SILO) DE LABORATORIO.

Autor: CORTÉS, Francisco y GÓNGORA, Manuel.

Resumen: este trabajo presenta la automatización de una secadora de café para laboratorio.

Conclusiones: El hardware y el software desarrollado permiten el control y monitoreo remoto de una secadora eficientemente mediante LabVIEW integrando dispositivos electrónicos con resultados de forma sencilla y confiable.

- **Título:** RED INALÁMBRICA PARA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS.

Autor: LÓPEZ ANTÓN, David y TRALLERO, Sergio Gala.

Resumen: este proyecto está enfocado en el diseño de una red inalámbrica para el laboratorio de química UPC Urgell (Barcelona). El diseño consiste en centralizar una serie de sensores de temperatura mediante tecnología inalámbrica y crear un software específico para poder supervisar los datos obtenidos.

Conclusiones: el uso de tecnologías inalámbricas facilitó la adquisición de información y el instrumento elaborado captura datos confiables que son visualizados en el software elaborado.

- **Título:** DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LOS LECHOS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN LA EMPRESA BIOAGROTECSA CÍA. LTDA.

Autor: AILLÓN ABRIL, Marco Xavier.

Resumen: El presente estudio tiene por objeto diseñar un sistema de supervisión, control y adquisición de variables físicas como temperatura y humedad en cada uno de los lechos de compostaje de humus de lombriz en la empresa BIOAGROTECSA CÍA. LTDA. Con el fin de tecnificar su producción.

Conclusiones: el proyecto beneficia en gran parte a la empresa debido a que se minimizó el costo en la elaboración del sistema y logra tecnificar la producción, sino también ofrecería otras ventajas, tales como la optimización de los recursos que se emplean en la producción de humus de lombriz en los lechos de compostaje.

4. MARCO TEÓRICO

A continuación se encuentra la información que describe las herramientas necesarias para la elaboración del proyecto así como una breve descripción de los programas e instrumentos usados para su elaboración.

4.1. CUNICULTURA

Se llama cunicultura o producción cunícola a la cría sistemática de conejos que tiene su origen en un manejo artesanal. Por los progresos adquiridos y su masiva difusión debe completarse con un contenido técnico, esencial y necesario para su producción útil y rentable.

Los conejos son una especie animal que así como genera grandes beneficios a nivel de producción, también presenta grandes inconvenientes a la hora de su establecimiento, por ello en el siguiente proyecto se tendrá en cuenta cada uno de los parámetros necesarios para desarrollar adecuadamente el proceso de cría, teniendo en cuenta que los conejos a temperaturas altas empiezan a presentar estrés y Neiva es una ciudad con una temperatura máxima mensual de 37.0 °C según registros del IDEAM en la estación meteorológica 803150 ubicada en el aeropuerto Benito Salas.. Para tener un pie de cría destinado a la reproducción de ejemplares de alta calidad para el engorde, se deben diseñar unas instalaciones aptas para el medio en el que se pretende realizar el experimento teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Lo suficientemente grandes para que los conejos se muevan con libertad ya que no deben lastimarse ni estropear la jaula.
- Cómodas y a prueba de fugas.
- Higiénicas y de fácil limpieza.
- Bien construido, con materiales sólidos y económicos.⁵

El presente trabajo tiene por objetivo contribuir a la elaboración de un manual que permita sensibilizar al productor para la mejora de las condiciones de cría y reproducción de conejos, realizando un seguimiento a las diferentes variables que determinan una mejora en dicha práctica como la temperatura, humedad relativa, tasa de transformación y seguimiento del peso del animal.

⁵ GUTIERREZ GUZMAN, Nelson. Agroindustria USCO. Universidad Surcolombiana. Ciencia y Tecnologías Agropecuarias. (proyecto de investigación). [Colombia]. 2002. [Citado 10 Marzo de 2012].

4.2. COMPOST

A través del compostaje se crean y mantienen las condiciones con las que se acelera el proceso natural de descomposición de la materia orgánica. La intervención se limita a proporcionar los requisitos idóneos para que se realice con la máxima rapidez y eficacia, pero el proceso lo llevan a cabo los microorganismos, principalmente bacterias y hongos, aunque también pueden intervenir los escarabajos, lombrices y otros invertebrados.

En esta ocasión se hará énfasis en la utilización de la cascara de cacao, con el fin de reducir la contaminación de las fincas luego del beneficio del mismo, se creará un ciclo en el cual se parte de una cierta cantidad de cáscaras que luego de un proceso serán convertidas en alimento para conejos, los cuales generaran un cantidad de heces usadas para el proceso de elaboración de compost, el cual será suministrado a determinada planta con el fin de evaluar su rendimiento.

De acuerdo con INFOAGRO (2010) el proceso biológico del compostaje se ve influenciado por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar, el tipo de técnica de compostaje empleada y otros factores como lo son: temperatura estimada en un intervalo 35-55 °C, humedad con niveles óptimos 40-60% dependiendo de las materias primas empleadas, pH entre 5-8, oxígeno dependiente del tipo de material, textura, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

4.3. ETAPAS DEL PROYECTO

Para el monitoreo de las variables establecidas en el proyecto se formaron las etapas necesarias para la elaboración del sistema de monitoreo de animales y compost, desarrollando una metodología de trabajo que facilitó la culminación del mismo, dicha metodología es ilustrada en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de bloques de la estructura del proyecto.



A continuación se introducirá a cada una de las etapas que fueron necesarias para la elaboración del instrumento de laboratorio.

4.3.1. Captura de señales

El estudio de los sensores, su funcionamiento y demás características tienen lugar en esta etapa. Para adquirir las variables físicas requeridas en este trabajo se obtuvieron sensores de peso, humedad relativa, temperatura y pH.

- Se eligió el sensor de humedad relativa capacitivo HIH-4000, debido a su fácil obtención y bajo costo.
- Se eligió el sensor de temperatura tipo termistor LM35 por su fácil adquisición, manejo y bajo costo. Como protección al dispositivo se realizó un acoplamiento para sellar herméticamente el mismo sin perder la característica de conductividad térmica.
- Se eligió el electrodo de pH simple HI 5313 para el rango de pH de 0 a 14 para las muestras de compost elaboradas a partir de las heces del conejo y evaluar la calidad del abono elaborado.
- Se eligió como sensor de peso seis celdas de carga monobloque SP06 que son ubicadas en una estructura metálica tipo marco de dos niveles. En el nivel superior se ubican cuatro celdas de carga de 15Kg de capacidad que sostiene una jaula que se ilustra en la Figura 2. En el nivel inferior se ubican dos celdas de carga que son ilustradas en la Figura 3. con 4.5Kg de capacidad y sostienen una bandeja para determinar el peso de las excretas.

Figura 2. Nivel superior de la estructura.

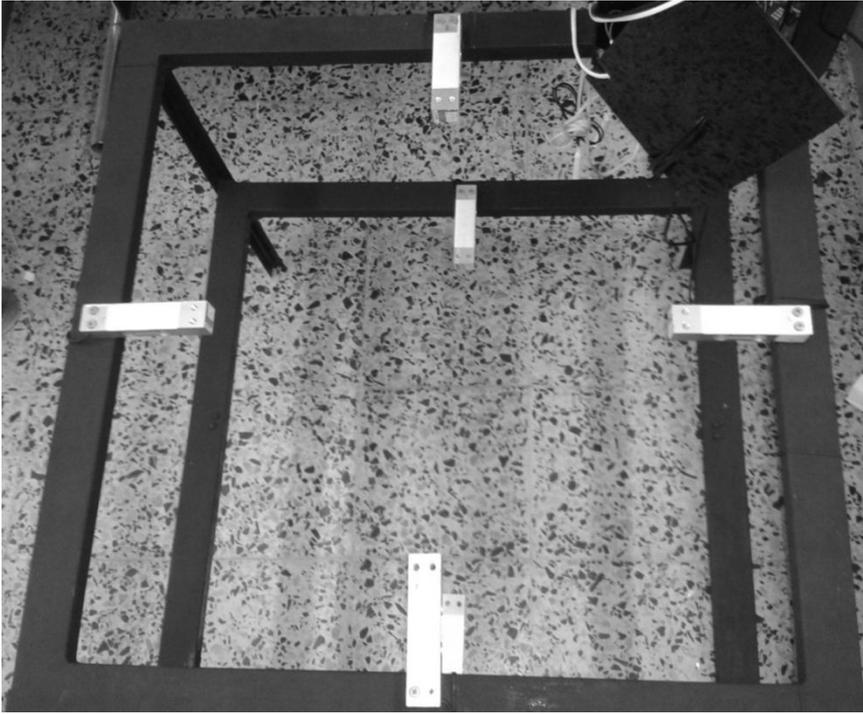


Figura 3. Nivel inferior de la estructura.



4.3.2. Acondicionamiento de las señales de peso

Para las señales de peso generadas por las celdas de carga se elaboró un acondicionamiento que obtiene el peso del animal y de las heces. Las etapas necesarias para realizar el acondicionamiento de las señales de peso se observa en la Figura 4.

Figura 4. Acondicionamiento de las señales de peso.



Amplificación: el microcontrolador requiere para sus entradas analógicas niveles de voltaje superiores a los entregados por las señales de peso de las celdas por esta razón se necesita una etapa de amplificación.

Sumador: para obtener un nivel de voltaje que determine el peso total que reposa sobre la jaula o bandeja fue necesario diseñar un sumador que tome cada señal proveniente de las celdas de carga para sumarlas, ya que estas se encuentran distribuidas en arreglo de cuatro para el caso de la jaula y en arreglo de dos para el caso de la bandeja.

Filtrado: las diferentes perturbaciones provenientes de altas frecuencias y de la misma red de alimentación son una fuente de ruido que perturba el nivel constante de salida que tiene cada celda de carga. En la etapa de diseño se observará los filtros que fueron aplicados para resolver este problema.

Limitador: para evitar sobrecargas de voltaje cuando se exceda la capacidad máxima de gramos en el sistema de pesaje, se realizó un limitador que protege las entradas analógicas del microcontrolador.

4.3.3. Acondicionamiento de la señal de pH

El electrodo de pH usado tiene una salida con niveles de voltaje muy bajos lo que lo hace sensible al ruido, para resolver este problema se determinaron una serie de fases para obtener una medida confiable y precisa. En la Figura 5, se observa las fases del acondicionamiento de la señal de pH.

Figura 5. Acondicionamiento de la señal de pH.



- **Seguidor:** el acople de impedancias permite evitar caídas de voltaje de la señal en etapas posteriores.
- **Amplificación:** una etapa de amplificación incrementa el rango operativo del electrodo para obtener una medida confiable y precisa que es capturada por el microcontrolador.
- **Sumador inversor:** el rango de voltajes amplificados de la señal de pH tiene valores negativos haciendo necesario un sumador inversor que establece un rango de voltaje operativo positivo sin exceder 5V.
- **Filtrado:** para rechazar voltajes de altas frecuencias y obtener el nivel de voltaje constante sin interferencias se diseñó e implementó un filtrado del cual resulta la señal deseada proveniente del electrodo.
- **Limitador:** señales de ruido se introducen al no estar conectado el electrodo provocando daños en el hardware, para resolver este problema se diseñó un limitador de voltaje donde su salida no excede niveles superiores a 5V.

4.3.4. Adquisición de datos

4.3.4.1. Microcontrolador

Esta etapa describe la programación realizada en CCS para el funcionamiento de diferentes módulos como conversión analógica – digital, transmisión serial, transmisión USB, interfaz de usuario mediante teclado y visualización en LCD, entre otros.

Para la transmisión serial se eligió la tecnología inalámbrica Xbee porque hace posible que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y sobre todo domóticos. Las comunicaciones con Xbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth, este protocolo no utiliza FHSS (Frequency Hooping Spread Spectrum), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo, así como también del tipo de antena utilizada (cerámica, dipolo, etc.).

Se eligió el módulo Xbee de 1mW 802.15.4 Chip Antena de 100m de rango por su bajo costo, fácil operación y programación.

4.3.4.2. Software PC

El software está compuesto de diversas etapas para las cuales es fundamental conocer los conceptos que ayudarán a entender el diseño realizado en diferentes programas como LabVIEW, MySQL, XCTU y CCS que se explican a continuación.

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*), es un entorno de desarrollo de aplicaciones para adquisición de datos, instrumentación y control automático, y es ampliamente utilizado por ingenieros y científicos de todo el mundo.

Hay que recalcar que LabVIEW implementa un lenguaje de programación gráfico denominado lenguaje “G”, es decir, que a diferencia de lenguajes tradicionales que utilizan líneas de código para el desarrollo de una aplicación, se usan iconos con entradas y salidas para desarrollar cualquier tipo de aplicación.

Los programas de LabVIEW se denominan instrumentos virtuales o VI, debido a que su apariencia y operación imita a los instrumentos físicos, tales como osciloscopios y multímetros. LabVIEW contiene un número comprensible de herramientas para adquisición, análisis, despliegue, y almacenamiento de datos, así como herramientas que le ayudan a resolver su código de ejecución. En todo VI existen dos áreas de trabajo muy importantes, el Front Panel (Panel Frontal) y el Block Diagram (Diagrama de Bloques).

LabSQL es un conjunto de herramientas para el uso del componente de ADO de Microsoft ActiveX en LabVIEW para conectarse y ejecutar consultas SQL en cualquier base de datos compatible con ODBC, como Access, SQL Server, Oracle, etc.⁶

MySQL es un motor de Base de Datos relacional, multihilo y multiusuario que en su mayor parte está desarrollado en ANSI C. Oracle Corporation desde Abril de 2009 desarrolla MySQL como software libre en un esquema de licenciamiento dual.

El término “Base de Datos” se utiliza para hacer referencia a dos realidades distintas. Se trata de las siguientes:

- Sistema Gestor de Bases de Datos Relacionales (SGBDR): Con este término nos referimos al programa encargado de gestionar los datos, procesar las consultas, etc. Hay muchos: PostgreSQL, Oracle, Informix, Adabas, SQL Server y, naturalmente, MySQL.
- Base de Datos Relacional (BDR): Este término hace referencia a los datos, a cada uno de los conjuntos de tablas (entidades y relaciones) asociados a un problema. Son creadas por los usuarios quienes les asignan sus nombres (test, bancos, usuarios, nóminas, etc.).

A diferencia de proyectos como Apache, donde el software es desarrollado por una comunidad pública y el copyright del código está en poder del autor individual, MySQL es propietario y está patrocinado por una empresa privada, que posee el copyright de la mayor parte del código.⁷

⁶ MACIAS VELASCO, Bruno Oswaldo y QUIJIJE IDUARTE, Rolando Fernando. Base de datos centralizada para sistemas de seguridad. Trabajo de grado Ingeniero en Computación - Especialización. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería en electricidad y computación, 2009. 166p.

⁷SEGOVIA LÓPEZ, Manuel. Manejadores de sistemas de base de datos (En Línea). 5 de Enero 2012, [Citado 11 de Mayo de 2012]. Disponible en Internet: <<http://es.scribd.com/doc/92010868/Manejadores-de-Sistemas-de-Bases-de-Datos.pdf>>.

Para profundizar acerca de la arquitectura de MySQL se puede consultar en las siguientes bibliografías:

Manual de supervivencia del administrador de MySQL (En línea), [s.l.], JAQUE BARBERO, Miguel. 2007, [Citado 11 de Mayo de 2012]. Disponible en Internet:<http://www.mibibliotecavirtual.com/biblioteca/packed/manual_de_supervivencia_del_administrador_mysql.zip>.

Administración de Bases de Datos MySQL 5.1 (En línea), [s.l.], NAVARRO QUIROZ, Fabián. 2012, [Citado 02 de Junio 2012]. Disponible en Internet:<<http://es.scribd.com/doc/102629247/Universidad-Girona-Administracion-MySQL.pdf>>.

X-CTU es el programa que proporciona Digi para la configuración de los módulos XBee. Es un programa capaz de configurar cualquier módulo XBee (no importa la Serie) con los parámetros de funcionamiento. Las características que ofrece X-CTU son las siguientes:

- Soporte para todos los productos MaxStream.
- Ventana de terminal integrada.
- Capacidad de descarga y actualización del Firmware del módulo.
- Visualización caracteres ASCII o hexadecimal en la ventana del terminal.
- Composición de paquetes de prueba de envío en ASCII o hexadecimal. Red inalámbrica para instrumentación de procesos.
- Guardar y recuperar configuraciones de módulos de uso común.
- Detección automática del módulo conectado.
- Restauración de parámetros del módulo ha estado de fábrica.
- Muestra ayuda de los parámetros de radio.

Además de la utilización del programa X-CTU es necesario disponer de un hardware especial para conectarse con el módulo XBee. El hardware utilizado es el "XBee Explorer USB". Es un hardware adaptador para conectar los módulos XBee al puerto USB del PC. Este Hardware funciona con todos los módulos XBee incluida la Serie 1, la 2.5 tanto las versiones estándar como la Pro.⁸

⁸ LÓPEZ ANTÓN, David y GALA TRALLERO, Sergio. RED INALÁMBRICA PARA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS. Proyecto de final de carrera para optar al título de

El compilador C de CCS ha sido desarrollado específicamente para PIC MCU, obteniendo la máxima optimización del compilador con estos dispositivos. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de pre procesado y ejemplos. Además, suministra controladores para diversos dispositivos como LCD, convertidores AD, relojes en tiempo real, EEPROM serie, etc. Un compilador que convierte el lenguaje de alto nivel a instrucciones en código máquina, las características generales de este compilador y más información adicional se pueden encontrar en la dirección <http://www.ccsinfo.com>⁹.

Ingeniería Técnica Industrial especialidad ELECTRÓNICA INDUSTRIAL. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). 11 de Enero de 2012. P. 36-51

⁹ EDUARDO GARCIA BREIJO, Compilador C CCS Y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC, Barcelona, España, Alfaomega Grupo Editor, 2008.

5. DISEÑO DE ETAPAS

5.1. CAPTURA DE LAS SEÑALES

Para las variables de pesos y pH se desarrolló un diseño que permitió un acoplamiento de las señales para ser convertidas a niveles digitales en el microcontrolador y asegurar una medición confiable.

Las variables como temperatura y humedad relativa no requieren acoplamientos debido a que sus salidas se encuentran en el rango de 0 a 5 V.

5.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES DE PESO

Para el acondicionamiento de las señales de peso de la jaula y la bandeja fue necesario diseñar etapas que permiten la integración de diferentes elementos para obtener un valor del peso confiable. Dichas etapas se muestran en la Figura 4.

Cada celda de carga tiene como características principales:

Sensibilidad: 1.8mV/V

Voltaje máximo de alimentación: 15V

Se determinó que 12V de alimentación para cada celda de carga que proporciona un rango de la señal de 0V y 21,6mV ya que la sensibilidad de estas determina el voltaje máximo de su salida. Este factor fue decisivo al momento de calcular la ganancia de amplificación.

Amplificación: en esta etapa se usó el amplificador de instrumentación de alto rendimiento AD620 que requiere de un solo resistor externo (R_g) para conseguir una ganancia de 1 a 1000. La selección de la ganancia está dada por la Ecuación 1.

$$R_g = \frac{49.4 \text{ K}\Omega}{G - 1} \quad (\text{Ecuación 1.})$$

El rango de voltaje de alimentación para el AD620 es de +- 2.3 V a +- 18V. Para este diseño se estableció como voltaje alimentación +-12V. El bajo ruido y voltaje de offset de máximo 50 μ V favorece las señales de salida de las celdas de carga.

Las capacidades máximas de pesaje que tienen la jaula y la bandeja se determinan a través de pruebas que permiten obtener el nivel de voltaje máximo en cada celda de los arreglos y determinar las ganancias de amplificación.

Para calcular la ganancia de amplificación en la bandeja sin hacer daño al microcontrolador se elaboró una prueba pesando la capacidad máxima de 5Kg, obteniendo como voltaje máximo de salida 17mV entre las dos celdas de carga del arreglo y estableciendo 2.5V como criterio de diseño en la salida del amplificador de instrumentación. Usando la Ecuación 2 se calculó la ganancia de amplificación para la bandeja.

$$Ganancia = \frac{2,5 V}{0,017 V} \text{ (Ecuacion 2.)}$$

$$Ganancia = 83,3$$

Se calculó Rg usando la Ecuación 1 obteniendo:

$$Rg = 600 \Omega$$

Para determinar el peso total de las excretas del conejo, las señales amplificadas de las celdas de carga son sumadas en una posterior etapa.

Para calcular la ganancia de amplificación en la jaula sin hacer daño al microcontrolador se elaboró una prueba pesando la capacidad máxima de 15Kg, obteniendo como voltaje máximo de salida 30mV entre las cuatro celdas de carga del arreglo y estableciendo 1.25V como criterio de diseño en la salida del amplificador de instrumentación. Usando la Ecuación 3 se calculó la ganancia de amplificación para la jaula.

$$Ganancia = \frac{1,25 V}{0,03 V} \text{ (Ecuacion 3.)}$$

$$Ganancia = 55,827$$

Se calculó Rg usando la Ecuación 1 obteniendo:

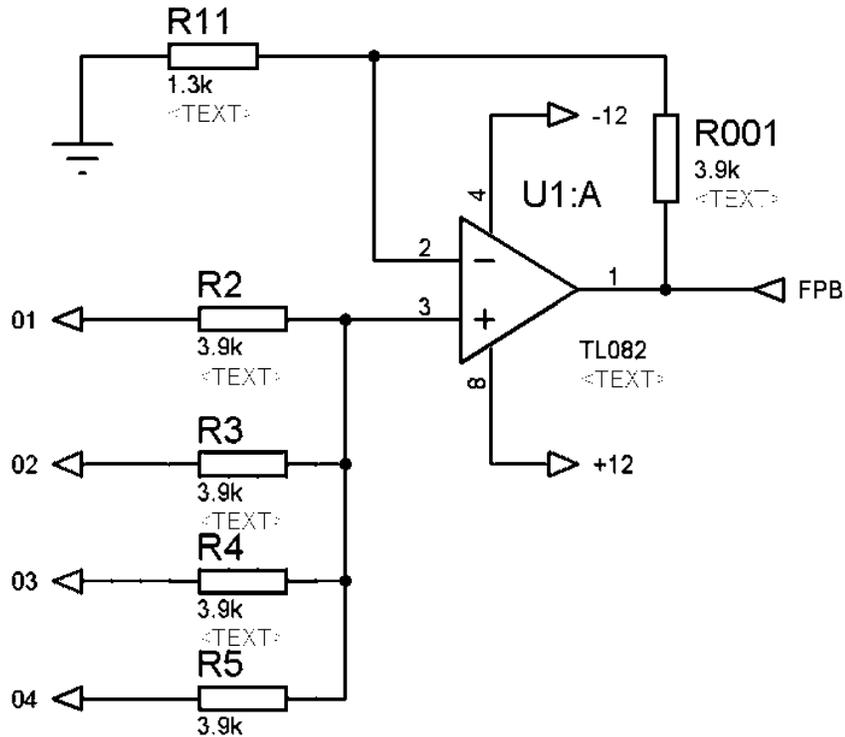
$$Rg = 901\Omega$$

El circuito implementado para la amplificación se observa en la Figura 7, donde R12 es la resistencia que determina la ganancia del amplificador de instrumentación, es decir, Rg.

Circuito sumador: las cuatro señales amplificadas de la jaula son sumadas con el objetivo de obtener el peso del conejo y para conocer el peso de las heces se suman las dos señales amplificadas de la bandeja.

Se usó el amplificador operacional TL082 para el circuito encargado de realizar la suma de las señales como se observa en la Figura 6.

Figura 6. Circuito sumador.



En un sumador no inversor la señal de salida está dada por la Ecuación 4.

$$V_{\text{peso}} = V_o = \left(1 + \frac{R_{001}}{R_{11}}\right) * (R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \parallel R_5) * \left(\frac{01}{R_2} + \frac{02}{R_3} + \frac{03}{R_4} + \frac{04}{R_5}\right) \text{ (Ecuación 4)}$$

Reduciendo la fórmula haciendo $R_n = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$ y reemplazando en la Ecuación 4 se obtiene

$$V_{\text{peso}} = V_o = \left(1 + \frac{R_{001}}{R_{11}}\right) * \left(\frac{01}{4} + \frac{02}{4} + \frac{03}{4} + \frac{04}{4} + \right)$$

Para conseguir una ganancia unitaria en la suma de las señales

$$\frac{R_{001}}{R_{11}} = 3$$

Para conseguir el balance de polarización

$$R_{11} \backslash \backslash R_{001} = (R_2 \backslash \backslash R_3 \backslash \backslash R_4 \backslash \backslash R_5)$$

$$\frac{3}{4} R_{11} = \left(\frac{R_n}{4} \right)$$

Finalmente se obtiene

$$R_n = R_{001} = 3R_{11}$$

Obteniendo

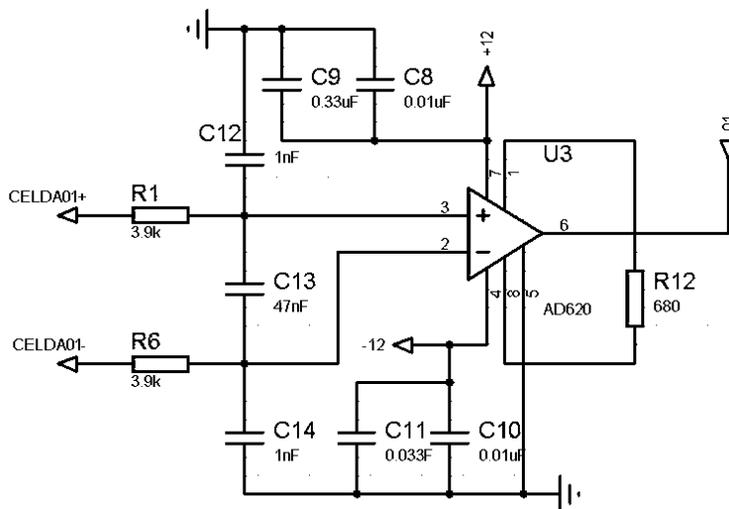
$$R_{001} = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 3.9K$$

Una resistencia variable en

$$R_{11} = \frac{3.9K}{3} = 1.3K\Omega$$

Filtrado: Se realizaron dos filtros pasa – bajos que se diseñaron con el fin de obtener los menores niveles de ruido en la señal de interés.

Figura 7. Circuito de amplificador de instrumentación con filtros pasa bajos.



Entre los pines de alimentación dual y tierra del AD620 se conectaron condensadores de bypass para el desacople y la estabilidad entre las fuentes.

Filtro 1: Para obtener un nivel constante de voltaje de las señales de las celdas de carga y rechazar perturbaciones de altas frecuencias que puedan aparecer en a la salida se implementó una red pasa-bajos con una frecuencia de corte de 416,4 Hz para cada circuito de amplificación de la señal de las celdas de carga, el filtro está compuesto por R1, R6, C12, C13 y C14 de la Figura 7. Usando la Ecuación 5 se calcula la frecuencia de corte.

$$f_c = \frac{1}{2\pi(R1 + R2)(C12 + C13 + C14)} \text{ (Ecuación 5.)}$$

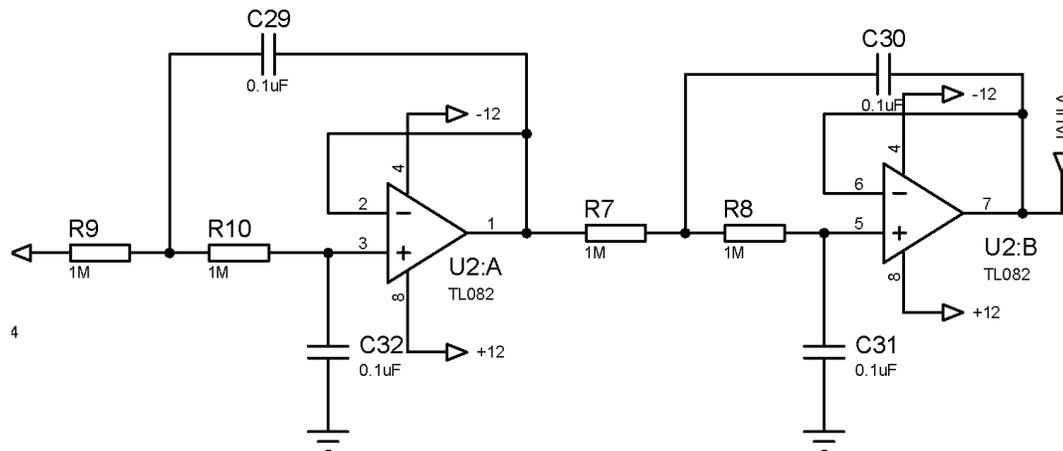
Reemplazando en la Ecuación 5 obtenemos.

$$f_c = \frac{1}{2\pi(3.9K\Omega + 3.9K\Omega)(1000pF + 1000pF + 0.047\mu F)}$$

$$f_c = 416.4Hz$$

Filtro 2: el filtro que se muestra en la Figura 8, fue diseñado usando el software de National Instruments FilterLab con una frecuencia de corte de 1.59 Hz y topología Butterworth.

Figura 8. Filtro pasa bajo.



La frecuencia del filtro está determinada en las ecuaciones 6 y 7.

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R9\sqrt{C29 * C32}} = \frac{1}{2\pi(1M\Omega)\sqrt{(0.1\mu F) * (0.1\mu F)}} = 1.59Hz \text{ (Ecuación 6.)}$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R7\sqrt{C30 * C31}} = \frac{1}{2\pi(1M\Omega)\sqrt{(0.1\mu F) * (0.1\mu F)}} = 1.59Hz \text{ (Ecuación 7).}$$

Una vez filtrada la sumatoria de las señales amplificadas para la jaula y la bandeja, se realizó una prueba para determinar las ecuaciones que describen el peso en función del voltaje en la salida del filtro. En la tabla 1, se observa la información correspondiente a dicha prueba.

Tabla 1. Voltajes obtenidos para diversos pesos en la jaula y bandeja.

Voltajes generados por la bandeja		Voltajes generados por la jaula	
Peso (Gramos)	Voltaje (Voltios)	Peso (Gramos)	Voltaje (Voltios)
0	2,118	0	0,327
9	2,121	131	0,3375
55,5	2,1415	195	0,341
120,5	2,168	203	0,343
303,5	2,246	381	0,357
419,5	2,2965	518	0,369
604,5	2,374	1718,5	0,475
900	2,5005	2100	0,508
1106,5	2,5865	5211	0,783
1200	2,627	6398,5	0,892
1581	2,788	7525,5	0,9955
2176	3,041	8513	1,083
2947	3,356	9879,5	1,201
3465,5	3,576	11797	1,3755
3781	3,716	13504,5	1,527
4756,5	4,126	15236	1,677

En las Figuras 9 y 10, se observan las ecuaciones que describen el peso en función del voltaje en la salida del filtro, esta información es usada para el diseño de posteriores etapas.

Figura 9. Voltaje amplificado vs peso en prueba realizada en jaula.

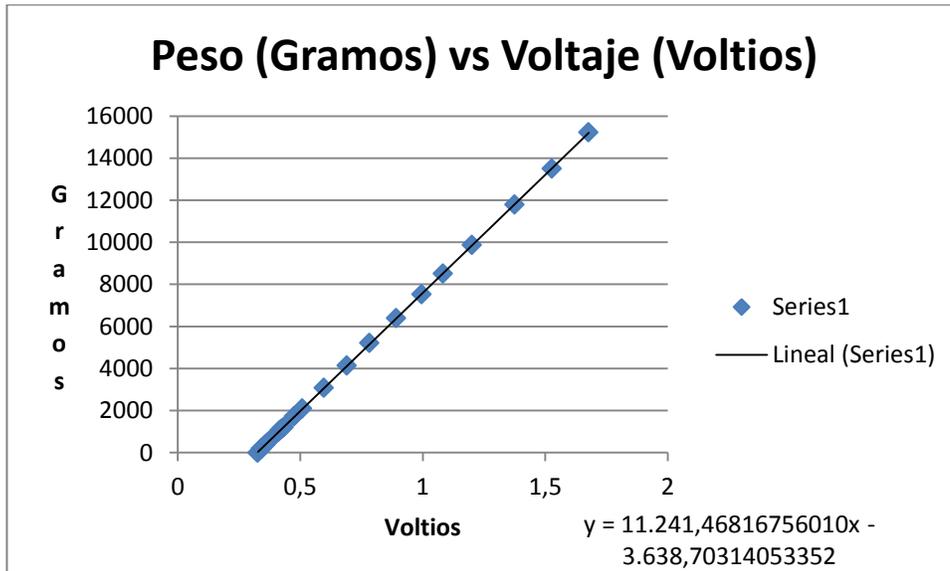
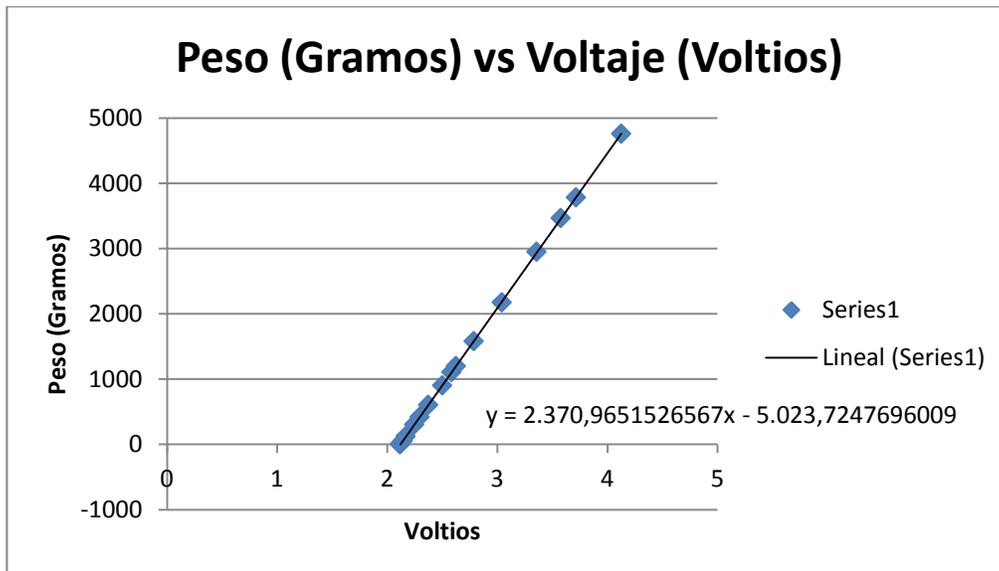


Figura 10. Voltaje vs peso en prueba realizada en bandeja.



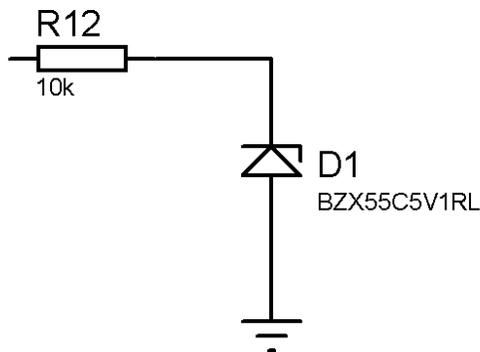
El rango operacional de la bandeja se encuentra entre 2,118V y 4,125V. Es decir que existe una amplitud de 2,007V para realizar el muestreo a 10 bits, es decir, $2^{10} = 1024$ niveles.

El rango operacional de la jaula se encuentra entre 0,327V y 1,677V. Es decir que existe una amplitud de 1,35V para realizar el muestreo a 10 bits en el microcontrolador.

Cada nivel de muestreo equivale a $\frac{5V}{1024} = 0.0048V$

Limitador: para evitar daños en el microcontrolador se elaboró un limitador de voltaje que regule la señal de la salida del filtro para que esta no supere los 5V. Para ello se utilizó un diodo zener de 5.1V y una resistencia como se observa la Figura 11.

Figura 11. Circuito limitador implementado.



El acoplamiento realizado demostró un comportamiento satisfactorio, cumpliendo los requerimientos de diseño, bajos niveles de ruido y una clara lectura en el microcontrolador.

5.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE PH

Se diseñó una serie de etapas que hacen la adquisición de la señal del sensor de pH de la empresa HANNA INSTRUMENTS HI 5313 el cual tiene una salida única que oscila entre -3 mV a 3 mV para el rango de pH de 0 a 14. Las etapas diseñadas se presentan en la Figura 12.

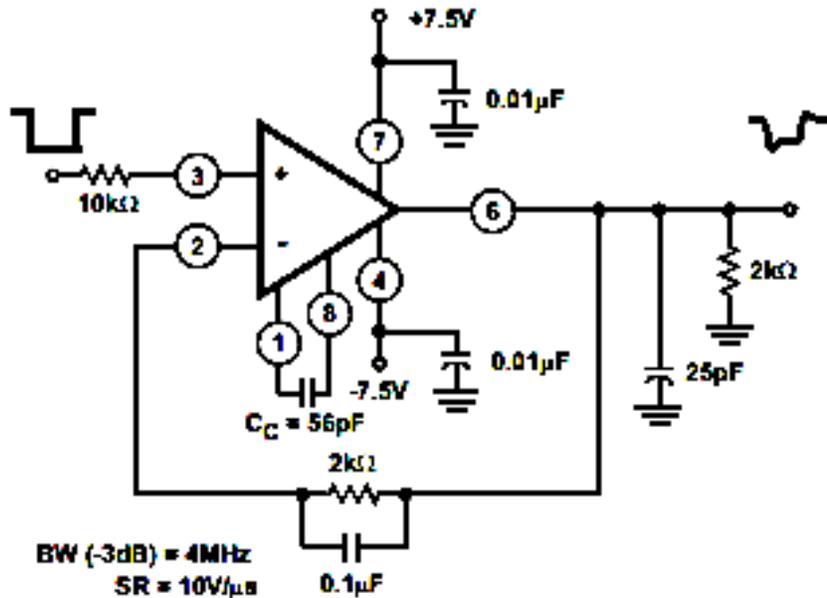
Figura 12. Diagrama de bloques para elaboración de medidor de pH.



Seguidor: para esta etapa se usó el amplificador operacional CA3130 de entradas/salidas CMOS y alta impedancia de entrada.

Dentro de sus aplicaciones se encontraron seguidores de voltaje, de los cuales se usó la configuración mostrada en la Figura 13, tomada como recomendación del fabricante para señales bipolares.

Figura 13. Configuración como seguidor para CA3130.

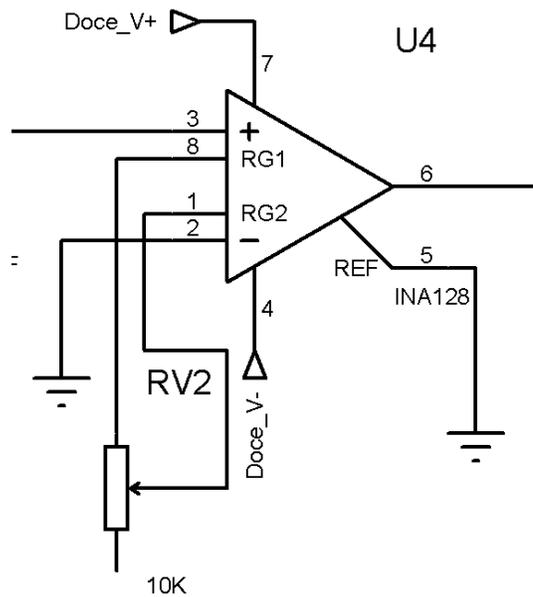


Fuente: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/intersil/fn817.pdf>.

La respuesta del seguidor fue muy buena ya que no existieron atenuaciones y se realizó un acople de impedancias para las etapas posteriores del diseño.

Amplificación: para la amplificación señal del sensor se implementó un circuito que consta del amplificador de instrumentación INA128 debido a su alta ganancia, la cual es ajustada mediante el trimmer RV2 como se observa en la Figura 14.

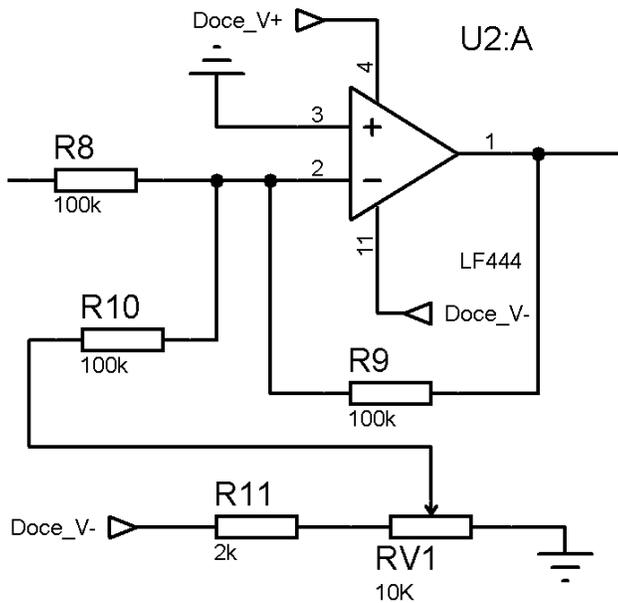
Figura 14. Amplificación con INA128.



Inversor y sumador: para el diseño se usó el amplificador operacional LF444 ya que entre sus características principales tiene una impedancia de entrada alta y niveles de ruido bajos. Además de que cuenta con cuatro amplificadores operaciones que fueron usados para el sumador inversor y el filtrado.

Una vez amplificada la señal del pH se realizó un sumador inversor para que los valores de voltaje en el microcontrolador se encuentren en el rango de 0 a 5V. el nivel sumado se ajusta por medio de un trimmer RV1 como se observa en la Figura 15.

Figura 15. Circuito sumador inversor con LF444.



Filtrado: se usó el filtro 2 que se observa en la Figura 8 para la señal de salida del sumador inversor.

Limitador: para evitar daños en el microcontrolador se elaboró un limitador de voltaje que regule la señal de la salida del filtro para que esta no supere los 5V debido a que cuando no se encuentra conectado el sensor, señales de ruido se introducen amplificándose hasta saturar las salidas de los amplificadores, para ello se utilizó un diodo zener de 5.1V y una resistencia como se observa en la Figura 11.

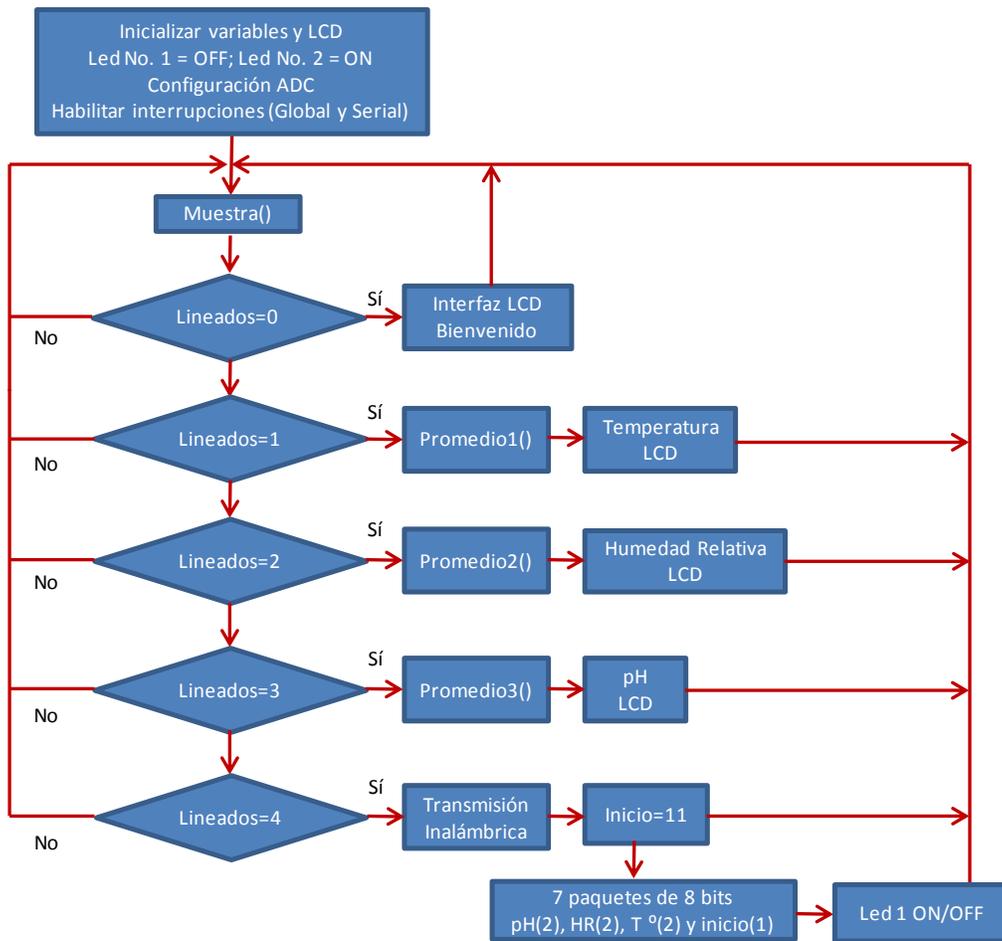
5.4. ADQUISICIÓN DE DATOS

5.4.1. Microcontrolador

El monitoreo de las distintas variables requiere una etapa de adquisición de datos, por tal razón se diseñaron dos tarjetas capaces de adquirir siete señales en total de los sensores usados en la herramienta de laboratorio.

Se denominó estación de monitoreo de conejos como estación maestra debido a que realiza el envío de datos por transmisión USB al PC de la temperatura, humedad relativa, peso del conejo y peso de la bandeja, así como la temperatura exterior, humedad relativa exterior y pH que se reciben desde el Xbee. Se

Figura 17. Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en la estación de monitoreo de compost.

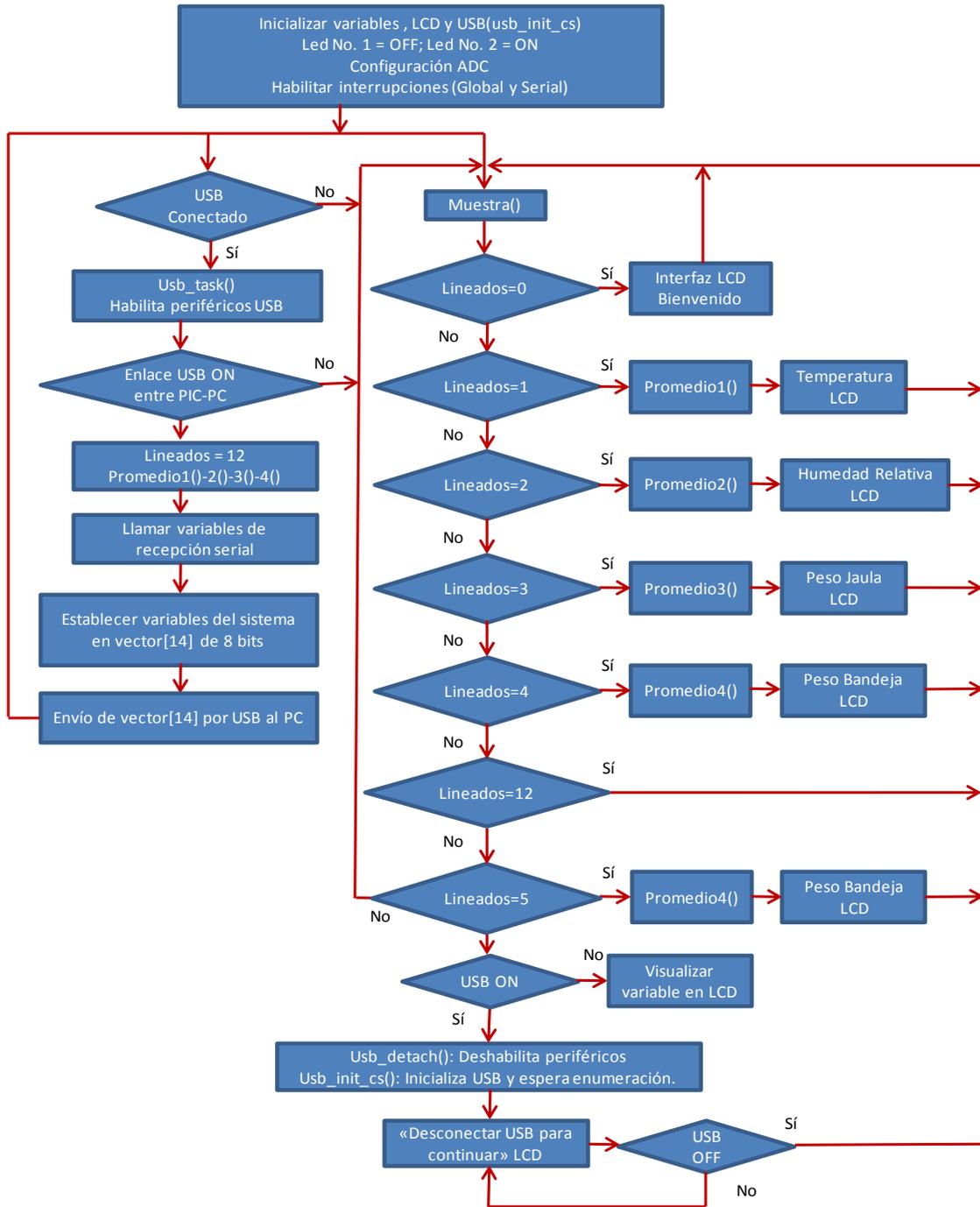


En la Figura 18, se describe la lógica de programación que realiza la estación de monitoreo maestra. La función 'muestra' se encarga de la lectura del teclado y entrega un valor denominado 'lineados' de acuerdo a cada botón del teclado igual que la estación esclava. Otra función utilizada es *RDA_ISR*, usada para la recepción de los datos seriales provenientes inalámbricamente desde la estación esclava. Se estableció un protocolo de comunicación entre los dos microcontroladores para determinar la recepción de datos entre ellos, el protocolo establece que existe una variable llamada *inicio* la cual es enviada por la estación esclava al presionar el botón que habilita la transmisión inalámbrica, cuando esto sucede la estación maestra obtiene los datos seriales de pH, temperatura exterior y humedad relativa exterior, de lo contrario estos datos serán iguales a cero. Las

funciones promedio son las encargadas de realizar el mismo trabajo que en la estación esclava.

La configuración usada para el microcontrolador fue lectura ADC a 10bits, frecuencia de instrucción 48MHz, 6 canales ADC habilitados, transmisión serial habilitada a una velocidad de 9600 baudios y habilitación USB con capacidad de envío de 64 bits donde solo 14bits son utilizadas. Además se activó en el PIN_B7 un monitoreo de conexión USB (Sense_PIN).

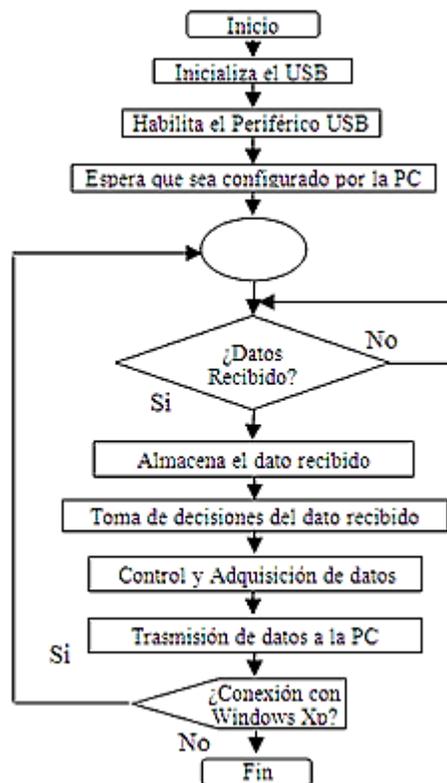
Figura 18. Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en la estación de monitoreo de conejos.



Una vez diseñada la programación de los microcontroladores en CCS fue necesario establecer la comunicación entre algunos dispositivos como microcontrolador-PC y microcontrolador-Xbee para este fin es necesario llevar a cabo algunos conceptos.

Conexión microcontrolador-PC: el firmware es un pequeño código de bajo nivel que se realiza para poder controlar entradas y salidas dependiendo de las necesidades del usuario. Además este pequeño código tendrá el objetivo de establecer comunicación con el PC, realizando así la función de avisar al usuario en el momento que ha sido conectado y detectado por el PC. En ese momento el firmware estará en espera de cualquier dato que se esté enviando por el PC a través de cualquier software que se esté utilizando, en este caso se usó LabVIEW2010. En la Figura 19, se muestra un diagrama de flujo de lo que hace el firmware.¹⁰

Figura 19. Diagrama de flujo para proceso realizado por el firmware PICUSB.

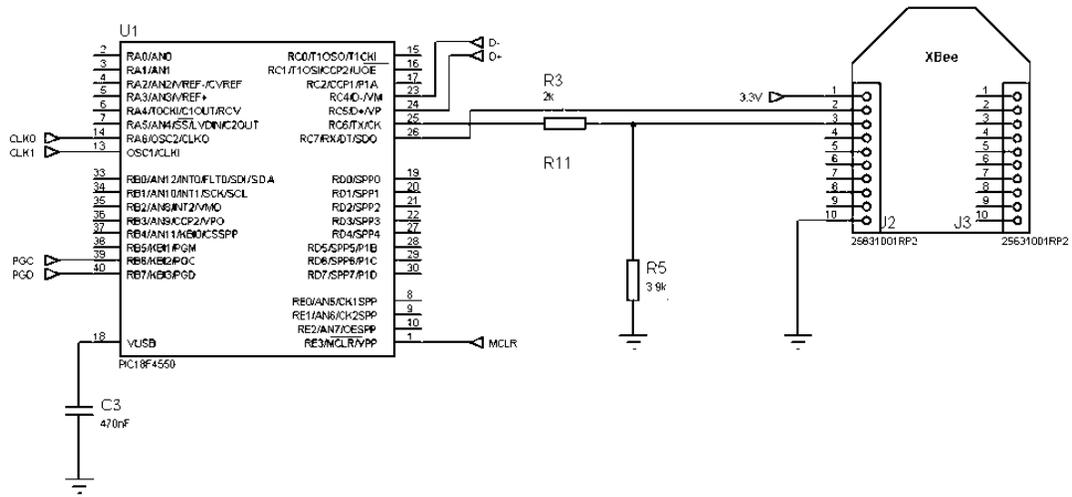


Conexión microcontrolador -Xbee: para realizar la conexión serie se debe tener en cuenta que el microcontrolador está alimentado a 5V y el módulo XBee a 3,3V. En el caso del microcontrolador no debe preocupar porque su rango de alimentación es de 2 a 5V, por lo cual los datos llegarán con una tensión de 3,3V que están dentro del rango y los detectará sin problemas. En el caso del XBee se debe tener cuidado con la entrada Rx, debido a que se le suministran los datos a

¹⁰PEREZ, Adrián. Turulo USB09 con conexión USB Full Speed (En línea). 23 de Marzo 2011, [Citado 09 de Febrero 2012]. Disponible en Internet:<<http://rabbitelectroniks.blogspot.com/2011/03/turulo-usb09.html>>.

5V cuando la tensión idónea sería de 3,3V. Eso quiere decir que se debe montar un pequeño circuito atenuador para adaptar los niveles de tensión y evitar posibles futuros daños al XBee por suministrar más tensión de la aconsejable. El circuito usado se puede visualizar en la Figura 20.

Figura 20. Conexión Xbee-microcontrolador.



5.4.2. Software PC

Dentro de los objetivos a cumplir en el desarrollo del sistema se establece que debe acompañarse de una interfaz gráfica que permita observar el comportamiento de la información obtenida por cada uno de los sensores de temperatura, humedad relativa, pesos y pH, además contar con almacenamiento de esta información en una respectiva base de datos.

Para dar cumplimiento a lo propuesto se usaron programas que son las herramientas para alcanzar los objetivos trazados. En primer lugar se usó CCS para introducir al microcontrolador una lógica de programación establecida en etapas posteriores, LabVIEW como el software de instrumentación principal permitió la obtención y manipulación de todos los datos, y finalmente el uso de MySQL para registrar la información de una forma ordenada y confiable.

Se utilizó LabVIEW debido a que permite una fácil programación de las diferentes etapas que requiere el trabajo y la Universidad Surcolombiana cuenta con licencia para su uso. A continuación se explicaran las distintas etapas que fueron necesarias para la realización del programa.

Se desarrollaron múltiples interfaces para el mantenimiento de las entidades en relación a la base de datos.

El cuerpo general de programación visto en la Figura 21, introduce una clara idea de las distintas etapas desarrolladas durante la creación del software. La estructura diseñada consta de cuatro grandes campos: sincronización del tiempo, interfaz de inicio, obtención y visualización de datos, y comandos de operación.

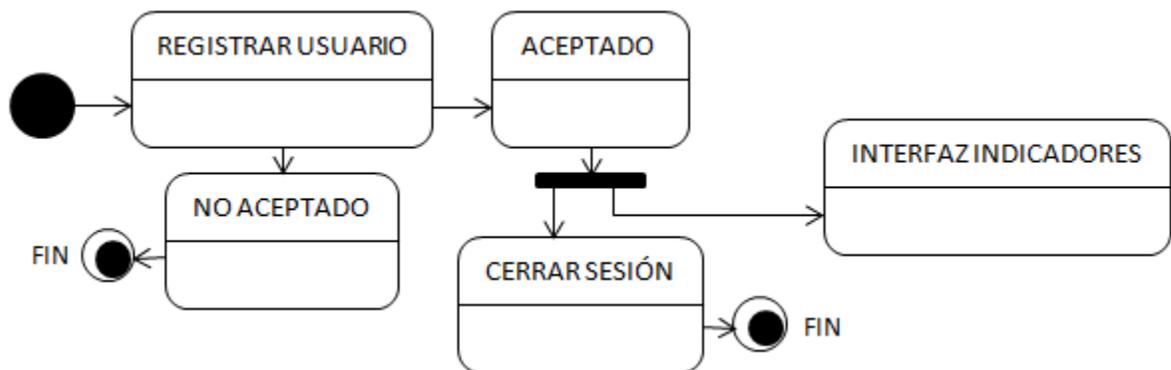
Figura 21. . Diagrama del cuerpo general de programación en LabVIEW.



El primer campo está representado en la Figura 21 por el bloque denominado GET DATA/TIME, el cual crea un enlace entre el PC y el software para adquirir la fecha y la hora con la que se encuentra configurada la PC. El dato de la hora es representado constantemente en un indicador y en forma aparte, es utilizado en el comando de operación EJECUTAR para dar ubicación en tablas a la información monitoreada. El dato de la fecha es utilizado en todos los comandos de operación porque para realizar cualquier comando SQL en lenguaje de programación de LabVIEW se debe conocer el día, mes y año de la operación a realizar.

El segundo campo está representado en la Figura 21 por los bloques INICIAR SESIÓN y CERRAR SESIÓN. Su función es dar al software una interfaz inicial que proporcione seguridad y limitación en el acceso. En la Figura 22, se muestra mediante un diagrama de estados la secuencia con la que se diseñó este campo que tiene como objetivo iniciar sesión cada vez que sea pulsado el botón 'Iniciar Sesión' enviando a la estructura caso un TRUE. Su diseño es un juego de visibilidad de elementos en el panel frontal. En su estado inicial pide ingresar un nombre de usuario y contraseña para llegar al contenido principal del software creado; si son correctos desaparece el 'Tab Control' inicial y a su vez el 'Tab Control' principal aparecerá. De lo contrario, pedirá ingresar correctamente los datos.

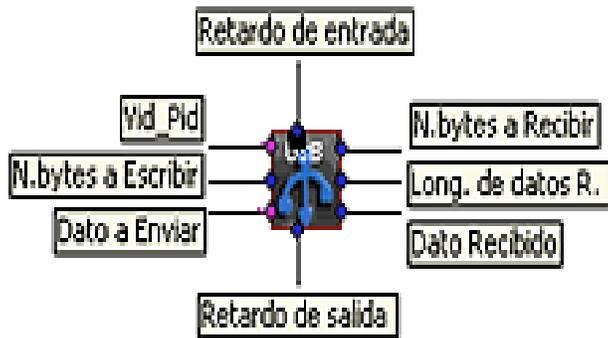
Figura 22. Diagrama de estados de inicio de sesión.



El tercer campo está representado en la Figura 21 por los bloques OBSERVAR SEÑAL y PIC USB.vi. Su función es capturar los datos provenientes del hardware y exponerlos en indicadores y gráficos. Además se realiza la conversión de estos datos a tipo string para poder ser manipulados por los comandos SQL.

Se realizó a través de un instrumento virtual (PICUSB) la programación en LabVIEW para manipular fácilmente el dispositivo USB y obtener toda la información. El subVI creado se muestra en la Figura 23, donde se ilustra la configuración a realizar para un adecuado funcionamiento del módulo.

Figura 23. Módulo PICUSB de LabVIEW.



Para tener agregado este módulo (subVI) a LabVIEW, debe copiarse a la siguiente dirección:

C:\Archivos de programa\National Instruments\LabVIEW 8.6\user.lib\picusb.

Una vez realizado esto, el modulo aparecerá agregado en LabVIEW. El subVI creado tienes las siguientes entradas:

Vid_Pid: es el nombre del vendedor y producto con el que fue configurado el dispositivo, en este caso: "vid_0X04d8&pid_0010".

Nº bytes a escribir: indica el número de bytes o el tamaño del dato se desea transferir.

Dato a Enviar: Indica el dato que se va a enviar.

Retardo de entrada y salida: indica a cada cuanto tiempo se hace la captura de datos. El tiempo tiene que indicarse en milisegundos.

N.bytes a Recibir: indica el tamaño de datos que se están enviando del dispositivo USB (microcontrolador o PicUSB).

Dato Recibido: captura los datos que se están enviando del dispositivo y lo visualiza en un grafica si se está enviando datos de temperatura o el termómetro que tiene LabVIEW, esto depende de lo que se esté controlando.

El cuarto campo está representado en la Figura 21 por los bloques MONITOREO DE BASE DE DATOS, GENERAR NUEVA TABLA, EJECUTAR, ACTIVAR CONTROL, MOSTRAR TABLA, GUARDAR TABLA y ENVIAR CORREO, siendo estos comandos de operación activados por el usuario para que sus procesos se lleven a cabo.

En la estructura de programación de cada uno de los bloques es necesario el dato fecha, que proporciona GET DATA/TIME, para lograr un enlace entre el motor de base de datos y las herramientas para manipular base de datos desde LabVIEW conocidas en este proyecto como LabSQL ADO Functions. Para el manejo de estas funciones se requirió de conocimientos básicos sobre acceso a base de datos como ODBC (Open Data Base Connectivity), interpretar las entradas y salidas de los LabSQL ADO Functions y la instalación de un software llamado SQLyog para un contacto directo con las bases de datos en caso de arreglos o modificaciones manuales.

Antes de usar estas herramientas se debe encontrar una forma para crear y utilizar el motor de base de datos MySQL. Para eso, se crea un ODBC para conectarse desde LabVIEW a la base de datos. Esto es necesario ya que el objeto *ADO Connection Open* del *LabSQL ADO Functions* recibe un parámetro llamado *Connection String*, el cual es justamente el nombre que se le pondrá a nuestro ODBC.

Para el proyecto se utilizó el *Mysql-connector-odbc-5.1.9-win32.msi*, pero antes de instalarlo se instaló el motor de base de datos MySQL para Windows, donde se utilizó el *Mysql-5.5.18-win32.msi*. Luego el ODBC se llamó tal como el Data Source Name que en este caso se llamó "mysdn2". Para abrir y cerrar una conexión a una base de datos se necesita usar dos iconos del *LabSQL ADO Functions* los cuales son *ADO Connection Open* y *ADO Connection Close*.

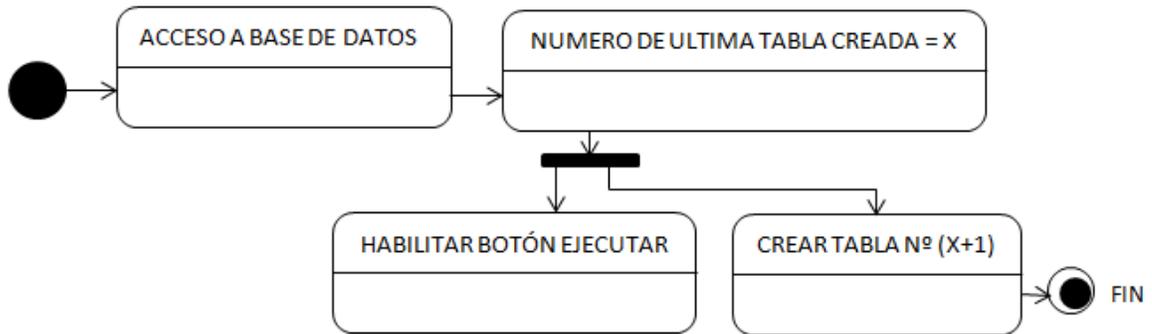
Para lograr instalar todas estas aplicaciones en el PC se debe consultar el anexo manual de usuario que ofrece la información necesaria para la instalación y operación del instrumento de laboratorio.

A continuación se dará explicación mediante diagrama de estados a cada uno de los comandos de operación con los que cuenta el software.

En la Figura 24, se observa la etapa de "GENERAR NUEVA TABLA", la cual trata de un comando de operación con el objetivo de generar una nueva tabla cada vez que el botón sea pulsado, enviando a la estructura caso un TRUE. Luego con la instrucción SQL "*SHOW FULL TABLES FROM...*" se obtiene el nombre de todas las tablas existentes dentro de la última base de datos creada y mediante operadores string se destaca el nombre de la última tabla registrada y se le suma 1. Se crea una tabla0x si el resultado es menor que 10 o una tabla si es mayor o igual a 10, todo lo anterior usando una estructura caso y con la instrucción SQL "*CREATE TABLE...*" más las características de cada variable.

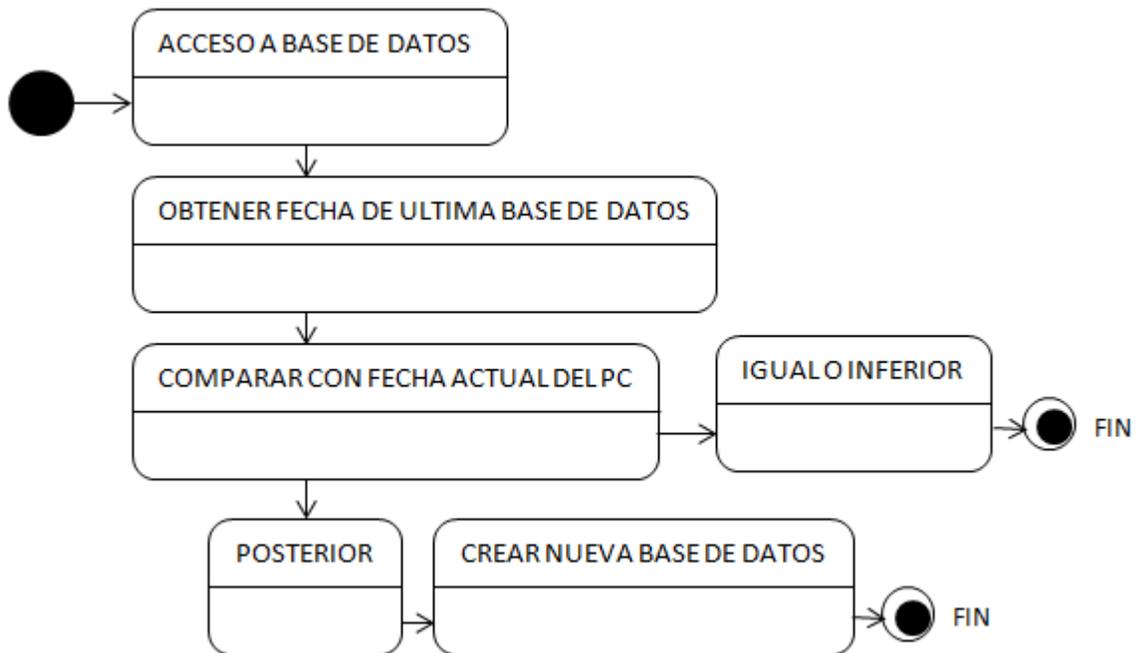
Por último, en la tabla creada se insertan títulos por columna correspondientes a cada variable que llega por medio USB, utilizando la instrucción SQL "*INSERT INTO...*".

Figura 24. . Diagrama de estados de generación de una tabla.



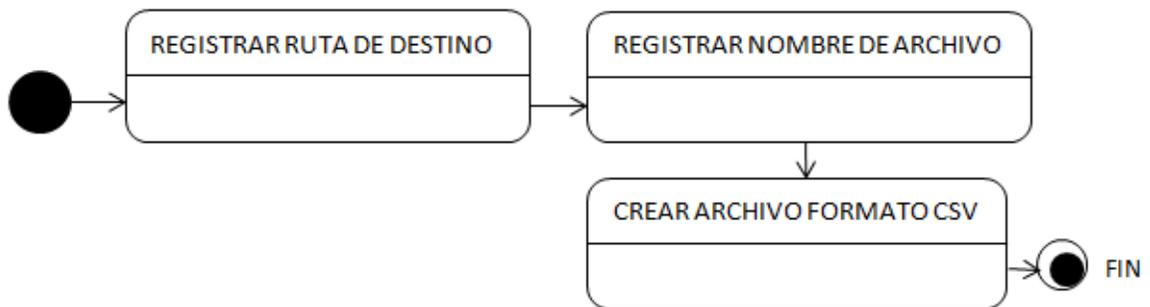
En la Figura 25, se observa el diagrama de estados de “MONITOREO DE BASE DE DATOS”, que tiene el objetivo de crear una base de datos dentro del origen de datos (localhost). Con la instrucción SQL “*SHOW DATABASES;*” se obtiene el nombre de todas las bases de datos existentes dentro de localhost y mediante operadores string se destaca el nombre de la última base de datos registrada y se compara con la fecha actual del PC. Si el resultado es falso, no se crea ninguna base de datos porque para esa fecha ya existe una con el mismo nombre; en caso contrario, se crea una base de datos con la siguiente estructura Año/Mes/Día seguido de BD (Ejemplo: 120920BD), utilizando la instrucción SQL “*CREATE DATABASE...*”.

Figura 25. Diagrama de estados de monitoreo de base de datos.



En la Figura 26, se observa el diagrama de estados de “GUARDAR TABLA”, que trata de un comando de operación con la función de guardar una tabla cada vez que el botón sea pulsado, enviando a la estructura caso un TRUE, en la dirección establecida en el controlador ‘File Path Control’ llamado DIRECCION DEL ARCHIVO. El archivo guardado será de extensión .csv (hoja de cálculo delimitado por tabulación) y con la instrucción SQL “SELECT * FROM... INTO OUTFILE... FIELDS TERMINATED...” se lleva a cabo esa tarea.

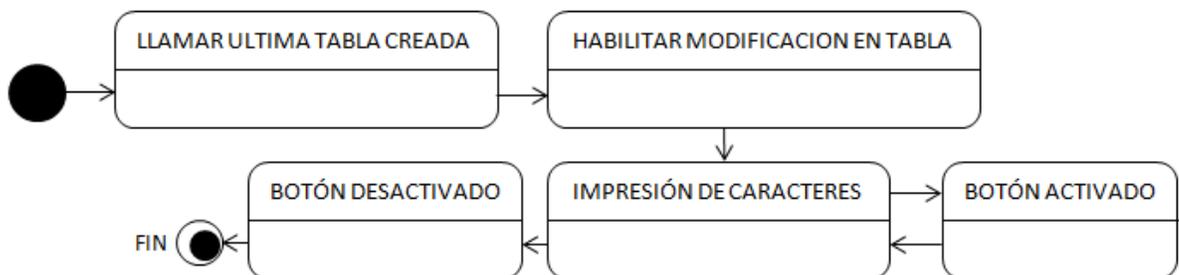
Figura 26. Diagrama de estados de guardar tabla.



NOTA: Solo funcionará correctamente si antes que todo se define cual tabla y de que base de datos se desea guardar. Para eso se escoge la fecha de base de datos y el número de la tabla a inspeccionar y se hace clic en el botón MOSTRAR TABLA. Se mostrarán los datos en la tabla de la interfaz y si la selección es correcta se identificará la dirección y el nombre con el que se guardará el archivo y para finalizar el proceso se presiona el botón GUARDAR TABLA.

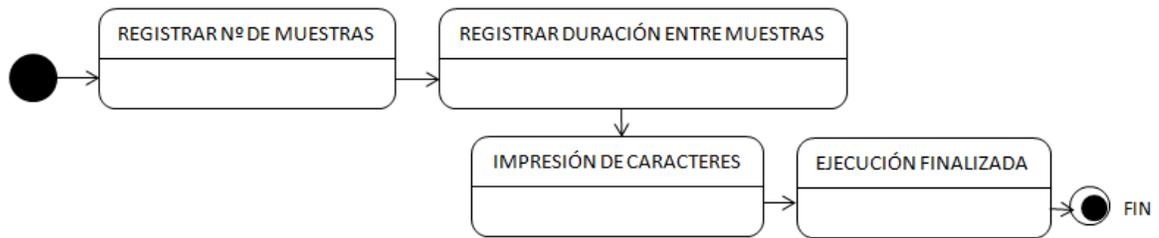
En la Figura 27, se observa el diagrama de estados de “EJECUTAR”, el cual recurre a trasladar los datos obtenidos por transmisión USB a una tabla, creada por el usuario con anterioridad, utilizando la instrucción SQL “INSERT INTO...” cada vez que el botón sea pulsado enviando a la estructura caso un TRUE. Se imprimirán los datos cada 10 segundos, fila por fila, hasta el punto que el botón EJECUTAR sea presionado de nuevo para enviar un FALSE.

Figura 27. Diagrama de estados de ejecutar.



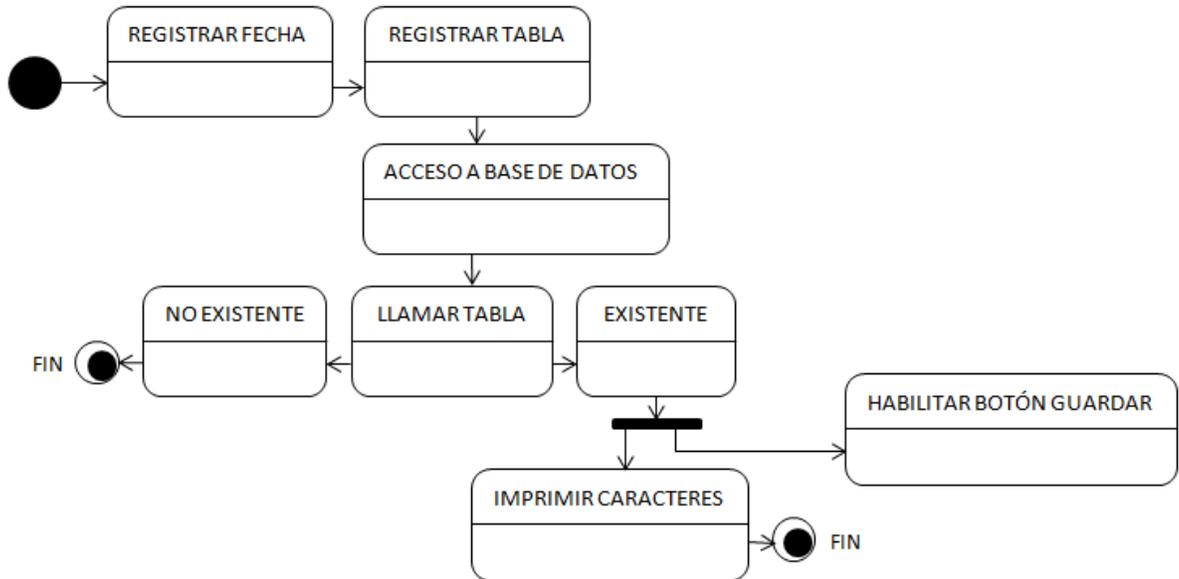
En la Figura 28, se observa el diagrama de estados de “ACTIVAR CONTROL”, que tiene como objetivo ejecutar controladamente el registro de datos en una tabla cada vez que la casilla sea seleccionada enviando a la estructura caso un TRUE. Para un debido funcionamiento, se debe activar la casilla y seleccionar el número de muestras que se desea tomar y el intervalo de tiempo en segundos entre cada muestra. Luego se presiona el botón EJECUTAR.

Figura 28. Diagrama de estados de activación de control.



En la Figura 29, se observa el diagrama de estados “MOSTRARTABLA”, que tiene como objetivo mostrar una tabla cada vez que el botón sea pulsado enviando a la estructura caso un TRUE. Luego con la instrucción SQL “*SHOW FULL TABLES FROM...*” se obtiene el nombre de todas las tablas existentes dentro de la base de datos seleccionada. Mediante operadores string se destaca el número de la tabla a inspeccionar. Por último, se debe tener en cuenta, definir cuál tabla y de que base de datos es la que se desea mostrar. Para ello se escoge la fecha de base de datos y el número de la tabla a inspeccionar y damos clic en el botón MOSTRAR TABLA. De lo contrario, mostrará un mensaje de advertencia diciéndote que no existe base de datos para ese día o que no existen tablas para la base de datos seleccionada.

Figura 29. Diagrama de estados de mostrar tabla



Envío de correo electrónico: como aplicación adicional al software en LabVIEW se agregó una función más a las tareas a realizar. Se trata de enviar correos electrónicos desde una cuenta Gmail, con su acceso POP habilitado, a cualquier otro tipo de cuenta de correo electrónico existente; además de adjuntar dentro del e-mail un archivo de extensión .csv (extensión de tabla creada al guardar), .txt, .doc o cualquier otro tipo de archivo. El rendimiento del software al ejecutar esta tarea es directamente proporcional al tamaño del archivo adjuntado.

Uno de los requerimientos más comunes para las aplicaciones .NET es el envío de correos electrónicos, entre los ejemplos más usuales para este tipo de requerimiento se encuentran el envío automático de boletines electrónicos, notificaciones de eventos, envío de archivos adjuntos entre otros. .NET nos proporciona los ensamblados System.Net.Mail y System.Net.Mime, los cuales contienen todas las clases e interfaces necesarias para habilitar este tipo de requerimiento en cualquier aplicación .NET, a continuación se describen los elementos más importantes de estos ensamblados:

Mail Message: Representa un mensaje de correo electrónico, esta clase tiene todas las propiedades del mensaje por ejemplo: tema del mensaje, destinatario, destinatarios, remitente, cuerpo entre otras.

Smtplib Client: Esta clase se encarga de enviar el mensaje, aquí se establecen los parámetros de configuración del servidor SMTP, como: número de puerto, usuario, password, SSL entre otros.¹¹

Con el controlador *'File Path Control'* como referente direccionador se adjunta al correo electrónico un archivo. Con los elementos de ensamblados dentro de .NET, se diseñó una estructura capaz de enviar un email, para eso se configuran los elementos Mail Message y Smtplib Client.

La cuenta disponible para esta tarea es **usconexproy@gmail.com**.

Monitoreo usando internet mediante HAMACHI y LABVIEW: el monitoreo usando Internet se realizó mediante la opción del Web Server de LabVIEW, el cual brinda la facilidad de manipular el software a través de Internet. Antes de utilizar esta función, se debe configurar el puerto de acceso al instrumento virtual, y tener en cuenta la IP de la computadora porque con esta es que se ofrece una dirección URL para acceder al monitoreo del sistema.

El puerto de acceso utilizado es el 8000 y para especificarlo en LabVIEW se debe ingresar en la barra de menú en la opción *Tools* y posteriormente en la casilla de *Options*. Luego se selecciona la opción *Web Server Configurations* y se configura finalmente el puerto de acceso, además de habilitar el *Web Server*.

Luego se habilita el Web Server dirigiéndonos a la barra de menú en la opción *Tools* y posteriormente en la casilla de *Web Publishing Tools*. Seleccionando el instrumento virtual, se debe configurar el modo de observación que tendrá el sitio web. Seleccionamos la casilla *Embedded* y posteriormente se establece el control para el usuario seleccionando la casilla *Request control when connection is established*.

Haciendo clic en el botón *Next*, se asigna un título de página, encabezado y pie de página al sitio web. Y por último se selecciona un directorio para guardar la página web en el PC, se asigna un nombre para la misma con extensión .html y se obtiene la URL por la cual se tiene acceso a la página web desde un explorador de Internet de Windows.

Es importante especificar que en equipos en donde LabVIEW no se encuentre instalado, ocurrirán problemas al cargar el instrumento virtual desde el explorador de Internet de Windows. Se debe instalar un complemento de LabVIEW llamado

¹¹GUAYÁN, Luis María, Envío de correo electrónico por el servidor SMTP de Gmail (En línea), Tucumán, Argentina. 27 de Abril 2012, [Citado 21 de Junio 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.portalfox.com/index.php?name=News&file=article&sid=2413>>.

LabVIEWControlClass de la versión 10.0.0.8001, archivo llamado LV2010ActiveXControl.dll, el cual habilita el monitoreo y control desde el explorador de Internet de Windows. Las características del controlador mencionado se observan en la Figura 30.

Figura 30. Características del controlador LabVIEWControlClass.

Nombre:	LabVIEWControl Class
Editor:	(Sin comprobar) National Instruments
Tipo:	Control ActiveX
Estado:	Habilitado
Versión:	10. 0. 0. 8001
Fecha del archivo:	
Fecha de último acceso:	jueves, 06 de septiembre de 2012, 22:28
Id. de clase:	{A40B0AD4-B50E-4E58-8A1D-8544233807B2}
Recuento de uso:	25
Conteo de bloqueos:	6
Archivo:	LV2010ActiveXControl.dll
Carpeta:	C:\Archivos de programa\Internet Explorer\Plugins

Posteriormente se creó una red LAN virtual mediante la aplicación Hamachi de Logmein. Para acceder al equipo que proporciona el contenido del LabVIEW Web Server, se debe ingresar a un explorador de Internet de Windows y escribir en la barra de direcciones la IP virtual de la red principal asignada por Logmein seguido por el puerto 8000 y el nombre de la página web generada por LabVIEW.¹² Para este caso la dirección a ingresar es la siguiente:

http://5.207.137.227:8000/PROY_CONEJOS.html.

¹² GONGORA, Manuel y CORTES, Francisco. Automatización de Secador de Café (Tipo Silo) de Laboratorio. Trabajo de grado Ingeniero Electrónico. Neiva, Colombia. Universidad Surcolombiana del Huila. Facultad de Ingeniería Electrónica, 2010. 110p.

6. IMPLEMENTACIÓN

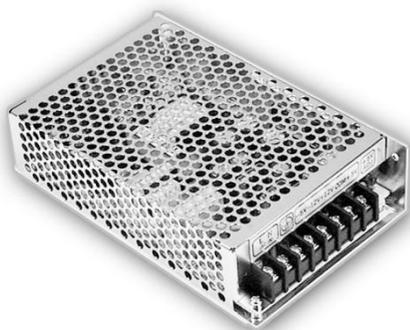
Una vez completo el diseño se implementó las diferentes tarjetas electrónicas, cajas acrílicas y estructura para incorporar los elementos que forman el instrumento de laboratorio.

6.1. FUENTES

Como suministro de energía para las dos estaciones de monitoreo se adquirieron fuentes con salidas de voltaje duales debido a los requerimientos de alimentación de algunos dispositivos. Se usaron fuentes conmutadas debido a que su tamaño es reducido ya que funcionan a frecuencias altas lo que hace que el tamaño de sus componentes pueda ser menor. Las fuentes obtenidas se detallan a continuación:

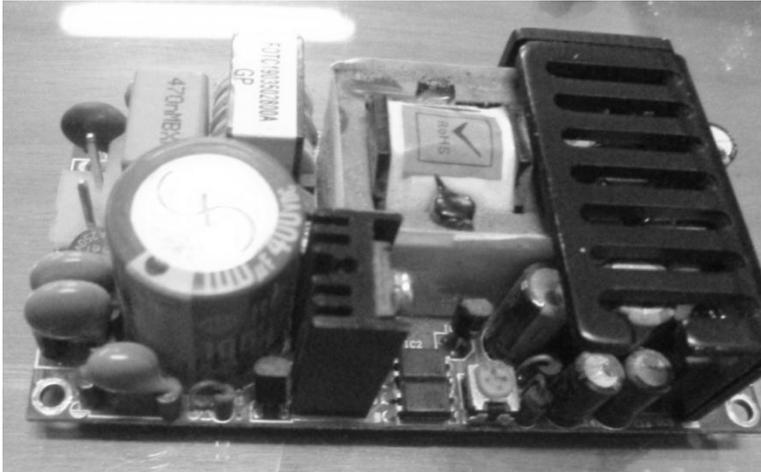
Fuente para la estación de compost: en la Figura 31, se observa una fuente con 4 salidas DC de 5V (5.5A), 12V (2A), -5V (0.5A), -12V (0.5A), tiene entrada AC Full Range, protecciones contra corto circuito, sobre carga y sobre tensión, LED indicador de encendido, frecuencia de switcheo fija a 35KHz.

Figura 31 . Fuente de poder de estación de monitoreo de compost.



Fuente para la estación de conejos: en la Figura 32, se observa una fuente con 4 salidas DC de 5V (5.5A), 12V (2A), -12V (0.5A), tiene entrada AC Full Range, protecciones contra corto circuito, sobre carga y sobre tensión, LED indicador de encendido, frecuencia de switcheo fija a 35KHz.

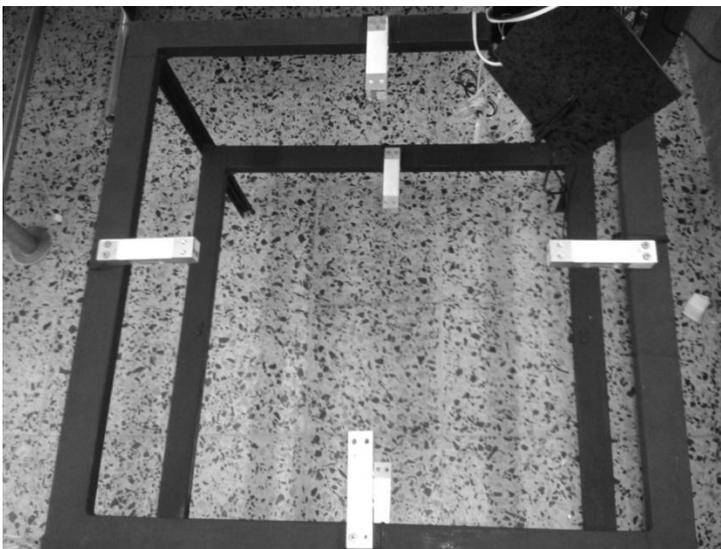
Figura 32. . Fuente de poder de estación de monitoreo de conejos.



6.2. ESTRUCTURA Y CAJAS USADAS EN EL PROYECTO

Se diseñó una estructura de tipo marco de dos niveles como se observa en la Figura 33, sus medidas en su montaje real fueran perfectas, para el nivel superior de la estructura se diseñó un arreglo de 4 celdas que soporta el peso del conejo y la jaula porque el peso es dinámico y puntual. En el nivel inferior se diseñó un arreglo de dos celdas de carga las cuales soportan las excretas del animal y la bandeja para su recolección.

Figura 33. Estructura de 2 niveles.



6.3. TARJETAS ELECTRÓNICAS

Se diseñaron seis tarjetas, de las cuales cuatro son para la estación de monitoreo de conejos y dos para la estación de monitoreo de compost.

Tarjeta de amplificación de las celdas de carga: distribuye el suministro de energía a las celdas de carga tanto de la jaula como de la bandeja y realizar el acondicionamiento de las señales de peso. Se usaron dos tarjetas las para la estación de monitoreo de conejos y se observan en la Figura 34.

Tarjeta de adquisición de datos: recibe las señales de los sensores para realizar el envío y recepción de datos inalámbricamente. Se usó una tarjeta para cada estación de monitoreo las cuales se observan en la Figura 35.

Tarjeta de conectores de fuente: distribuye el suministro de energía en la estación de monitoreo de conejos. En la Figura 36, se observa la tarjeta de conectores.

Tarjeta de pH: realiza el acondicionamiento de la señal de pH en sus diferentes etapas para entregar una salida a la tarjeta de adquisición de datos. En la Figura 37, puede observarse la tarjeta de pH.

Figura 34. Tarjeta de amplificación de las celdas de carga.

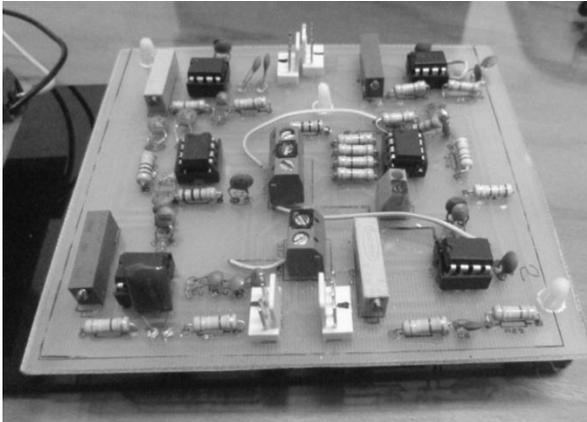


Figura 35. Tarjeta de conectores de fuente.

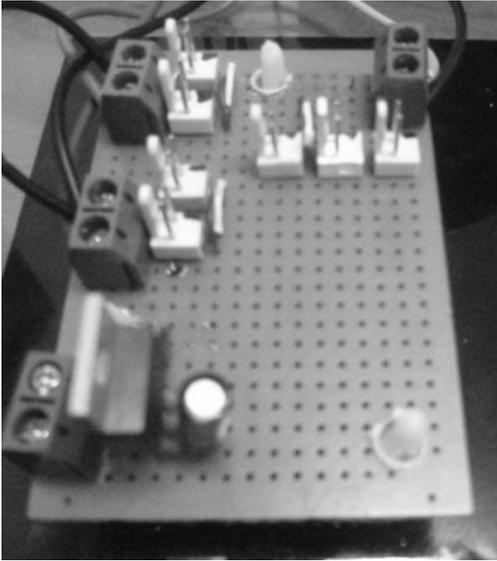


Figura 36. Tarjeta de adquisición de datos.

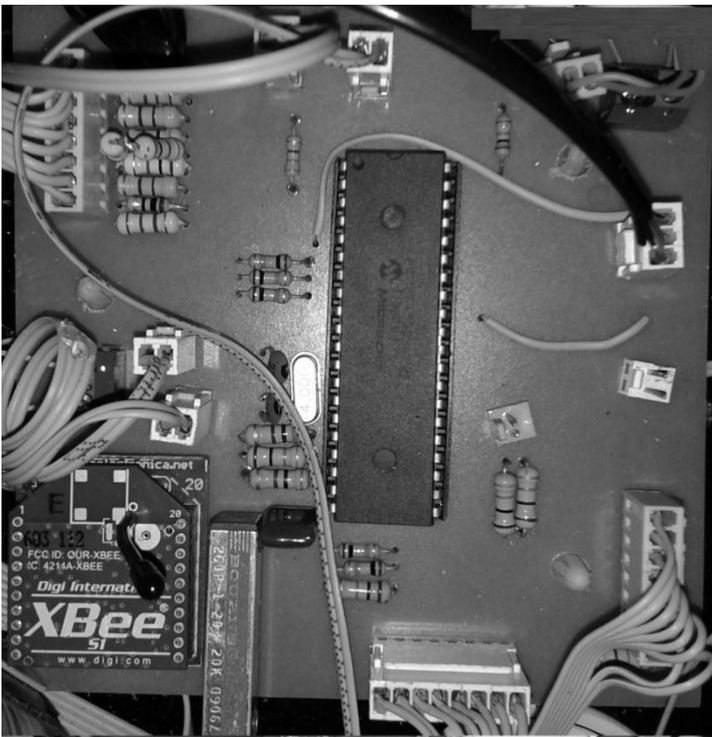
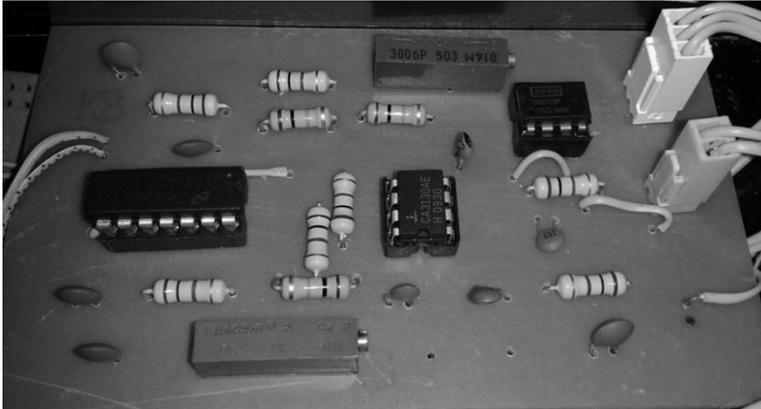


Figura 37. Tarjeta de medidor de pH.

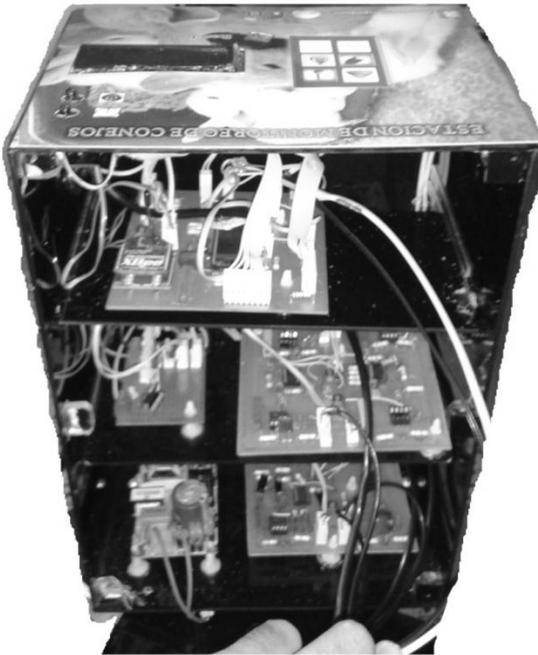


Se usaron dos cajas en acrílico que contienen todas las tarjetas electrónicas y cableado para el funcionamiento del instrumento de laboratorio. En la Figura 39, puede observarse la estación de monitoreo de conejos y en la Figura 38, puede observarse la estación de monitoreo de compost.

Figura 38. Acabado final de estación de monitoreo de compost.



Figura 39. Caja de Estación de monitoreo de conejos de 3 niveles.



7. RESULTADOS

7.1. COSTO DE FABRICACION DEL SISTEMA

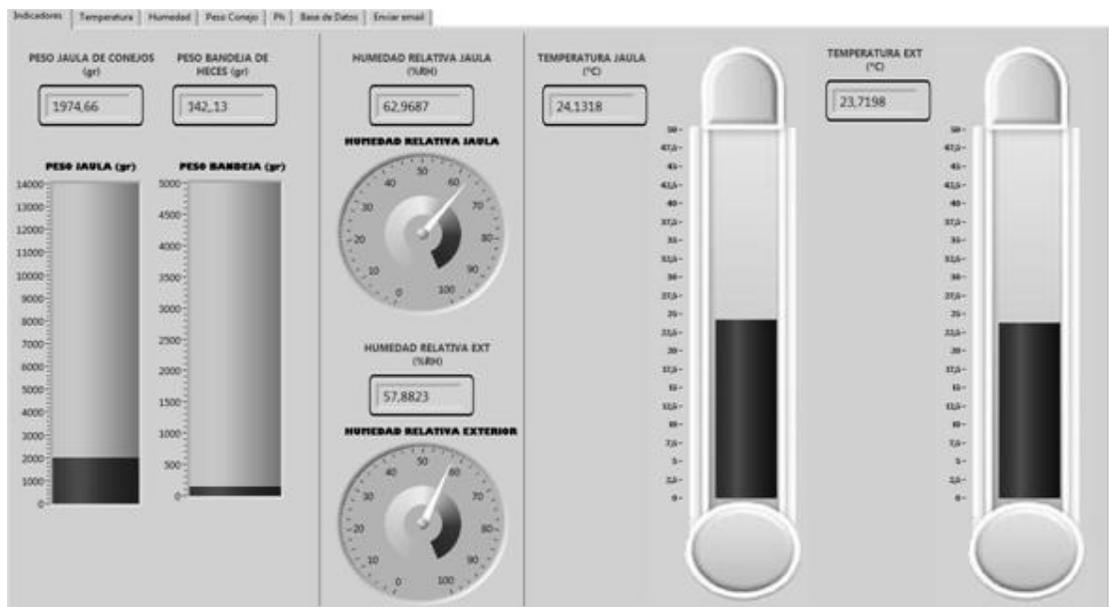
De acuerdo a un análisis de costos, se obtuvo como resultado una inversión de \$ 2'000.000 con un aporte del 70% de la Universidad Surcolombiana y el resto por parte de los tesistas. Recursos que se utilizaron para la compra de diferentes dispositivos electrónicos y otros.

7.2. DESARROLLO DE PRUEBAS

En la Figura 40, se ilustran la pestaña de indicadores que tiene el software el cual supervisa de forma gráfica las que se detallan a continuación:

- Peso del animal, peso de las excretas, humedad relativa y temperatura de la estación de monitoreo del animal
- Humedad relativa, temperatura y pH de la estación de monitoreo del compost

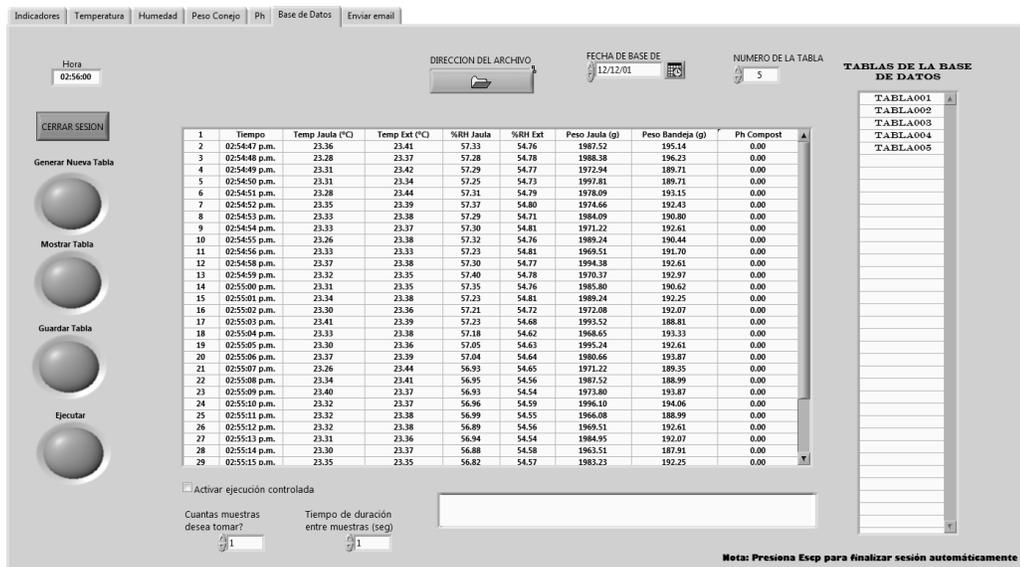
Figura 40. Tablero de indicadores en LabVIEW.



Al validar el instrumento demostró un rango de tolerancia para el peso de 20 gramos a su valor real del elemento pesado en la jaula o en la bandeja, la temperatura obtuvo una precisión del 99% de su valor en los instrumentos de calibración, la humedad relativa logró una tolerancia del 1% con respecto a los instrumentos de calibración y finalmente el pH se encontró a un margen de tolerancia de 0.1 para el rango de pH de 0 a 14.

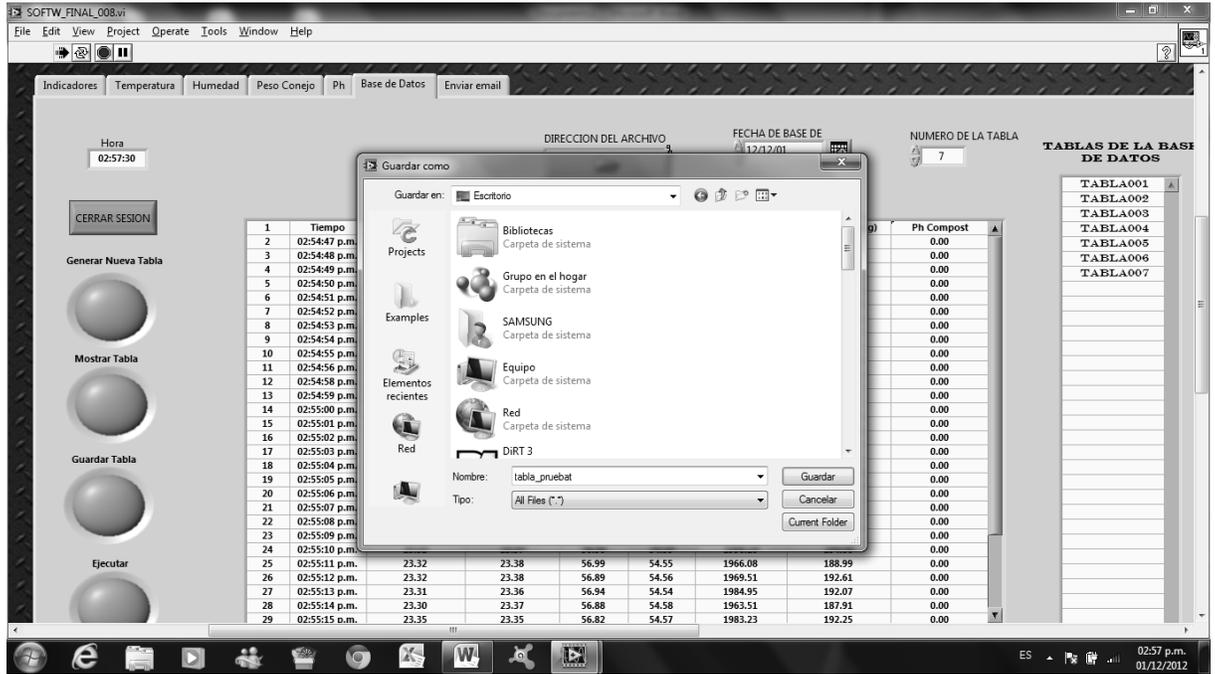
En la Figura 41, se ilustra la pestaña del registro de datos el cual permitió la generación de tablas en bases de datos visualizando en columnas cada una de las variables que integra el instrumento de laboratorio, ejecuciones controladas modificando número de muestras y tiempo entre estas satisfactoriamente.

Figura 41. Generación de tabla de datos en LabVIEW.



En la Figura 42 y 43, se observa la exportación de los resultados de una prueba desde LabVIEW a formato .CSV con el objetivo de compartir la información generada en cualquier PC que cuente con Microsoft Office Excel.

Figura 42. Exportación de archivo en LabVIEW (contiene tabla en formato .csv).



En la Figura 44, se ilustra el envío de archivos adjuntos por correo electrónico de los resultados de una prueba, dicho envío se realiza por medio de un correo establecido modificando asunto, mensaje anexo y destinatario.

Figura 43. Archivo CSV de tabla exportada de la base de datos.

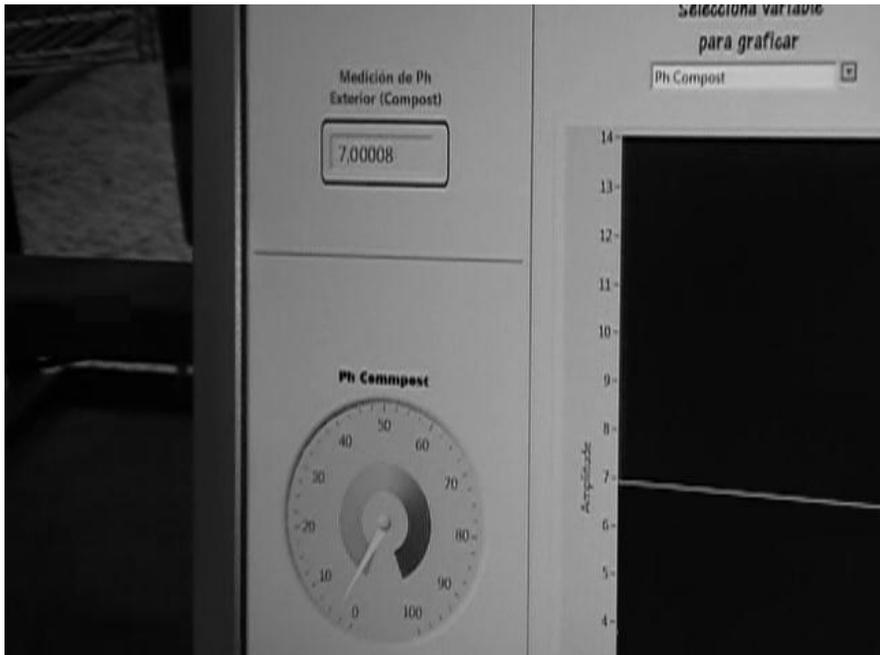
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1	Tiempo	Temp Jaula (°C)	Temp Ext (°C)	%RH Jaula	%RH Ext	Peso Jaula (g)	Peso Bandeja (g)	Ph Compost
2	2	02:54:47 p.m.	23.36	23.41	57.33	54.76	1987.52	195.14	0.00
3	3	02:54:48 p.m.	23.28	23.37	57.28	54.78	1988.38	196.23	0.00
4	4	02:54:49 p.m.	23.31	23.42	57.29	54.77	1972.94	189.71	0.00
5	5	02:54:50 p.m.	23.31	23.34	57.25	54.73	1997.81	189.71	0.00
6	6	02:54:51 p.m.	23.28	23.44	57.31	54.79	1978.09	193.15	0.00
7	7	02:54:52 p.m.	23.35	23.39	57.37	54.80	1974.66	192.43	0.00
8	8	02:54:53 p.m.	23.33	23.38	57.29	54.71	1984.09	190.80	0.00
9	9	02:54:54 p.m.	23.33	23.37	57.30	54.81	1971.22	192.61	0.00
10	10	02:54:55 p.m.	23.26	23.38	57.32	54.76	1989.24	190.44	0.00
11	11	02:54:56 p.m.	23.33	23.33	57.23	54.81	1969.51	191.70	0.00
12	12	02:54:58 p.m.	23.37	23.38	57.30	54.77	1994.38	192.61	0.00
13	13	02:54:59 p.m.	23.32	23.35	57.40	54.78	1970.37	192.97	0.00
14	14	02:55:00 p.m.	23.31	23.35	57.35	54.76	1985.80	190.62	0.00
15	15	02:55:01 p.m.	23.34	23.38	57.23	54.81	1989.24	192.25	0.00
16	16	02:55:02 p.m.	23.30	23.36	57.21	54.72	1972.08	192.07	0.00
17	17	02:55:03 p.m.	23.41	23.39	57.23	54.68	1993.52	188.81	0.00
18	18	02:55:04 p.m.	23.33	23.38	57.18	54.62	1968.65	193.33	0.00
19	19	02:55:05 p.m.	23.30	23.36	57.05	54.63	1995.24	192.61	0.00
20	20	02:55:06 p.m.	23.37	23.39	57.04	54.64	1980.66	193.87	0.00
21	21	02:55:07 p.m.	23.26	23.44	56.93	54.65	1971.22	189.35	0.00
22	22	02:55:08 p.m.	23.34	23.41	56.95	54.56	1987.52	188.99	0.00
23	23	02:55:09 p.m.	23.40	23.37	56.93	54.54	1973.80	193.87	0.00
24	24	02:55:10 p.m.	23.32	23.37	56.96	54.59	1996.10	194.06	0.00
25	25	02:55:11 p.m.	23.32	23.38	56.99	54.55	1966.08	188.99	0.00

Figura 44. Envío desde LabVIEW del archivo exportado en forma de correos electrónicos.



El pH se calibro usando las soluciones de los buffer de calibración adquiridos por la empresa HANNA INSTRUMENTS para valores de 7.01 y 4.01 del rango de pH. Los resultados pueden ser observados en la Figura 45.

Figura 45. Medidor de pH.



Usando el Web Server de LabVIEW y una red LAN virtual con HAMACHI se realizó la ejecución remota del instrumento con los requerimientos de tener acceso a Internet y encontrarse encendido el instrumento.

8. CONCLUSIONES

El sistema de monitoreo está compuesta por dos estaciones que poseen visualización local en visualizador LCD del peso del animal, peso de las excretas, humedad relativa y temperatura ambiente de la jaula y pH, humedad relativa y temperatura del compost. Un teclado facilita la operación del dispositivo para ejecución que pueden ser consultados en el manual de usuario. El monitoreo remoto del sistema se realiza haciendo uso de la herramienta de LabVIEW llamada Web Server y la aplicación del software Hamachi creando una red LAN virtual, facilitando el acceso y ejecución del mismo desde cualquier lugar con acceso a Internet y como requerimiento adicional que el sistema se encuentre en funcionamiento.

El diseño de una estructura es fundamental para el funcionamiento de un sistema de pesaje, donde en el presente trabajo fue indispensable un arreglo de 4 celdas de carga en el nivel superior de la estructura ya que se necesitó un espacio vacío para la caída de las excretas del animal a un nivel inferior de la estructura, donde se encuentra la bandeja, para ser pesadas.

En la actualidad se pueden encontrar diversos sensores para obtener el valor de la humedad relativa ambiente, cada uno caracterizado por un principio de funcionamiento distinto. Para el presente trabajo se usó un sensor de humedad relativa de tipo capacitivo el cual requiere que su pieza transductora no se encuentre obstaculizada por ningún objeto para obtener una medida confiable. Por esta razón, el sensor no puede recibir ningún tipo de acoplamiento y debe quedar expuesto a la intemperie.

Debido a que la Universidad Surcolombiana cuenta con licencia para el uso de LabVIEW, se escogió MySQL como motor de bases de datos ya que es gratuito y proporciona una fácil integración con LabVIEW. El método de transmisión USB facilita la operación del instrumento de laboratorio desde cualquier equipo y la recepción de datos en LabVIEW ya que este cuenta con librerías para tal fin.

El uso de un tablero de control en el panel frontal de LabVIEW crea una interfaz intuitiva y de fácil operación ayudando al usuario a navegar entre las pestañas que contienen los módulos para el manejo del programa. Implementar pestañas y anillos de sistema proporcionó una mayor eficiencia en el uso del espacio del panel en el software, haciendo mucho mayor la cantidad de aplicaciones usadas en un área pequeña.

Siendo LabVIEW un software de instrumentación que realiza la ejecución de sus tareas de forma secuencial impide la ejecución multitarea de otros procesos, por esta razón al realizar el envío de archivos por correo electrónico desde el software

elaborado se limita a que la adquisición de datos o cualquier otra operación pueda ser desarrollada.

Para conocer el valor de potencial de hidrogeno del compost se utilizan electrodos VNC, debido a que en el mercado se encuentran electrodos de salida codificada que dificultan la obtención del valor de pH; esa decodificación solo es posible mediante instrumentos creados por el fabricante del electrodo.

Para crear el enlace entre LabVIEW y el motor de base de datos se utilizó los bloques funcionales LabSql ADO Functions, que realizan el almacenamiento de información mediante comandos SQL para crear, mostrar y suministrar las tablas que se encuentran dentro de cada una de la base de datos.

9. RECOMENDACIONES

La aplicabilidad del proyecto puede someterse a cambios en el hardware reemplazando sensores y modificando su respectiva programación de LabVIEW y el microcontrolador.

Los sensores de pH son elaborados para proporcionar la medida del potencial de hidrogeno de una solución, algunos fabricantes distribuyen electrodos como sensores transductores y dispositivos medidores de pH. La combinación del electrodo y medidor proporciona al usuario una poderosa herramienta para conocer el valor de pH, por eso se recomienda para futuras investigaciones el uso de electrodos de pH VNC debido a que estos tienen la señal de salida codificada para el uso exclusivo con dispositivos del mismo fabricante.

En la actualidad, el costo de fabricación en algunos dispositivos es elevado. Por ejemplo, los sensores de temperatura ópticos usan la detección de las longitudes de onda en una superficie para determinar la temperatura de la misma lo cual eleva el rango de aplicaciones. Se recomienda el uso de estos dispositivos en un futuro cercano para determinar la temperatura del animal sin estar en contacto con el mismo.

La transmisión inalámbrica es realizada por los módulos Xbee, los cuales determinan el alcance de la transmisión de acuerdo a factores como tipo de antena y potencia de transmisión. La facilidad de programación de dichos dispositivos como su configuración en modo transparente para una red punto a punto permite que el reemplazo de estos pueda elevar las prestaciones del sistema.

Las celdas de carga son dispositivos capaces de obtener una medida confiable del peso en función del voltaje suministrado que determina el rango operativo de la señal de salida, dicho rango puede variar dependiendo de la sensibilidad que posea la celda. Por esta razón, se recomienda el uso de celdas de carga monobloque.

Un posible control de variables como la temperatura y la humedad relativa proporcionan unas condiciones aptas para el crecimiento de animales como el conejo; se propone realizar un sistema que controle el ambiente de desarrollo para animales examinando variables que afecten la calidad de vida de estos.

La transmisión de datos entre dispositivos electrónicos y el PC a través del puerto USB son cada vez más utilizados en la actualidad. Este enlace puede crearse con facilidad adicionando a la etapa de adquisición de datos de cualquier instrumento la aplicación USB utilizada en este proyecto. Se trata de un driver y unas librerías que permiten al microcontrolador enviar y recibir datos a través del puerto

USB del PC, lo cual es factible ya que la mayoría de computadores cuentan con tal puerto.

Una buena aplicación para destacar en la etapa de monitoreo del instrumento es la posibilidad de acceder a esta herramienta desde cualquier PC que cuente con servicio de Internet. Se propone tener en cuenta este desarrollo para aquel que busque en su proyecto la posibilidad de monitorear su proceso mediante una interfaz remota. Para el uso de esta aplicación es indispensable el uso del software Hamachi y la herramienta que proporciona LabVIEW llamada Web Server.

La creación de una base de datos para un instrumento de monitoreo suministra al operario la seguridad y facilidad de contar con un registro de datos de las pruebas que realice desde el PC. Se encontró que LabVIEW posee una eficaz conectividad con la ejecución de comandos SQL utilizados para la creación de tablas, base de datos y exportación de tablas a formato CSV. Se recomienda la creación del enlace LabVIEW – MySQL para adquirir, manipular y recopilar la información.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcolea, M. y González, C. (2000) “Manual de Compostaje Doméstico”. (en línea). [Barcelona]. Julio de 2004. [Citado el 2 de Mayo de 2012]. Disponible en internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/compostando.pdf>
- ALVAREZ DE LA PUENTE, José M. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. (en línea). JUNTA DE ANDALUCÍA. [Citado 5 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf
- ARAGONÉS, Jesús Bausà et al. Sensores de temperatura (En Línea). [Citado 13 de Febrero de 2013]. CLASIFICACIÓN, pp. 4. Disponible en Internet: <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf>.
- DESROSIER, Norman. Conservación de alimentos. México, Ed. Continental.1991 [Citado 5 Marzo de 2013] UNIDO (Organización de la ONU para el Desarrollo Industrial)-Viena Austria-POB 300-A-1500 Publicaciones varias. [Citado 5 Marzo de 2013]
- ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Tema: Sensores de presión y sensores de peso (En Línea). [Citado 13 de Febrero de 2013]. Disponible en Internet: <<http://ciecfie.epn.edu.ec/Automatizacion/Laboratorios/instrumentacion/hojasguias/11-2/P9.pdf>>.
- GONGORA, Manuel y CORTES, Francisco. Automatización de Secador de Café (Tipo Silo) de Laboratorio. Trabajo de grado Ingeniero Electrónico. Neiva, Colombia. Universidad Surcolombiana del Huila. Facultad de Ingeniería Electrónica, 2010. 110p.
- GOOGLE. Cómo configurar otros clientes de correo (En línea). 2012, [Citado 23 de Abril 2012]. Disponible en Internet: <<http://support.google.com/mail/bin/answer.py?hl=es&answer=13287>>.
- GUAYÁN, Luis María, Envío de correo electrónico por el servidor SMTP de Gmail (En línea), Tucumán, Argentina. 27 de Abril 2012, [Citado 21 de Junio 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.portalfox.com/index.php?name=News&file=article&sid=2413>>.

- GUTIERREZ GUZMAN, Nelson. Agroindustria USCO. Universidad Surcolombiana. Ciencia y Tecnologías Agropecuarias. (proyecto de investigación). [Colombia]. 2002. [Citado 10 Marzo de 2012].
- HENAO, José Duban, GUTIERREZ, Nelson y OVIEDO, Oscar M. USO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS EN FASES DE CEBA Y REPRODUCCIÓN. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 10. 2 de Julio – Diciembre de 2011. [Citado el 5 de Marzo de 2013]. p. 237-238. ISSN - 1909-9959.
- JAQUE BARBERO, Miguel. Manual de supervivencia del administrador de MySQL (En línea). 2007, [Citado 11 de Mayo de 2012]. Disponible en Internet:<http://www.mibibliotecavirtual.com/biblioteca/packed/manual_de_supervivencia_del_administrador_mysql.zip>.
- LÓPEZ ANTÓN, David y GALA TRALLERO, Sergio. RED INALÁMBRICA PARA INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS. Proyecto de final de carrera para optar al título de Ingeniería Técnica Industrial especialidad ELECTRÓNICA INDUSTRIAL. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). 11 de Enero de 2012. P. 36-51.
- MACIAS VELASCO, Bruno Oswaldo y QUIJIJE IDUARTE, Rolando Fernando. Base de datos centralizada para sistemas de seguridad. Trabajo de grado Ingeniero en Computación - Especialización. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería en electricidad y computación, 2009. 166p.
- MÁRQUEZ , Martín A. Envió de e-mails vía SMTP con GTK# y Monodevelop (En línea),Tlalpan, México, 18 de Junio 2012 , [Citado 29 de Julio 2012]. Disponible en Internet: <<http://xomalli.blogspot.com/2012/06/envio-de-e-mails-via-smtp-con-gtk-y.html>>.
- NAVARRO QUIROZ, Fabián. Administración de Bases de Datos MySQL 5.1 (En línea). 2012, [Citado 02 de Junio 2012].Disponible en Internet:<<http://es.scribd.com/doc/102629247/Universidad-Girona-Administracion-MySQL.pdf>>.
- PEREZ, Adrián. Turulo USB09 con conexión USB Full Speed (En línea). 23 de Marzo 2011, [Citado 09 de Febrero 2012]. Disponible en Internet:<<http://rabbitelectroniks.blogspot.com/2011/03/turulo-usb09.html>>.

- SEGOVIA LÓPEZ, Manuel. Manejadores de sistemas de base de datos (En Línea). 5 de Enero 2012, [Citado 11 de Mayo de 2012]. Disponible en Internet: <<http://es.scribd.com/doc/92010868/Manejadores-de-Sistemas-de-Bases-de-Datos.pdf>>.
- Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea]. Fundación Wikimedia, Inc.[Consultado 30 Julio de 2012]. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_humedad>.
- Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea]. Fundación Wikimedia, Inc.[Consultado 30 Julio de 2012]. Disponible en internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/PH-metro>>.

ANEXOS

ANEXO A INFORMACION TÉCNICA DE LOS DISPOSITIVOS USADOS PARA EL PROYECTO

AMPLIFICADOR OPERACIONAL DE PRESIÓN LF444

<http://www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?literatureNumber=snoc04c>

MICROCONTROLADOR PIC18F4550

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN AD620

http://www.stanford.edu/class/ee122/Parts_Info/datasheets/ad620.pdf

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN INA128

<http://www.ti.com/lit/ds/sbos051b/sbos051b.pdf>

AMPLIFICADOR OPERACIONAL CA3130

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/intersil/fn817.pdf>

SENSOR DE HUMEDAD HIH4000

<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/hih-4000.pdf>

SENSOR DE TEMPERATURA LM35

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

TARJETA PARA XBEE

<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20XBEE.pdf>

TARJETA PARA XBEE USB EXPLORER

<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20XBEE%20EXPLORER.pdf>

CELDA DE CARGA MONOBLOQUE SP06

http://www.bci.co/Pesaje/celdas_de_carga/mono_bloque_max200kg/catalogo_sp06/sp06.pdf

XBEE XB24-AWI001

http://www.sigmaelectronica.net/manuals/XBP24_XB24.pdf

FUENTES

<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/Q-60.pdf>

<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/PD-45A.pdf>

Diseño e Implementación de Sistema para Monitoreo de Animales y Compost.

Design and Implementation of Monitoring System for Animals and Compost.

José Duban Henao¹, Agustín Soto², Jorge Andrés Peña A.³ y Germán Eduardo Wilches⁴

Resumen

La cunicultura o producción cunícola es una alternativa que es adoptada en muchos países para abastecer la demanda de hambre debido a su bajo costo y altos resultados en la eficiencia del proceso. El presente estudio tiene por objetivo el diseño e implementación de una herramienta de laboratorio para el estudio de animales con un peso no superior a 15 Kg dentro de una jaula, para este caso se establece como objeto de estudio conejos de raza Nueva Zelanda blanco para valorar diferentes tipos de alimentos, incremento total del peso y número de crías como respuesta al tipo de alimento utilizado.

La herramienta de laboratorio desarrollada, permite la supervisión en dos lugares distintos separados a una distancia de 50 metros donde son ubicadas las estaciones de monitoreo del animal y del compost. En la estación de monitoreo del animal, se monitorean temperatura ambiente, humedad relativa, peso del animal y peso de las heces; en la estación de monitoreo del compost se monitorean humedad relativa, temperatura y pH. Además, incorpora una interfaz de usuario que permite visualización en pantalla LCD, software elaborado en Labview para PC con registro de información en bases de datos, creación de archivos con los resultados generados por las pruebas y envío por correo electrónico, ejecución controlada en la toma de datos y finalmente, visualización de gráficos e indicadores de las variables monitoreadas.

Palabras Claves: estaciones de monitoreo, abonos, compost, cunicultura.

Abstract

The rabbit production is an alternative that is adopted in many countries to meet the demand of hunger due to its low cost and high efficiency results in the process. This study aims to design and implementation of a tool for the study of laboratory animals with a weight not exceeding 15 kg in a cage, for this case is set as an object of study in New Zealand white rabbits to assess White different types of food, increasing total weight, number of offspring, as response variables depending on the type of feed used.

The laboratory tool developed, monitored at two locations separated by a distance of 50 meters which are located monitoring stations animal and compost. It also incorporates a user interface that allows LCD screen display, developed in Labview software for PC with information recorded in databases, file creation with the results generated by the tests and emailing, making controlled execution data and finally displaying charts and indicators monitored variables.

Keywords: monitoring stations, fertilizers, compost, rabbit.

¹ Ph.D. en Ingeniería Agrícola. Docente Universidad Surcolombiana. Neiva-Huila. duvanhenao23@hotmail.com

² Magister en Ingeniería Electrónica. Docente Universidad Surcolombiana. Neiva – Huila. agussoto113@gmail.com

³ Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. Neiva-Huila. jorge901111@gmail.com

⁴ Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. Neiva-Huila. gereduardo1989@gmail.com

1. Introducción

La industria del agro es la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agrarios, pecuarios, forestales y biológicos. Esta rama de industrias se divide en dos categorías, alimentaria y no alimentaria. La alimentaria se encarga de la transformación de los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos de elaboración para el consumo alimenticio. La rama no-alimentaria es la encargada de la parte de transformación de estos productos que sirven como materias primas, utilizando sus recursos naturales para realizar diferentes productos industriales (Desrosier, 1991).

El aprovechamiento de los recursos es uno de los factores fundamentales a la hora de dar una solución a diversos problemas que afronta la sociedad actual, por ejemplo en Colombia el consumo de carne por parte de la población es bajo. La situación es más desfavorable para familias campesinas que no disponen del nivel de ingresos suficiente que les permita comprar carne en las cantidades necesarias para una adecuada alimentación. Una alternativa para éstas, es establecer en sus parcelas animales que puedan ser alimentados con los abundantes y variados recursos forrajeros con que cuenta el país y que no compitan con la alimentación humana, por lo que la cría de conejos constituye un potencial para mejorar la dieta y nivel de vida de las familias de menores ingresos. En el orden de desarrollar programas alimenticios para conejos de manera más eficiente utilizando forrajes, es necesario tener conocimiento de las cualidades específicas para esta especie, incluyendo digestibilidad, palatabilidad, contenido nutricional y los efectos sobre el funcionamiento intestinal y las enfermedades entéricas (Henaó y Oviedo, 2011). Para solventar las falencias encontradas es estrictamente necesario la presencia investigativa de la academia como una herramienta para mejorar la calidad de vida y aportar un granito de arena que permita superar tiempos difíciles. El presente trabajo tiene por objetivo la creación de un sistema de monitoreo para animales y compost que de la mano a estudios investigativos pueda perfeccionar y tecnificar las practicas convencionales de crianza de animales para subsanar la demanda alimenticia en Colombia.

La composta es obtenida de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines (parte líquida altamente contaminante que rezuma de todo tipo de estiércoles animales) en el que se da una sucesión de condiciones diferentes debido a la actividad combinada de una amplia gama de bacterias y hongos que llevan a cabo la oxidación de la materia orgánica, con la consiguiente producción de calor, que eleva la temperatura de la masa, y de sustancias elementales útiles a la vida de las plantas. Los microorganismos proceden de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Los factores cruciales para el control del compostaje aerobio son humedad, oxígeno, tamaño de partículas, temperatura, relación carbono/nitrógeno y volteos. En el proceso de elaboración de compost tiene lugar una serie de etapas relacionadas a cambios en el pH que influyen en el crecimiento de poblaciones de hongos y bacterias, dicho proceso se detalla a continuación (Alcolea y González, 2004).

El pH de la masa durante el proceso de maduración también sufre una variación similar en casi todos los sustratos. El descenso inicial en el pH (Fase I) coincide con el paso de la fase mesofílica a la fase termofílica. Esta fase se denomina acidogénica. Se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de pH 5,5-8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termofílica se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6-7,5 (Fase de alcalinización). Finalmente se da una fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de policondensación (Álvarez de la Puente, 2008). El presente trabajo dispone una herramienta que facilita el estudio investigativo de los factores que tienen lugar en el proceso de elaboración de abonos donde se evalúan los agentes más importantes como temperatura, humedad relativa y pH mediante un enfoque tecnológico que arroje resultados que sirvan como referencia a la tecnificación de dichas prácticas.

2. Metodología

Para el monitoreo de las variables establecidas en el proyecto se formaron las etapas necesarias para la elaboración del sistema de monitoreo de animales y compost, desarrollando una metodología de trabajo que facilitó la culminación del mismo, dicha metodología es ilustrada en la Figura 1.

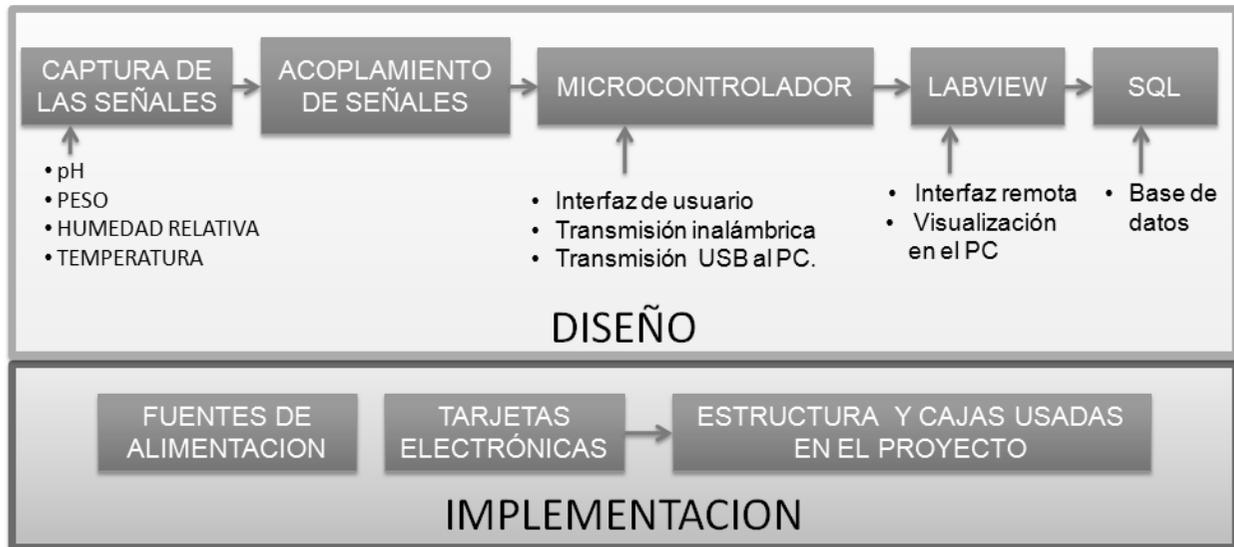


Figura 1. Metodología usada para la elaboración del sistema de monitoreo para animales y compost.

El sistema de monitoreo de animales y compost está compuesto por hardware y software, que contienen el diseño e implementación de todas las etapas que contiene el proyecto.

2.1 Hardware

El hardware hace referencia a la aplicabilidad de los diseños realizados durante el desarrollo del proyecto, donde para su culminación fue necesaria la elaboración de tarjetas electrónicas, estructura metálica y cajas acrílicas, además de la obtención de fuentes de alimentación que cumplieran los requerimientos del trabajo.

Las tarjetas electrónicas son el resultado de los múltiples diseños realizados en las etapas metodológicas que se ilustraron en la Figura 1 obteniendo como producto seis tarjetas que componen el sistema de monitoreo para animales y compost desarrollado.

- 2 Tarjetas de adquisición de datos.
- 2 Tarjetas de amplificación, filtrado y suma de las celdas de carga.
- 1 Tarjeta de Ph-metro.
- 1 Tarjeta de conectores

Para el sistema de pesaje formado por seis celdas de carga, ubicadas en una estructura metálica de dos niveles se realizó un arreglo de cuatro celdas para sostener la jaula con el animal en su interior son adquiridas las señales de peso y posteriormente sumadas con el objetivo de calcular el peso total del animal, las heces del mismo deben caer libremente hasta una bandeja que se encuentra en el nivel inferior, sostenida por dos celdas donde es capturado el peso total de las excretas como se observa en la Figura 2.

La estructura metálica que se observa en la Figura 2 tiene por objetivo el soporte de los diferentes elementos de la estación de monitoreo para animales. Adicionalmente en material acrílico se elaboraron dos cajas que contienen en su interior las tarjetas electrónicas que permiten el funcionamiento del sistema de monitoreo para animales y compost. En la Figura 3, se ilustra la estación de monitoreo del compost la cual puede ser transportada con facilidad debido a su tamaño.



Figura 2. Estación de monitoreo del animal con jaula y bandeja.



Figura 3. Estación de monitoreo de compost.

El uso de teclado y pantalla LCD brinda la posibilidad de visualización de las variables supervisadas sin tener que poner en marcha el software elaborado, facilitando la operación del instrumento intuitivamente.

2.2 Software

Dentro de los objetivos a cumplir en el desarrollo del sistema de monitoreo para animales y compost se establece que debe acompañarse de una interfaz gráfica que permita observar el comportamiento de la información obtenida por cada uno de los sensores de temperatura, humedad relativa, pesos y pH, además contar con el almacenamiento de esta información en una respectiva base de datos.

Para dar cumplimiento a lo propuesto se usaron diferentes programas que fueron las herramientas para alcanzar los objetivos trazados. En primer lugar se usó CCS para introducir al microcontrolador una lógica de programación diseñada, Labview como software de instrumentación principal permitió la obtención de todos los datos a través de transmisión USB desde el microcontrolador, así como crear un instrumento virtual que facilitó la manipulación de la información con la posibilidad de enviar por correo electrónico los resultados de las pruebas realizadas y por último el uso de MySQL para registrar en las bases de datos de una forma ordenada y confiable.

El software elaborado consta de múltiples pestañas que permiten la operación de diferentes módulos dentro del panel frontal realizado, se realizó un manual de usuario como anexo al trabajo de grado que permite la comprensión del funcionamiento y operación del presente instrumento.

3. Resultados

En la Figura 4, se ilustran los indicadores que tiene el software que supervisan de forma grafica las variables monitoreadas que se detallan a continuación:

- Peso del animal, peso de las excretas, humedad relativa y temperatura de la estación de monitoreo del animal
- Humedad relativa, temperatura y pH de la estación de monitoreo del compost

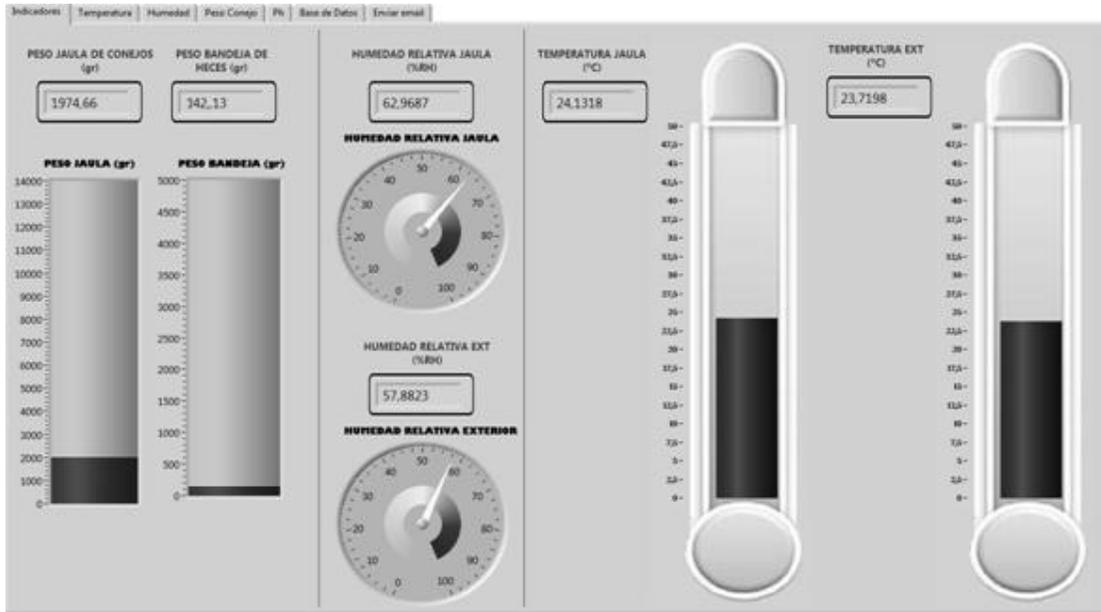


Figura 4. Visualización de medidas del sistema en Indicadores.

Se obtuvo que el sistema de monitoreo para animales y compost realizó una exitosa adquisición de los datos supervisados y la ejecución remota del instrumento con requerimientos de tener acceso a Internet y encontrarse encendido el instrumento usando el Web Server de Labview (Góngora y Cortes, 2010) y una red LAN virtual con HAMACHI.

Al validar el instrumento demostró un rango de tolerancia para el peso de 20 gramos a el valor real del elemento pesado en la jaula o en la bandeja, la temperatura obtuvo una precisión del 99% de su valor observado en los instrumentos de calibración, también la humedad relativa obtuvo una tolerancia del 1% de la valor visualizado en los instrumentos de calibración, el pH demostró un margen de tolerancia de 0.1 para el rango de pH de 0 a 14.

En la Figura 5, se ilustra la pestaña del registro de datos que permitió la generación de tablas en bases de datos donde se visualiza en columnas cada una de las variables que integra el sistema de monitoreo para animales y compost, ejecuciones controladas modificando numero de muestras y tiempo entre estas satisfactoriamente.

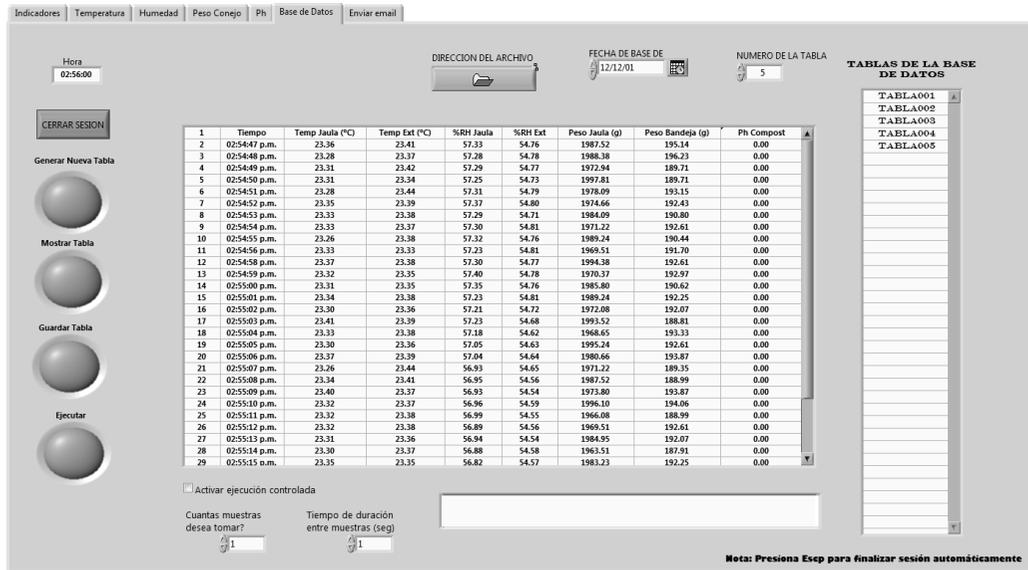


Figura 5. Generación de tabla de datos en Labview.

En la Figura 6 y 7 se observa la exportación de los resultados de una prueba desde Labview en formato .CSV permitiendo compartir la información generada en cualquier PC que cuente con Microsoft Office Excel (Guayán, 2012).

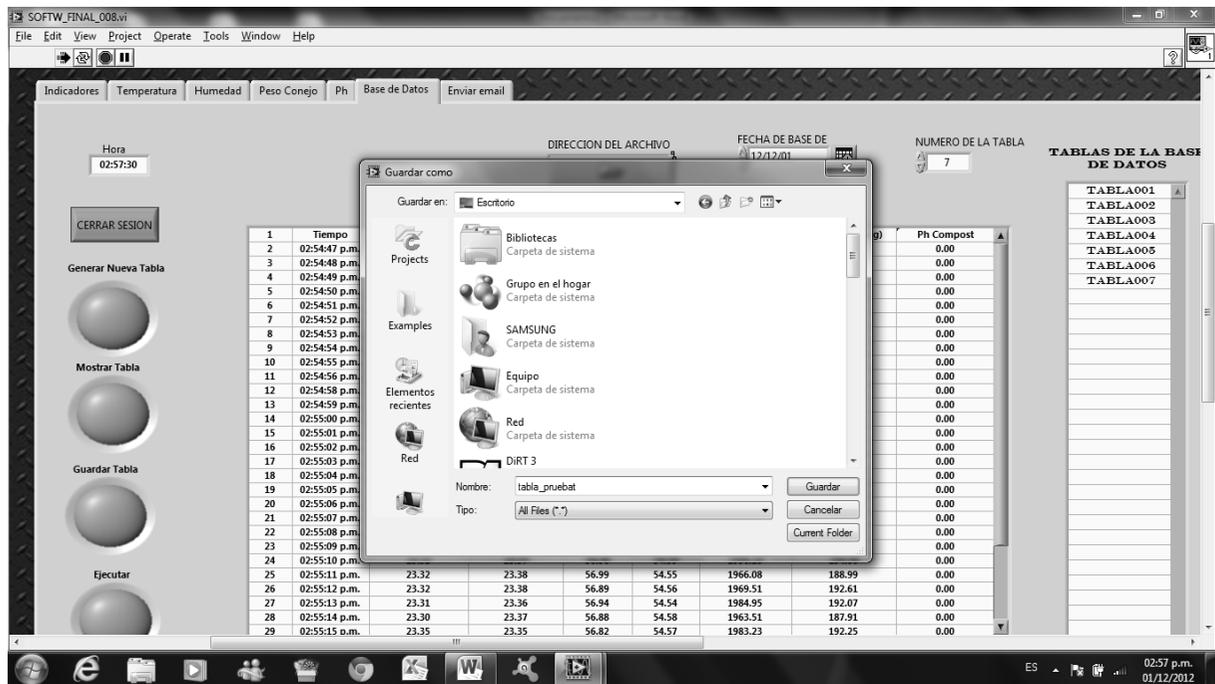


Figura 6. Exportación de archivo en Labview (contiene tabla en formato .csv)

En la Figura 8, se ilustra el envío de archivos adjuntos por correo electrónico de los resultados de una prueba, dicho envío se realiza por medio de un correo establecido modificando asunto, mensaje anexo y destinatario.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Tempo	Temp Jaula (°C)	Temp Ext (°C)	%RH Jaula	%RH Ext	Peso Jaula (g)	Peso Bandeja (g)	Ph Compost
2	2	02:54:47 p.m.	23.36	23.41	57.33	54.76	1987.52	195.14	0.00
3	3	02:54:48 p.m.	23.28	23.37	57.28	54.78	1988.38	196.23	0.00
4	4	02:54:49 p.m.	23.31	23.42	57.29	54.77	1972.94	189.71	0.00
5	5	02:54:50 p.m.	23.31	23.34	57.25	54.73	1997.81	189.71	0.00
6	6	02:54:51 p.m.	23.28	23.44	57.31	54.79	1978.09	193.15	0.00
7	7	02:54:52 p.m.	23.35	23.39	57.37	54.80	1974.66	192.43	0.00
8	8	02:54:53 p.m.	23.33	23.38	57.29	54.71	1984.09	190.80	0.00
9	9	02:54:54 p.m.	23.33	23.37	57.30	54.81	1971.22	192.61	0.00
10	10	02:54:55 p.m.	23.26	23.38	57.32	54.76	1989.24	190.44	0.00
11	11	02:54:56 p.m.	23.33	23.33	57.23	54.81	1969.51	191.70	0.00
12	12	02:54:58 p.m.	23.37	23.38	57.30	54.77	1994.38	192.61	0.00
13	13	02:54:59 p.m.	23.32	23.35	57.40	54.78	1970.37	192.97	0.00
14	14	02:55:00 p.m.	23.31	23.35	57.35	54.76	1985.80	190.62	0.00
15	15	02:55:01 p.m.	23.34	23.38	57.23	54.81	1989.24	192.25	0.00
16	16	02:55:02 p.m.	23.30	23.36	57.21	54.72	1972.08	193.07	0.00
17	17	02:55:03 p.m.	23.41	23.39	57.23	54.68	1993.52	188.81	0.00
18	18	02:55:04 p.m.	23.33	23.38	57.18	54.62	1968.65	193.33	0.00
19	19	02:55:05 p.m.	23.30	23.36	57.05	54.63	1995.24	192.61	0.00
20	20	02:55:06 p.m.	23.37	23.39	57.04	54.64	1980.66	193.87	0.00
21	21	02:55:07 p.m.	23.26	23.44	56.93	54.65	1971.22	189.35	0.00
22	22	02:55:08 p.m.	23.34	23.41	56.95	54.56	1987.52	188.99	0.00
23	23	02:55:09 p.m.	23.40	23.37	56.93	54.54	1973.80	193.87	0.00
24	24	02:55:10 p.m.	23.32	23.37	56.96	54.59	1996.10	194.06	0.00
25	25	02:55:11 p.m.	23.32	23.38	56.99	54.55	1966.08	188.99	0.00

Figura 7. Archivo CSV de tabla exportada de la base de datos



Figura 8. Envío desde Labview del archivo exportado en forma de e-mails

4. Conclusiones

El sistema de monitoreo posee 2 estaciones que permiten una visualización local de las variables de interés, el uso del interface de usuario mediante un LCD – teclado facilita la operación del dispositivo evitando la ejecución de programa en el PC.

El hardware y el software desarrollado permite el monitoreo remoto de las estaciones del sistema eficientemente mediante el web server de Labview, facilitando el acceso y ejecución del mismo desde cualquier lugar cumpliendo con las condiciones de acceso a Internet y encontrarse en funcionamiento.

El diseño de una estructura es fundamental en el presente trabajo fue indispensable un arreglo de 4 celdas en el nivel superior ya que se necesitó un espacio vacío que permite la caída de las excretas del animal a un nivel inferior para ser pesadas.

Algunos fabricantes reservan el derecho en cuanto al funcionamiento de sus sensores como por ejemplo los electrodos de pH, por esta razón se opto por usar un electrodo con una señal de salida única para evitar inconvenientes a la hora de comprender el funcionamiento del mismo.

El sensor de humedad usado tiene como requerimiento para una medida confiable que la zona transductora se encuentre libre o despejada, lo que reduce el rango de aplicaciones a las cuales podría someterse en futuras investigaciones.

Debido a que la Universidad Surcolombiana cuenta con licencia para el uso de Labview, se escogió MySQL como motor de bases de datos ya que este es gratuito y proporciona una fácil integración con Labview.

El método de transmisión USB facilita el la operación del dispositivo desde cualquier equipo y la recepción de datos en Labview ya que este cuenta con librerías para tal fin.

La interfaz grafica usada en el software es muy intuitiva y de fácil operación permitiendo al usuario navegar entre las pestañas que contienen los módulos para el manejo del programa.

Implementar pestañas y anillos de sistema proporcionó una mayor eficiencia en el uso del espacio del panel en el software, haciendo mucho mayor la cantidad de aplicaciones usadas en un área pequeña.

5. Referencias Bibliográficas

[1]DESROSIER, Norman. Conservación de alimentos. México, Ed. Continental.1991 [Citado 5 Marzo de 2013] UNIDO (Organización de la ONU para el Desarrollo Industrial)-Viena Austria-POB 300-A-1500 Publicaciones varias. [Citado 5 Marzo de 2013].

[2]HENAO, José Duban, GUTIERREZ, Nelson y OVIEDO, Oscar M. USO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS EN FASES DE CEBA Y REPRODUCCIÓN. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 10. 2 de Julio – Diciembre de 2011. [Citado el 5 de Marzo de 2013]. p. 237-238. ISSN - 1909-9959.

[3]ALCOLEA, M. y GONZÁLEZ, C. (2000) “Manual de Compostaje Doméstico”. (en línea). [Barcelona]. Julio de 2004. [Citado el 2 de Mayo de 2012]. Disponible en internet: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/compostando.pdf>>.

[4]ALVAREZ DE LA PUENTE, José M. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. (en línea). JUNTA DE ANDALUCIA. [Citado 5 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecoloxica/Manual%20compostaxe.pdf>.

[5]GONGORA, Manuel y CORTES, Francisco. Automatización de Secador de Café (Tipo Silo) de Laboratorio. Trabajo de grado Ingeniero Electrónico. Neiva, Colombia. Universidad Surcolombiana del Huila. Facultad de Ingeniería Electrónica, 2010. 110p.

[6]GUAYÁN, Luis María, Envío de correo electrónico por el servidor SMTP de Gmail (En línea), Tucumán, Argentina. 27 de Abril 2012, [Citado 21 de Junio 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.portalfox.com/index.php?name=News&file=article&sid=2413>>.