

ISSN 2531-2960

Volumen 1, Número 3 — Julio — Septiembre - 2017

Revista del Desarrollo Tecnológico

ECORFAN®



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Revista del Desarrollo Tecnológico, Volumen 1, Número 3, de Julio a Septiembre - 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morlzarzal - Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2960. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIG. PhD
Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC
Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD
Universidad Panamericana, México

CAF. PhD
Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC
Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Desarrollo Tecnológico

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *Desarrollo de sistema de control inteligente para administración de potencia generada por paneles solares* por CARRILLO-GAONA, Ricardo Eduardo, MORA-DEL BOSQUE, Jessica Esperanza, LIÑAN-GARCÍA, Ernesto y GOMEZ-JIMENEZ, Ramón con adscripción en la Universidad Autónoma De Coahuila, como siguiente artículo está *Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán* por RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila con adscripción en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, como siguiente artículo *Arduino como herramienta para apoyar la terapia multisensorial a niños con capacidades diferentes* por RODRÍGUEZ-ARENAS, Mario Balvanedo, VELARDE-ANAYA, Omar, ÁLVAREZ-TORRES, Norma Angélica y CORONADO-PALOMARES, Juan Luis con adscripción en la Universidad Tecnológica De Nogales Sonora, como siguiente artículo está *Control virtual de un exoesqueleto robótico* por ISLAS-ALEJANDRE, Arturo, ACOSTA-SÁNCHEZ, José Antonio, NERI-GÓMEZ, Manuel y MENDOZA-BELLOC, Armando con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, como siguiente artículo está *Prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (pinktest)* por ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, DOROTEO-CASTILLEJOS, Rubén, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y RIOS-SÍLVA, Israel De Jesús con adscripción en Instituto Tecnológico de Oaxaca, como siguiente artículo está *Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas* por HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar, GUZMÁN-TINAJERO, Pedro y MORILLÓN-GÁLVEZ, David con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Contenido

Artículo	Página
Desarrollo de sistema de control inteligente para administración de potencia generada por paneles solares CARRILLO-GAONA, Ricardo Eduardo, MORA-DEL BOSQUE, Jessica Esperanza, LIÑAN-GARCÍA, Ernesto y GOMEZ-JIMENEZ, Ramón	1-7
Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila	8-17
Arduino como herramienta para apoyar la terapia multisensorial a niños con capacidades diferentes RODRÍGUEZ-ARENAS, Mario Balvanedo, VELARDE-ANAYA, Omar, ÁLVAREZ-TORRES, Norma Angélica y CORONADO-PALOMARES, Juan Luis	18-25
Control virtual de un exoesqueleto robótico ISLAS-ALEJANDRE, Arturo, ACOSTA-SÁNCHEZ, José Antonio, NERI-GÓMEZ, Manuel y MENDOZA-BELLOC, Armando	26-35
Prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (pinktest) ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, DOROTEO-CASTILLEJOS, Rubén, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y RIOS-SÍLVA, Israel De Jesús	36-43
Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar, GUZMÁN-TINAJERO, Pedro y MORILLÓN-GÁLVEZ, David	44-53

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Desarrollo de sistema de control inteligente para administración de potencia generada por paneles solares

CARRILLO-GAONA, Ricardo Eduardo*†, MORA-DEL BOSQUE, Jessica Esperanza, LIÑAN-GARCÍA, Ernesto y GOMEZ-JIMENEZ, Ramón

Centro De Desarrollo Y De Estudios Avanzados Delta, Facultad De Sistemas De La Universidad Autónoma De Coahuila, Facultad De Sistemas De La Universidad Autónoma De Coahuila,

Recibido Julio 5, 2017; Aceptado Septiembre 20, 2017

Resumen

En la actualidad la automatización es utilizada en las ramas industriales, al igual como en ambientes no industriales: casas habitación, oficinas, escuelas, hospitales, etc. En el ámbito de la investigación de energías verdes, la automatización unida a diferentes herramientas nos permite mejorar los sistemas ya existentes. Un ejemplo son los sistemas de paneles solares, pueden ser autónomos o interconectados con CFE, en el primero se cuenta con un banco de baterías las cuáles serán las encargadas de suministrar energía al momento de que la producción decaiga, mientras que en el sistema interconectado la casa se alimentará de los paneles y CFE, la ventaja de este método es que si la producción supera al consumo este excedente se vende a CFE. El sistema propuesto permite cambiar el tipo de alimentación, entre la energía producida y la suministrada por CFE, teniendo un sistema inteligente capaz de decidir en qué momento utilizar cada una de las fuentes, comparando la energía producida, almacenada y demandada; tomando la decisión de en qué momento energizar con CFE o con los recursos producidos, a un conjunto de aparatos críticos, permitiendo que el excedente se almacene y solo se consuma la cantidad mínima necesaria.

Panel, IA, Solar

Citación: CARRILLO-GAONA, Ricardo Eduardo, MORA-DEL BOSQUE, Jessica Esperanza, LIÑAN-GARCÍA, Ernesto y GOMEZ-JIMENEZ, Ramón. Desarrollo de sistema de control inteligente para administración de potencia generada por paneles solares. Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-3: 1-7

Abstract

To supply energy a house by applying energy from two sources: a solar panel system and a public electricity network. The solar panel refers to a panel designed to absorb the sun's rays as a source of energy for generating electricity by using a battery bank. The system can be autonomous or interconnected to the public electricity network. When is autonomous, the system supply energy from a battery bank. When is interconnected with the public network, the systems supply energy from the solar panels and the Federal Commission of Electricity. At the time that production declines, the interconnected system will supply energy to the home of the two sources. The advantage of this approach is that if production exceeds consumption, the surplus is sold to CFE. The proposed system allows to exchange the energy source in a dynamic way in relation to the energy consumption of the house. This system is intelligent and it decides when to use one source or another. Performs a comparison of energy produced, stored and demand. The system makes the decision to supply the energy of the house in function to the consumption of the energy of the house.

Solar, Energy, IA

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ricardo.carrillo1989@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un sistema fotovoltaico (SFV) o de energía solar mejor conocido como sistema de paneles solares, tiene como finalidad la transformación de la energía solar en energía eléctrica, directamente a través de la transformación de la radiación solar o indirectamente por medio de la transformación del calor producido por la radiación en energía eléctrica.

Esta transformación se realiza mediante las celdas de Silicio mono cristalino, la cual es la tecnología más utilizada en la fabricación de paneles solares, siendo formado por un conjunto de celdas, también llamadas obleas, las cuales producen 0.5 volts de corriente continua (Vcc) y la corriente (I) que entrega está directamente relacionada a las dimensiones de esta, el voltaje producido por las oblea es insuficiente e incompatible para alimentar a los aparatos eléctricos que se encuentran en cualquier casa habitación y/o en la industria dado que estos se alimentan con voltaje de corriente alterna (Vca) y los valores nominales son de 120, 220, 440 Vca.

Dado que las obleas no son capaces de producir estos niveles de voltaje y corriente, estas son interconectadas en serie para aumentar el voltaje y encapsuladas en módulos individuales, los cuales posteriormente se conectan en paralelo para aumentar la corriente producida por el sistema en general, los arreglos comerciales más típicos se muestran en la tabla 1.

Número de celdas en serie	Potencia producida
36	20 a 200 W
54	100 a 200 W
60	200 a 300 W
72	260 a 320 W
80	250 a 330 W
96	310 a 350 W

Tabla 1 Configuraciones de módulos comerciales de paneles solares

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos del CEENER 2016

Existe una amplia gama de SFV siendo el de un uso más común el sistema fotovoltaico interconectado a la red (SFVI), el cual ésta formado por un módulo de paneles fotovoltaicos, un inversor y un medidor bidireccional como se muestra en la figura 1, el primero produce la energía eléctrica y el inversor debe adecuarla tanto en el tipo, nivel y frecuencia, toda energía eléctrica producida debe de tener los valores especificados por la CFE para México los cuales son 110-127 Vca a 60 Hz.

Cumpliendo con estas condiciones, CFE proporciona un medidor bidireccional, el cual mide tanto la potencia consumida y la potencia suministrada, si el consumo excede la potencia suministrada quedará un saldo negativo, a retribuir ante CFE, en caso contrario si se suministra más de lo que se consume quedará un saldo a favor a consumirse en un tiempo máximo de 12 meses, no pudiendo convertirlo en efectivo y al termino del año el saldo a favor desaparecerá en caso de no utilizarse.

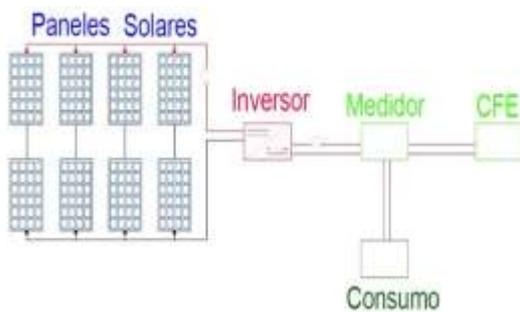


Figura 1 Estructura del sistema interconectado

Fuente: (Cardozo Piña, 2014)

Lo que genera una área de oportunidad, debido a que el aporte inyectado a las líneas de la paraestatal al cumplirse el año de vigencia no podrá ser recuperado, un sistema de alimentación híbrida nos permitirá eliminar el suministro de nuestro energético a CFE, permitiendo controlar con que fuente de alimentación se le suministrara la potencia a uno o varios aparatos en concreto, no controlando el encendido o apagado del mismo, solamente controlando el tipo de alimentación, almacenando el exceso de producción para nuestro propio consumo en un futuro, eliminando los factores del contrato de interconexión y el tiempo de vigencia del recurso.

En la segunda sección se explica la etapa de selección y programación del hardware, así como el protocolo de comunicación seleccionado, en la tercera sección se describirá la estructura de los microcontroladores, los cuales administraran diferentes áreas de la casa habitación, en la cuarta sección se muestra la interfaz gráfica diseñada para el usuario y por último en la quinta y sexta sección se muestran los resultados obtenidos y las conclusiones de los experimentos realizados.

Microcontroladores

El microcontrolador seleccionado para el desarrollo del sistema de control fue el PIC16F877A, basándose en la comparación que muestra en la tabla 2 y la experiencia en proyectos anteriores, se programó utilizando un lenguaje de alto nivel en "C", utilizando una estructura Maestro/Esclavo por comunicación I²C.

Característica	ATMEGA328	PIC16F877A
BIT'S	8	8
PUERTOS I/O	23	35
PINES	32	40
PWM	6	2
ADC	6	13
SERIAL	SI (I ² C)	SI (I ² C)
TIMERS	3	4
USB	No	No
Frecuencia de trabajo	20 MHz	20 MHz
Oscilador	Interno o externo	Interno
Maestro/esclavo	SPI	SPI, I ² C
Voltaje	1.8-5.5 Vcd	2-5.5V
Corriente	2 mA	3 mA
Memoria	32 KB	32 KB
Registros	32	1

Tabla 2 Comparación entre opciones de microcontroladores

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de las datasheet de ambos microcontroladores

El microcontrolador Maestro es el encargado de escuchar constantemente al CPU a través de un conversor serial/USB y mediante los periféricos habilitados mediante la multiplexión del puerto serial con el protocolo RS232 como se muestra en el código, donde el Maestro se comunica con el CPU y está preparado para comunicarse hasta con tres microcontroladores direccionadores.

```
#use rs232(baud=9600, parity=N,
xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8,
stream=CPU)
#use rs232(baud=9600, parity=N,
xmit=PIN_C4, rcv=PIN_C5, bits=8,
stream=M1)
#use rs232(baud=9600, parity=N,
xmit=PIN_D2, rcv=PIN_D3, bits=8,
stream=M2)
#use rs232(baud=9600, parity=N,
xmit=PIN_D4, rcv=PIN_D5, bits=8,
stream=M3)
```

Los datos que se reciben son los elementos que se requieren para controlar los aparatos en las diferentes áreas de la casa habitación y son los siguientes, los cuales son obtenidos por el microcontrolador por el comando "GETC":

```
output_bit(PIN_B7,1); inicio=getc(CPU);
delay_ms(5);
output_bit(PIN_B7,0); area=getc(CPU);
delay_ms(5);
output_bit(PIN_B7,1); aparato=getc(CPU);
delay_ms(5);
output_bit(PIN_B7,0); estado=getc(CPU);
delay_ms(5);
output_bit(PIN_B7,1);
alimentación=getc(CPU); delay_ms(5);
output_bit(PIN_B7,0); fin=getc(CPU);
delay_ms(5);
```

El microcontrolador encargado de controlar los aparatos del área de la sala, utilizando para este caso la televisión y el clima, procesa los datos recibidos y realiza las acciones indicadas, dichos cambios se realizan cambiando el estado de los pines que activan la alimentación de los aparatos, ya sea energizando con energía de los paneles solares o con energía de CFE, las instrucciones utilizadas se muestran en el siguiente fragmento de código, teniendo como estado "0" el apagado y el estado en "1" de encendido, de dicha fuente de alimentación.

El criterio para decidir cuál elemento será migrado es tomado por la IA del sistema experto (SE), la cual está realizada en Prolog, el SE ignora los aparatos que se encuentran apagados al tomar la información de la base de datos.

```
if(aparato==35){ //identifica el aparato
if(estado==255){ //identifica si esta encendido
el aparato
if(alimentación==15){ //identifica si debe ser
alimentado con paneles
output_bit(PIN_B5,0);
delay_us(833);
output_bit(PIN_B6,1);}
if(alimentación==255){ //identifica si debe ser
alimentado con CFE
output_bit(PIN_B6,0);
delay_us(833);
output_bit(PIN_B5,1);} }
if(estado==15){ //identifica si el aparato debe
estar apagado
output_bit(PIN_B5,0);
output_bit(PIN_B6,0);} }
```

El tiempo en el que se tiene que realizar el cambio de alimentación debe de ser menor al 10% del tiempo de un ciclo de corriente alterna, el cual es de 1.6 milisegundos, esto se debe a que se tiene un estándar en los aparatos eléctricos y si por algún motivo estos dejan de recibir energía eléctrica por un tiempo mayor al 10% este podría apagarse.

Debido a que se debe de considerar tanto el semiciclo negativo como el positivo, el porcentaje de control se reduce al 5% en cada uno de ellos, obteniendo como tiempo máximo para controlar el aparato de 833 microsegundos, después del cruce por cero de la corriente alterna.

Diseño del circuito impreso

El PCB se diseñó con el objetivo de tener un prototipo más estable en su comportamiento evitando, el cual se describe en el código antes mostrado, evitando así los falsos contactos entre los componentes electrónicos, el protoboard y los cables de alimentación.

Para lo cual en primera instancia se desarrolló el esquemático el cual se muestra en la figura 2 del microcontrolador maestro el cual debe de contar con dos puertos seriales. El primero para comunicarse con la computadora y el segundo para comunicarse con el microcontrolador direccionador el cual se muestra en la figura 3, contando con tres puertos seriales el primero cumpliendo la función de comunicación antes mencionada y el resto de los puertos se dedican a un área en específico en este caso particular con la sala y el comedor.

El esquemático de la etapa de cambio de alimentación, de una de estas áreas se muestra en la figura 4 y la etapa de conmutación está formada por optoacopladores y triacs.

En esta etapa del diseño, el optoacoplador recibe una señal, la cual le indica con cual fuente de alimentación energizar el aparato en cuestión, dicha señal es enviada por el microcontrolador encargada del área enviando un “0” o un “1” según se lo indique el sistema.

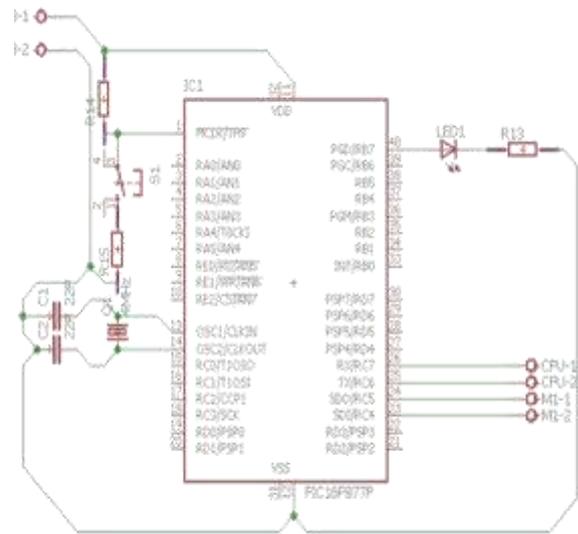


Figura 2 Esquemático del microcontrolador Maestro

Fuente: Elaboración propia

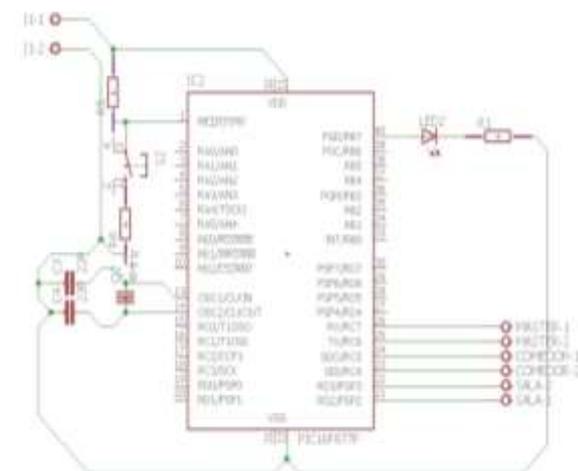


Figura 3 Esquemático del microcontrolador Direccionador

Fuente: Elaboración propia

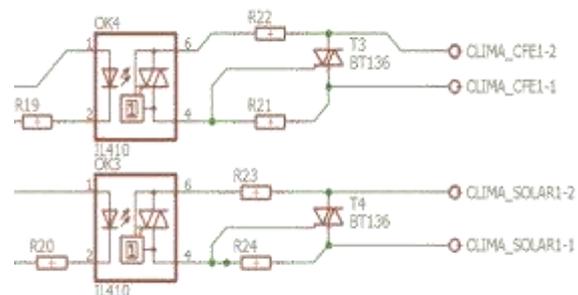


Figura 4 Esquemático de la etapa de cambio de alimentación

Fuente: Elaboración propia

El conjunto de esquemáticos mostrados fueron exportados a una tablilla en la cual se realizó el PCB como se muestra en la figura 5, con la función de autoruteo se colocó la tierra como ancla para las 4 tarjetas individuales y puedan ser fabricadas a futuro.

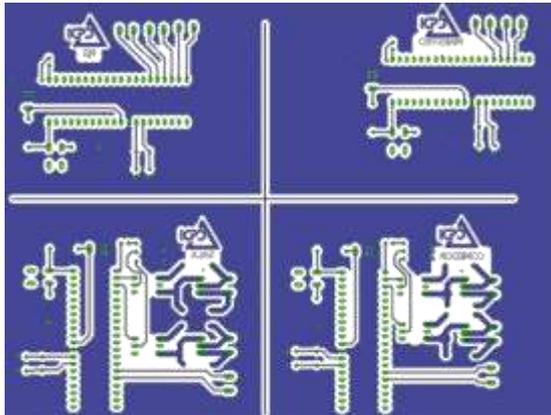


Figura 5 Diseño final del PCB

Fuente: Elaboración propia

Interfaz de usuario

La interfaz de usuario se muestra en la figura 6, esta se desarrolló en el software LabVIEW, debido a que este es capaz de comunicarse tanto con MS SQL el cual es el encargado de administrar la base de datos, la cual es modificada por la IA, debido que la Prolog y MS SQL no cuentan con salida por puerto serial es un punto crucial para el uso de LabVIEW el cual si cuenta con salida por este puerto a través del protocolo RS232.

En la interfaz el usuario es capaz de ver todos los aparatos que se encuentran en su casa habitación mediante la tabla en la parte inferior, este puede ir cambiando de área con la perilla que se encuentra en el centro y de esta forma ir evaluando cada parte de su casa habitación, de igual manera puede observarlo en la parte superior izquierda de manera individual, donde le muestra el tipo de aparato eléctrico.

Los leds le informaran de manera visual iluminándose cuando este con paneles solares o con CFE, en el led “estado” estará iluminado cuando el aparato este encendido.

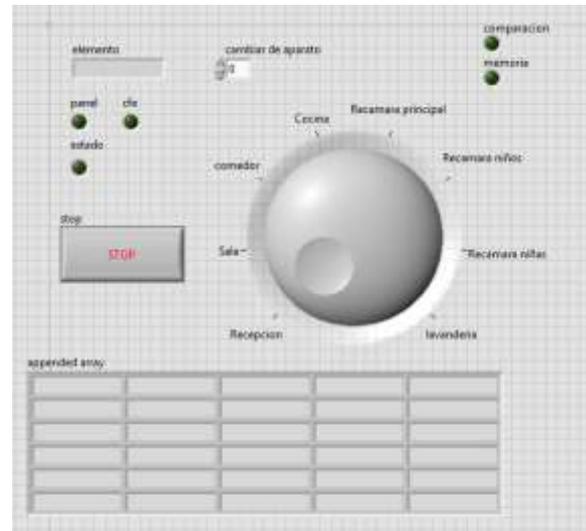


Figura 6 Diseño de la interfaz de usuario

Fuente: Elaboración propia

Resultados

El sistema fue capaz de mostrar en la interfaz de usuario el estado de cada una de las áreas de la casa habitación, siendo alimentando de dicha información por la base de datos, una vez obtenida la información fue enviada con éxito a los microcontroladores, los cuales ya estaban en su PCB y fueron capaces de controlar dos áreas en específico, con un aparato en cada una de ellas en la primera prueba física, realizada.

Como criterio del correcto funcionamiento del sistema, se propuso que el aparato al momento de realizar la conmutación de su fuente de alimentación, este no sufriera una interrupción en el proceso, esto debido a que se exceda el tiempo de conmutación de 833 microsegundos.

Conclusiones

El sistema inteligente de Prolog fue capaz de realizar el intercambio de alimentación en la base de datos, realizando un cambio en la variable alimentación por medio de un "UPDATE" al aparato o aparatos en cuestión, la cual puede cambiar de "0" a "1" o viceversa, con lo cual LabVIEW detecta el cambio y procede a enviar los datos al microcontrolador maestro y este procede a enviar dichos datos al respectivo esclavo, el cual realizara el cambio en el estado de alimentación en el microcontrolador de la sala, cambiando la alimentación entre una fase V y W de una línea trifásica de 220 Vca como línea viva y el neutro, simulando de esta forma el control de alimentación entre la línea viva de los paneles solares y la línea viva de CFE.

Referencias

- Cardozo Piña, A. (2014). *Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico*. Master's thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- CFE. (2007). *Especificación para la Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW*. Tech. rep., Comisión Federal de Electricidad.
- CFE. (2009). *Energías Renovables. Interconexión a la red eléctrica*. Tech. rep., Comisión Federal de Electricidad.
- CFE. (2014). LEY DE LA INDUSTRIA ELECTRICA. *Diario Oficial de a Nacion*.
- Cuevas, J. C., Martínez, J., & Merino, P. (2008). *El Protocolo x10: Una solución Antigua*.
- Delgado Trujillo, E. (2010). *Diseño de una instalación eléctrica de un comedor industrial por medio de generación distribuida*. Master's thesis, Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Eléctrica - Electrónica.
- Gomez, G. a. (2006). *Crear, Modificar y Abrir Conexiones ODBC. Generacion de Cubos OLAP*. Tech. rep., Universidad de La Laguna.
- Halvorsen, H. P. (2011). *Data Communication in LabVIEW. Hogskole i Telemark*.
- INEGI. (2016). *Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza 2016*. Tech. rep., INEGI.
- INFONAVIT. (2014). LEY DEL INSTITUTO DEL FONDO NACIONAL DE LA VIVIENDA PARA LOS TRABAJADORES. *Diario Oficial de a Nacion*.
- Microchip. (2008). *Using the PICmicro SSP for Slave I2C Communication*. techreport, Microchip Technology Inc.
- Microhip. (2013). *MPASMT Assembler User's Guide*. Tech. rep., Microchip Technology Inc.
- Nuño García, F. (2008). *Comunicación serie para sistemas basados en microcontroladores PIC*. ATE Universidad de Oviedo.
- Pallas, F. E., & Valdes, R. (2009). *Microcontrollers*. CRC Press. 2009. CRC Press. Obtenido de <https://www.amazon.com/Microcontrollers-Press-FERNANDO-PALLAS-AREN-Y-VALDES-PEREZ/dp/B01N7DG1EV?SubscriptionId=0JYN1NVW651KCA56C102&tag=techkie-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=B01N7DG1EV>
- Tavernier, C. (1998). *Microcontroladores PIC (Spanish Edition)*. Paraninfo. Obtenido de <https://www.amazon.com/Microcontroladores-PIC-Spanish-Christian-Tavernier/dp/8428323739?SubscriptionId=0JYN1NVW651KCA56C102&tag=techkie-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=8428323739>

Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán

RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe*†, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila

Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Tehuacán

Recibido Julio 3, 2017; Aceptado Septiembre 6, 2017

Resumen

El presente trabajo presenta el análisis, diseño, implementación y resultados obtenidos de la investigación: Sistema de control de clima en invernaderos del Instituto Tecnológico de Tehuacán, que busca una solución práctica a la necesidad de controlar el ambiente para la producción de productos agrícolas fuera de temporada o de cultivos no endémicos. La propuesta es un sistema para controlar el clima en la producción de productos como la fresa que requieren condiciones especiales, utilizando un invernadero tipo túnel y tecnología Arduino, para que el cultivo mantenga sus propiedades adecuadas en la producción. Se tiene un sistema que riega el cultivo mediante un sensor de humedad, esto hará que se active la bomba colocada en la torre para empezar a bombear agua a las tuberías y repartirla en las plantas según corresponda a cada una de estas. Permite ventilar utilizando sensores de temperatura, cuando se detecte que el ambiente es demasiado caluroso, activando un ventilador que está colocado en el interior del invernadero para que pueda mantener la temperatura óptima sin afectar el fruto y la planta. La principal contribución es que el sistema registra todos los indicadores durante el monitoreo y poder saber así el comportamiento de la producción.

Invernadero, endémicos, monitoreo, sensores, arduino

Citación: RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila. Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán. *Revista del Desarrollo Tecnológico* 2017, 1-3: 8-17

Abstract

The present work presents the analysis, design, implementation and results obtained from the research: Climate control system in greenhouses of the Technological Institute of Tehuacán, which seeks a practical solution to the need to control the environment for the production of agricultural products outside of Season or non-endemic crops. The proposal is a system to control the climate in the production of products such as strawberries that require special conditions, using a tunnel greenhouse and Arduino technology, so that the crop maintains its proper properties in production. It has a system that irrigates the crop by means of a humidity sensor, this will cause the pump placed in the tower to start to pump water to the pipes and to distribute it in the plants as it corresponds to each one of these. It allows to ventilate using temperature sensors, when it is detected that the atmosphere is too hot, activating a fan that is placed inside the greenhouse so that it can maintain the optimum temperature without affecting the fruit and the plant. The main contribution is that the system records all the indicators during the monitoring and thus be able to know the behavior of the production.

Greenhouse, endemic, monitoring, sensors, arduino

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: feliperodriguezramirez@ittehuacan.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En los últimos años las condiciones climatológicas o el abandono de los campos agrícolas causan escasez de productos o que sus precios se eleven de manera constante, una alternativa de solución a esta problemática en el sector agrícola son los invernaderos que son cada vez más utilizados para la producción de diferentes plantas o cultivos, incluso de aquellos que no podrían crecer de manera natural en diferentes climas.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) menciona que con esta manera de producir se tienen varias ventajas como: control de heladas y bajas temperaturas, control de exceso de humedad, control de plagas, uso intensivo de la tierra, aumento en rendimiento, calidad y precocidad. Sin embargo, para lograr hacer efectivas estas ventajas se debe tener un control necesario de la temperatura, la humedad, la ventilación y el riego necesario para proporcionar agua.

Este proyecto es una propuesta para el control del clima en un invernadero del Instituto Tecnológico de Tehuacán donde actualmente se está experimentando en el área de Ingeniería Bioquímica con el cultivo semihidropónico de fresa en su variedad festival que es una planta cuyo crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura que ya han sido estudiados y determinados en el área de bioquímica. Hasta ese momento se había logrado su cultivo únicamente con un sistema de riego, pero debido a las condiciones que requiere de clima no se había logrado una adecuada producción.

La propuesta de este proyecto se enfoca en usar la tecnología y desarrollar un prototipo encargado de controlar el clima de manera automatizada, por medio del monitoreo de la temperatura para mantener los parámetros ambientales adecuados para que el cultivo mantenga sus propiedades para la producción de fresa y de esta manera poder extender la tecnología propuesta en cada uno de los invernaderos con los que cuenta la institución en el área de Ingeniería Bioquímica para la producción de diferentes productos agrícolas y posteriormente poder ofrecerla a los productores de la región.

Actualmente la automatización de procesos busca sustituir tareas o actividades que son realizadas por humanos con la capacidad de dispositivos mecánicos, electrónicos y de control. (Ramírez, 2016)

En este artículo se presentan los materiales seleccionados, la metodología utilizada para desarrollar el sistema de monitoreo y control del clima del invernadero, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

Materiales y métodos

Para el control del clima se utiliza tecnología que no requiere grandes inversiones como es una plataforma de hardware libre Arduino la cual debido a la amplia variedad de sensores que son compatibles con el microcontrolador, permite reducir costos para el desarrollo del sistema, además la plataforma de programación en esta tecnología es fácilmente entendible para su desarrollo.

Se eligió Arduino porque es una tarjeta que permite controlar y a su vez adquirir datos de manera sencilla y se requieren ambas acciones para el diseño experimental que busca conocer el comportamiento de la planta de fresa bajo condiciones de temperatura y humedad controladas dentro de un invernadero en la región de Tehuacán, para lograr su producción y tener así un prototipo a bajo costo que servirá como propuesta para desarrollos posteriores.

La placa que se determinó utilizar para el prototipo fue un Arduino Mega (Figura 1), por la cantidad de puertos de entrada y salida que contiene, ya que son necesarios para adquirir datos de temperatura y humedad; así como también para controlar el sistema de riego, la ventilación e iluminación.

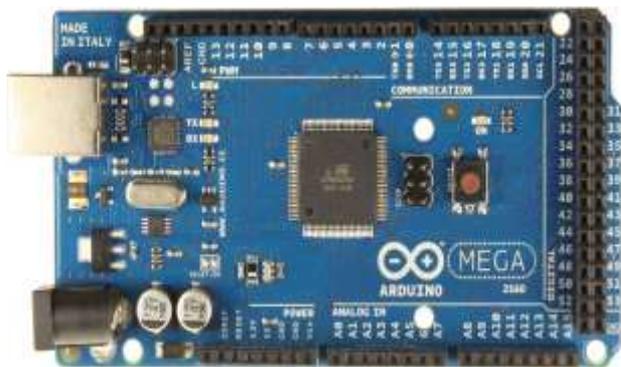


Figura 1 Arduino MEGA

Fuente: <https://paruro.pe/productos/tarjetas-de-desarrollo/tarjetas-de-microcontroladores/arduino-mega-2560-rev-3>

Se utilizaron sensores y actuadores junto con la placa Arduino para el control del clima; para el prototipo se utilizaron módulos de 4 relés que permiten accionar circuitos a 220v. (Torro, 2016)

Para controlar las condiciones climáticas se necesita conocer las condiciones de la humedad relativa y la temperatura en el invernadero, para esto se requiere de sensores que permitan obtener estos valores. Se colocaron 11 sensores LM35 dispuestos de manera estratégica en 3 carriles para medir temperatura.

Para obtener la temperatura en los carriles laterales se colocaron 4 sensores y para obtener la temperatura en el carril central se colocaron 3 sensores. Para obtener la humedad en la parte central del invernadero se colocó también estratégicamente un sensor DHT22 (Figura 2) con el propósito de medir temperatura y humedad relativa abarcando lo más posible el área dentro del invernadero.

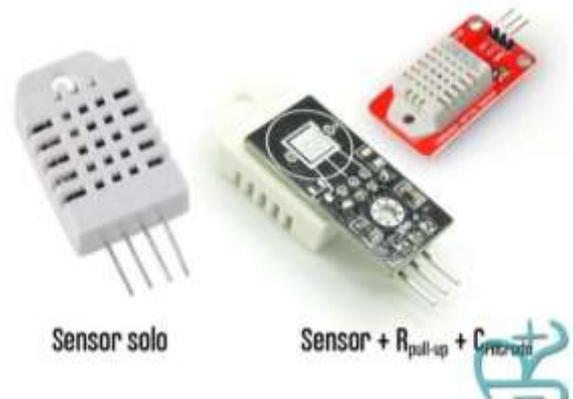


Figura 2 Sensores DHT22

Fuente: <http://rduinostar.com/documentacion/datasheets/dht22-caracteristicas-am2302/>

Este dispositivo está diseñado específicamente para medir temperatura con un rango de medición de -40°C hasta 80°C con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y para medir humedad con un rango de medición de 0-100 % HR y una precisión de humedad de $\pm 2\%$ HR y un tiempo de sensado de 2s, estos han sido calibrados en laboratorios por lo cual tienen alta fiabilidad y no requieren de añadir ningún circuito de tratamiento de señal. (Barroso García, 2015)

Para evitar que la temperatura dentro del invernadero se elevara y afectara la fructificación de la fresa se aplicaron métodos de ventilación y enfriamiento, donde el primer paso fue la ventilación natural, sin embargo, no es suficiente para los días calurosos y por esa razón se utilizan métodos de ventilación forzada o sistemas activos empleando un ventilador para inyectar aire al invernadero. Otro método que se utilizó para el enfriamiento del invernadero fue utilizar un sistema de riego localizado por goteo y nebulizado.

El sistema por nebulización consiste en distribuir en el aire un gran número de partículas de agua las cuales permanecen suspendidas en el aire del invernadero el tiempo suficiente y solo mojan ligeramente los cultivos para evitar el golpe directo de las gotas grandes y realizar el riego en forma de neblina, logrando de esta manera aumentar la humedad relativa de la instalación y bajar la temperatura.

Estos nebulizadores cuelgan de la techumbre del invernadero y se complementan con una bomba de agua de $\frac{1}{4}$ Hp y un equipo de control que lo activa a través de relés que permiten la automatización del sistema. Con este sistema se logra reducir hasta 10°C la temperatura. Los nebulizadores de 4 salidas que se utilizan específicamente para esta función proporcionan una salida de 8.3 a 9.2 lph, suficiente para aumentar la humedad relativa y disminuir la temperatura en el invernadero con las características del diseño experimental que se tiene ver Figura 3. (Senniger, s.f.)



Figura 3 Nebulizador de 4 salidas de 7mm

Fuente: <http://ferreteriadelcamp.com/nuevos-productos?n=60&p=18>

La ventilación natural se logra ya que las paredes están cubiertas de malla y plástico que permiten mantener la ventilación dentro del invernadero, además se colocaron 2 cortinas de plástico en las laterales que van a subir y bajar de manera controlada con la ayuda de un motoreductor de 6v cada uno para controlar la entrada de los rayos solares de manera directa.

Para la ventilación activa se utilizó un ventilador axial direccional de aire, ver Figura 4, para suministrar ventilación al invernadero y crear las condiciones climáticas ideales de acuerdo al tipo de cultivo de fresa festival que es la que se está estudiando y al tamaño del invernadero que se tiene para el diseño experimental.



Figura 4 Ventilador axial direccional

Fuente: <http://www.solerpalau.mx/367/producto/linea-comercial/tubulares/rbc-w/>

Estas estrategias elegidas para el control del clima se muestran en la Figura 5.

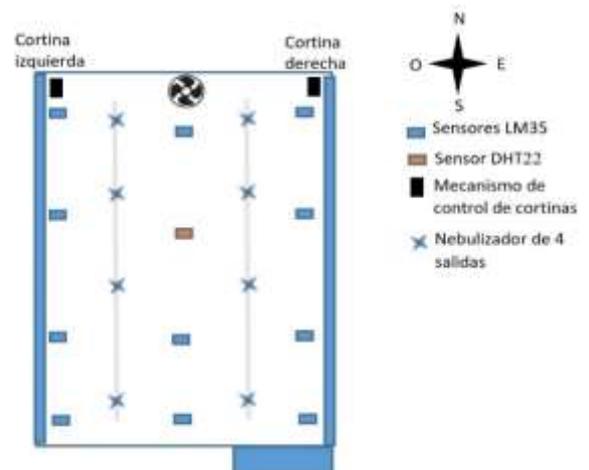


Figura 5 Sistema de control de clima en invernadero

Fuente: elaboración propia

El diseño experimental se realizó en el Instituto Tecnológico de Tehuacán. Para las pruebas del control del clima en el invernadero se utiliza el cultivo de fresa de variedad festival, como la que se muestra en la Figura 6, ya que es una planta que se ha estado investigando en el área de Ingeniería Bioquímica y en consecuencia ya se cuenta con los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de fresa, que se obtuvieron mediante un diagnóstico del clima en la región de Tehuacán, Puebla donde la variedad que más se adaptó a las condiciones de estudio fue la variedad festival.



Figura 6 Planta de fresa festival

Fuente: Elaboración propia

El sistema de riego por goteo se utilizó también para proporcionar nutrientes a la planta ya que este permite dirigir directamente las gotas de riego al tallo de la fresa a través del uso de estacas y tubin.

El invernadero utilizado para el proyecto fue tipo túnel el cual se muestra en la Figura 7 con las siguientes dimensiones: ancho: 4.11 m, altura 4.27 m, largo 7.05 m (externas), con un área útil de siembra de 5.97 plantas /m². El material empleado como cubierta del invernadero es plástico y malla, así como bastidores de refuerzo perimetrales. (SAGARPA, 2007)



Figura 7 Invernadero tipo túnel

Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo la siembra por reproducción de estolones de una planta madre obtenida del Estado de México, se realizó a través del sistema semihidropónico en macetas de 20 kilos utilizando como sustrato tezontle con un diámetro de 2mm. Ver Figura 8.



Figura 8 Maceta de fresa festival y sistema de riego

Fuente: Elaboración propia

Así mismo la formulación utilizada para la nutrición del cultivo se determinó en base a la formulación de Steiner para optimizar el uso de fertilizantes de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, así como un manejo integrado de plagas y enfermedades: Previendo y controlando las plagas y posibles enfermedades que en el cultivo de fresa se pudiera desarrollar durante el ciclo de vida y hasta la cosecha.

Etapas de desarrollo

Para el desarrollo del prototipo se siguieron las siguientes etapas:

- Analizar las características del invernadero experimental en colaboración con el área de Ingeniería Bioquímica.
- Configurar y colocar los sensores de temperatura y humedad requeridos.
- Colocar la infraestructura necesaria para el control del clima.
- Desarrollar e implementar la interfaz de usuario del sistema para el control de la temperatura y humedad, así como llevar un registro de las condiciones ambientales que se presentan en el invernadero y su efecto en las plantas.
- Solicitar al área de Bioquímica valores de temperatura y humedad que se necesitan para la producción de fresa.
- Colocar de acuerdo al análisis previo que se tiene y las condiciones para la planta, las macetas de fresa.
- Colocar los parámetros indicados en el sistema para el control del clima y registrar el comportamiento de la planta.

Cada una de las etapas de desarrollo se llevaron a cabo en colaboración por las áreas de Ingeniería en Sistemas Computacionales y Bioquímica.

El diseño del circuito que realiza el monitoreo y control es el que se muestra en la Figura 9.

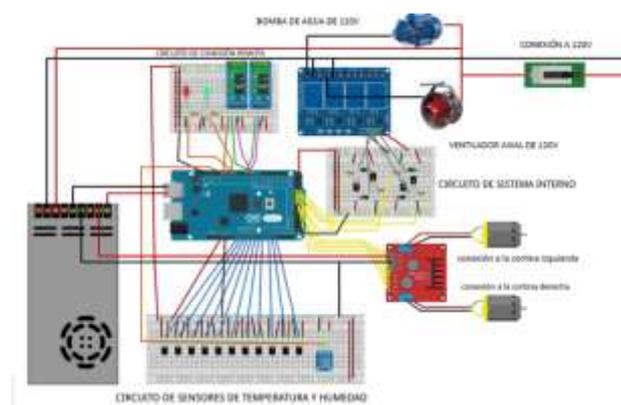


Figura 9 Circuito de control y monitoreo del clima del invernadero

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo el flujo de información entre el invernadero y los dispositivos de monitorización se desarrolló una aplicación cliente/servidor bajo código C#, capaz de administrar la información del invernadero en una base de datos SQL Server 2014.

Metodología a desarrollar

En relación al tipo de la investigación, es prospectiva ya que se obtuvieron datos a propósito de la investigación y longitudinal porque los datos se obtuvieron en varios momentos de la investigación. El diseño de la investigación es experimental ya que requiere de intervención y control y en relación al nivel investigativo esta investigación es de tipo exploratoria, descriptiva ya que se enfoca en analizar datos en relación a las variables temperatura, humedad y la producción de fresa.

Se obtuvieron los datos registrados por el sistema y las propiedades de la planta bajo condiciones de clima controlado para su análisis y descripción, de esta manera se logrará saber si en las condiciones del clima de Tehuacán bajo condiciones climáticas controladas en un invernadero automatizado es posible obtener producción de fresa de calidad.

Resultados

Una vez elegida la variedad de fresa óptima para la región de Tehuacán. Para el estudio se inicia con nuevo cultivo el 6 de marzo del 2017, con los cuidados que la planta requiere durante un mes, donde no se permitió el crecimiento de flor y de estolones. Una vez pasado ese periodo, con una planta fortalecida debido a sus cuidados iniciales, se continua con el crecimiento y desarrollo de la flor.

Posteriormente en el mes de abril se instaló el sistema, el cual opera en forma controlada para analizar el comportamiento de la planta; para este tipo de funcionamiento se utiliza la interfaz que se muestra en la Figura 10, donde se tiene el control individual de cada uno de los elementos que contribuyen a controlar el ambiente dentro del invernadero.



Figura 10 Interfaz de operación controlada

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo la primera cosecha el 19 de abril de 2017.

Durante esas pruebas la cosecha fue constante produciendo un total de 173 plantas, donde el 80% de los casos dio frutos de calidad, esto de acuerdo a las pruebas organolépticas establecidas como el sabor, olor y color.

En la Figura 11 se muestra la cosecha con el sistema cotrolado.



Figura 11 Cosecha de fresa con el sistema controlado

Fuente: Elaboración propia

Los mejores resultados se han obtenido en un rango de temperatura que va de los 20 a 25 grados centígrados, estos datos se obtuvieron del análisis de los registros que se lograron con el sistema y del análisis de la producción de fresa.

La Figura 12 muestra la interfaz que ayuda a registrar la temperatura y la humedad en las diferentes áreas del invernadero.



Figura 12 Tablero que muestra el registro de los valores de las variables temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

En el mes de junio se instaló un sistema totalmente automatizado, tomando como referencia los resultados obtenidos de manera controlada durante la experimentación que se realizó del mes de abril al mes de junio, donde debido a las condiciones del clima en la región de Tehuacán se requiere controlar el clima durante el día ya que es cuando el clima presenta temperaturas altas, por lo tanto el horario de automatización se estableció en el sistema de las 8:00 hrs. a las 18:00 hrs. a partir del mes de junio por lo que el sistema en este horario esta monitoreando la temperatura y humedad relativa cada 5 minutos cuando registra una temperatura mayor a 25 °C el sistema activa el ventilador y el sistema de riego por nebulización por 5 minutos, logrando con esto que la humedad relativa aumente y el ventilador sigue funcionando hasta que la temperatura nuevamente alcance los 20°C.

Durante los meses de junio y julio se ha seguido monitoreando y analizando el comportamiento de la planta y de su producción en colaboración con el área de bioquímica quienes al respecto han informado los siguientes resultados: El tamaño de la hoja de la planta es un punto importante a considerar, ya que se observó el aumento de su diámetro durante estos meses. En el registro obtenido y analizado se observan las plantas con buen crecimiento, como se muestra en la Figura 13.



Figura 13 Plantas desarrolladas con el sistema automatizado

Fuente: Elaboración propia

En el inicio de pruebas del sistema automatizado se registró que existían solo 53 plantas con más de 10 tallos con hoja y 120 plantas con menos de 10 tallos con hoja. A los tres días se registran 70 plantas con un número de tallos de hojas mayor a 10, el crecimiento y aumento de flor también se ha favorecido, y la formación de frutos, dándonos un total a la fecha de 157 flores y frutos en formación.

Agradecimiento

Se externa el agradecimiento a las siguientes instancias que hicieron posible la realización del proyecto: “Sistema de control de clima en invernaderos del Instituto Tecnológico de Tehuacán”.

- Al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado para el desarrollo del proyecto.
- A la directora del Instituto Tecnológico de Tehuacán C. M.E. Yeyetzín Sandoval González, por todo su apoyo.
- Al C. M.C. Francisco Ramón Díaz Arriaga jefe del Departamento de Ing. Química y Bioquímica por su apoyo y colaboración.
- Al C. M.T.I. Eduardo Vázquez Zayas jefe del Departamento de Ing. en Sistemas Computacionales por su apoyo y colaboración.

Conclusiones

De acuerdo a las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y a lo observado, se concluye que el crecimiento, el aumento en el tamaño de la floración y el crecimiento del fruto se da en un periodo de 2 a 4 días bajo las condiciones establecidas en el sistema automatizado como se muestra en la Figura 14.

Se tiene registro que la humedad relativa, que oscila en un rango del 70% al 78%, y una temperatura de 20 a 25 °C han sido las condiciones ideales con la que se han registrado estos resultados para la producción de fresa en condiciones controladas en un invernadero en la región de Tehuacán.



Figura 14 Cosecha de fresa con condiciones establecidas

Fuente: Elaboración propia

Referencias

Barroso García, A. (Junio de 2015). *Control y Monitorización de un invernadero a través de una aplicación móvil*. Obtenido de http://oa.upm.es/36945/1/TESIS_MASTER_ANDRES_BARROSO_GARCIA.pdf

Cisne Contreras, J., Benavides González, Á., & Laguna Miranda, R. (s.f.). *Producción de hijas de estolones en dos variedades de fresa*. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2323/1/ppf02c579p.pdf>

ECORFAN. (2013). *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-II*. En A. Herlinda, J. Robles, A. Sánchez, & G. Gutiérrez, Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos (págs. 132-142). Guanajuato: Ecorfan.

FLORES-MONTES, Miguel Ángel, MEDINA-MUÑOZ, Luis Arturo, MAYORQUÍN-ROBLES, Jesús, GARCÍAMUÑOZ, Omar

Adrián. *Detección de Objetos a Color en Tiempo Real con Técnicas de Visión Artificial y Arduino*. *Revista de Prototipos Tecnológicos*. 2017 3-7: 1-6

Hernández Rangel, L. E., Pineda, W., & Bayona Ruiz, D. A. (s.f.). *Sistema de control de Humedad y Temperatura para Invernaderos*. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/microcontrol_congr/comunicaciones/Sistema_control_humedad.pdf

HERRERA-TELLEZ, Pablo, MARTÍNEZ-DE LA LUZ, Artemio, HUITZIL-VELASCO, Ignacio y FLORESRAMÍREZ, Oscar. *Prototipo de un Cargador Solar para dispositivos Móviles*. *Revista de Prototipos Tecnológicos* 2016, 2-5: 8-16

HVAC&R, M. (2014). *Sistemas de climatización en invernaderos*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/05/sistemas-de-climatizacion-en-invernaderos/> INVERCA. (2017). *Tu solución en invernaderos de*. Obtenido de <http://www.inverca.com.mx/es-mx/Noticias/ArticleID/2/Crecimiento-de-superficie-de-invernaderos-en-M%C3%A9xico>

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, María Mayela, ORTÍZ-SIMÓN, José Luis y HERNÁNDEZ-CRUZ, Nicolás. *Bastón electrónico para personas invidentes con sensor de distancia y luz*. *Revista de Prototipos Tecnológicos* 2016, 2-3: 1- 5

Martínez Téllez, J. J., & León Gallegos, H. M. (2004). *Producción de fresa en invernadero*. Obtenido de http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio4/08-Produccion_fresa_invernadero.pdf

RIVERA, Omar y RIVAS-LLAMAS, Juan. *Control domótico por ondas cerebrales con apoyo mediante comandos de voz*.

RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila. *Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán*. *Revista del Desarrollo Tecnológico* 2017

Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S
2016, 2-6: 29-35

RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, LÓPEZ-RAMÍREZ, María Elena, CANO-RAMÍREZ, Jaime y AMBRIZCOLÍN, Fernando. Desarrollo de un prototipo de deshidratador solar instrumentado sustentable. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 22-29

SAGARPA. (Septiembre de 2007). Programa Especial para la Seguridad Alimentaria. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/red%20del%20conocimiento/manuales%20pesa/invernaderos.pdf>

Senniger. (s.f.). Instalación del nebulizador Fogger. Obtenido de <http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/03/Fogger-Installation-Guide-Spanish.pdf>

Torro, J. V. (Septiembre de 2016). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Obtenido de Automatización y Economización de un invernadero: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74159/TFG%20Jose%20Vidal%20Torro.pdf?sequence=4>

Arduino como herramienta para apoyar la terapia multisensorial a niños con capacidades diferentes

RODRÍGUEZ-ARENAS, Mario Balvanedo*†, VELARDE-ANAYA, Omar, ÁLVAREZ-TORRES, Norma Angélica y CORONADO-PALOMARES, Juan Luis

Universidad Tecnológica De Nogales Sonora.

Recibido Julio 12, 2017; Aceptado Septiembre 6, 2017

Resumen

El presente artículo muestra el uso del microcontrolador Arduino en la elaboración de algunos equipos empleados en terapias para niños en las áreas de estimulación del lenguaje, psicomotriz e intelectual. Dichos aparatos formarán parte de un Cuarto de Estimulación Multisensorial (CEMS) que se encuentra en el DIF de la ciudad de Nogales, Sonora. Para esto, primeramente se investigó sobre los diferentes equipos comerciales comúnmente empleados en esta área, su funcionamiento y costos actuales en el mercado. Después, se diseñaron como primeros prototipos: un tubo de burbujas, una serie de espejos infinitos, un decibelímetro, un piano, y un tablero de sonidos y luces. De esta forma, se logró acondicionar un CEMS a un costo menor que el comercial, y con la ventaja de que el mantenimiento preventivo y correctivo será otorgado por la Universidad Tecnológica de Nogales (UTN), incrementando el ahorro económico y la disminución en los tiempos de atención y reparación.

Arduino, Discapacidad, CEMS, Programación, DIF

Abstract

The present article shows the use of the Arduino microcontroller in the elaboration of some equipment used in therapies for children in the areas of speech, psychomotor and intellectual stimulation. These devices will be part of a Multisensory Stimulation Room (CEMS) located in the DIF of the city of Nogales, Sonora. For this, first an investigation of the different commercial equipment commonly used in this area was done, their operation and current costs in the market. Then, were designed as first prototypes: a tube of bubbles, a series of infinite mirrors, a decibelimeter, a piano, and a board of sounds and lights. In this way, it was possible to condition a CEMS at a lower cost than the commercial one, and with the advantage that the preventive and corrective maintenance will be granted by the Technological University of Nogales (UTN), increasing the economic saving and the decrease in the times care and repair.

Arduino, Disability, CEMS, Programming, DIF

Citación: RODRÍGUEZ-ARENAS, Mario Balvanedo, VELARDE-ANAYA, Omar, ÁLVAREZ-TORRES, Norma Angélica y CORONADO-PALOMARES, Juan Luis. Arduino como herramienta para apoyar la terapia multisensorial a niños con capacidades diferentes. Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-3: 18-25

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mbalvanero@utnogales.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En México, de acuerdo con el INEGI al 2010, las personas que tienen algún tipo de discapacidad son 5 millones 739 mil 270, lo cual representa el 5.1% de la población total, pero la prevalencia de la discapacidad en México para 2014 fue de 6%, según los datos de la ENADID (Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica) 2014 como se muestra en la gráfica 1. Esto significa un incremento del 0.9% en tan solo 4 años y que 7.1 millones de habitantes del país no pueden o tienen mucha dificultad para hacer alguna de las ocho actividades evaluadas: caminar, subir o bajar usando sus piernas; ver (aunque use lentes); mover o usar sus brazos o manos; aprender, recordar o concentrarse; escuchar (aunque use aparato auditivo); bañarse, vestirse o comer; hablar o comunicarse; y problemas emocionales o mentales. Son estas personas quienes enfrentan múltiples obstáculos para gozar “de todos los derechos que establece el orden jurídico mexicano, sin distinción de origen étnico, nacional, género, edad, condición social, económica o de salud, religión, opiniones, estado civil, preferencias sexuales, embarazo, identidad política, lengua, situación migratoria o cualquier otra característica propia de la condición humana o que atente contra su dignidad” (INEGI, 2014).

En este sentido, en el país existen instituciones públicas y privadas que buscan contribuir en la reducción de esta problemática, como lo son el CRIT y el DIF. En ellas se busca tener equipo, CEMS y personal especializado para llevar a cabo las terapias en personas adultas y niños.

Un CEMS es un espacio que está equipado con dispositivos que llaman la atención de los niños, por medio de elementos que les ayudan a reconocer formas, sonidos, colores, aromas, texturas del medio en el que se están desarrollando, y con ello se puedan incluir rápidamente en el medio social al que pertenecen y ser independientes (Figura 1).



Figura 1 Vista general de un CEMS.

Con respecto al equipo que se incluye en dichas áreas, actualmente existen en el mercado una serie de productos, pero lamentablemente su costo es muy elevado y generalmente son productos que se tienen que comprar en el extranjero.

Por lo tanto, en este artículo se presenta una propuesta para acondicionar una CEMS a un bajo costo empleando el microcontrolador Arduino como elemento principal, por su facilidad de programar y por ser el más utilizado en la región, ya que es un sistema de bajo costo y con mucha información en la red.

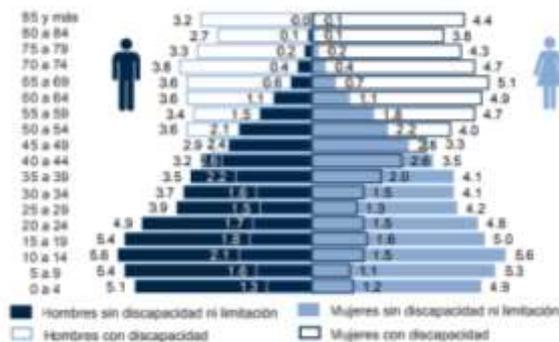


Gráfico 1 Discapacidad en México 2014

Su software es de código abierto (open source) por lo que no cuesta adquirirlo; este dispositivo también irá acompañado del uso de otros componentes electrónicos sencillos, como son leds de colores, botones personalizados, bocinas, grabación y reproducción de sonidos, empleo de motores, etc., logrando obtener elementos reprogramables, personalizados, con todos los diagramas electrónicos y números de parte de reemplazo para casos de averías. Así, los aparatos no tendrán un costo alto, solo los materiales serán comprados y la mano de obra será proporcionada por docentes y alumnos de la UTN.

Con lo anterior, se beneficiarán muchos niños que actualmente reciben terapia en el DIF de la ciudad de Nogales, Sonora, ya que contarán con una mayor variedad y número de aparatos para sus terapias. En el futuro se pretende reproducir estos equipos en otras ciudades del Estado, como es Agua Prieta, Sonora, donde actualmente se tienen pláticas con un Cuerpo Académico del Instituto Tecnológico de dicha ciudad, para reproducir estos sistemas en el DIF de la localidad. Con esto se busca contribuir en la atención de capacidades diferentes de niños que presentan una condición vulnerable en su desarrollo como deficiencias físicas, mentales e intelectuales o sensoriales, de tal manera que se logre una participación plena y efectiva con el entorno al igual que los demás.

Metodología a desarrollar

Recopilación de la información

La necesidad de equipar el CEMS del DIF de Nogales, Sonora, es con el fin de apoyar a más niños, proporcionando mejores herramientas para el terapeuta. Por lo tanto, como primer paso se llevaron a cabo reuniones con el personal de dicha institución, a manera de saber sus necesidades, así como de conocer y entender el funcionamiento de los dispositivos.

De esta forma, se logró crear una lista con los primeros prototipos requeridos según la prioridad, los cuales son: un grupo de tubos de burbujas, una serie de espejos infinito, un decibelímetro, un piano en una escalinata, dispositivos que contengan botones, leds y sonidos de medios de transporte, figuras geométricas, animales domésticos, días de la semana, colores, las vocales, frutas y los números.

Tubo de burbujas

El primer prototipo es una serie de cuatro tubos de acrílico transparente, empotrados en una base de 24 mm de grosor para que permita el paso de la luz a través de él. Dicha base esta perforada en uno de sus perfiles justo en el centro y terminando en el centro del diámetro de cada tubo de acrílico. Esto permite que una bomba suministre aire a cada tubo, el cual está lleno de agua destilada para evitar la formación de sarro. Debajo de la placa de acrílico se colocan leds RGB (Red, Green, Blue) para que iluminen y se reflejen en el agua que contiene cada tubo. El control de los colores de los leds se hace con un microcontrolador Arduino de forma manual, con botones para los colores más comunes y, con un control remoto IR (Infrarrojo) para el mando a distancia. Se utiliza una fuente de poder de 12 Vdc, tanto para el Arduino, como para los leds.

Espejos Infinitos

El segundo prototipo es una serie de cuatro espejos infinitos con las formas de las figuras geométricas básicas (cuadrado, círculo, triángulo y rectángulo). Los marcos para las figuras se hacen de madera, el cual debe mantener el montaje de un espejo de la misma figura al fondo, y al frente un vidrio. La separación del espejo y el vidrio debe ser aproximadamente de 2 cm. En este espacio se pega por dentro una tira de led, las cuales son reflejadas por el espejo, y para que éste no muestre a la persona y los objetos que se encuentran enfrente, el vidrio debe cubrirse con papel de polarizado automotriz.

Con esto se logra una ilusión de un hoyo al infinito, reflejando las luces led. Estos dispositivos relajan al niño y lo motivan a tocar el espejo pensando que su mano entrará en el hoyo.

Decibelímetro

El tercer dispositivo se compone de un micrófono que capta los sonidos emitidos por el niño y enciende una serie de leds dependiendo de la intensidad del sonido, entre más fuerte sea emitido éste, más leds prenderán y viceversa. De esta manera el infante se motiva a hablar o hacer sonidos para ver el encendido de los leds. Tanto el micrófono, como los leds, son conectados a un Arduino Nano, que es programado para tal actividad.

Piano electrónico

El cuarto prototipo es un piano que es colocado en el inicio de una escalinata que tomará el niño para ir alcanzando objetivos. Un microcontrolador Arduino es el encargado de generar las notas del piano, al ser activados los micro interruptores que se colocan en los peldaños de la escalera y así, el menor se motiva a subir escuchando los tonos que emite al pisar cada escalón, además de iluminar con leds de colores llamativos cada uno de los peldaños que es pisado.

Tableros de sonidos y luces

Para este último prototipo elaborado, se optó por hacer una caja para cada dispositivo, ya que una de las limitantes en el cuarto es el espacio, éstas son de 1.5 pies para que puedan ser colocadas en la pared al momento que van a ser utilizadas por el terapeuta, y que puedan ser retiradas con facilidad para ser guardadas. Únicamente las que se van a utilizar en ese momento estarán montadas en la pared. Cada dispositivo de éstos, cuenta con un microcontrolador Arduino que es el encargado de monitorear los botones que son presionados por el niño y de emitir el audio asociado a ese botón.

Los sonidos son guardados en una memoria micro SD en formato .mp3 y es leída por el Arduino. Cada botón también enciende leds para iluminar la figura a la que hace referencia el sonido. De esta forma, si se presiona el botón donde se localiza un perro, el microcontrolador reproduce un ladrido.

Todos los dispositivos que reproducen sonidos están apoyados por una tarjeta de audio de AdaFruit, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2 AdaFruit MP3 Shield para Arduino

Es importante comentar que las primeras pruebas se hicieron con un adaptador de tarjetas micro SD a SD y el arreglo de unas resistencias como se muestra a continuación en la Figura 3.

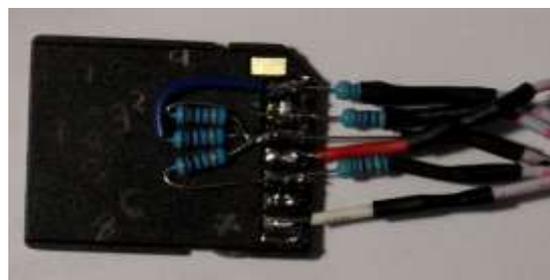


Figura 3 Adaptador micro SD para arduino

El circuito del adaptador de micro SD para el Arduino (Figura 4) es el siguiente:

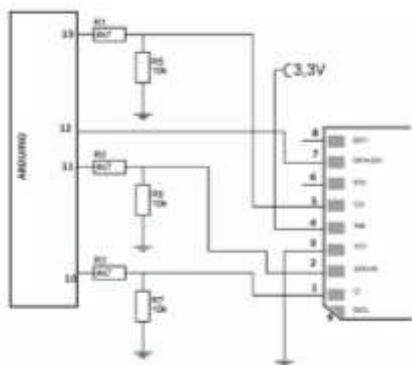


Figura 4 Diagrama de conexión micro SD a Arduino

El circuito de la etapa de amplificación del sonido se hace con el circuito integrado LM386 como se puede ver en la figura 5.

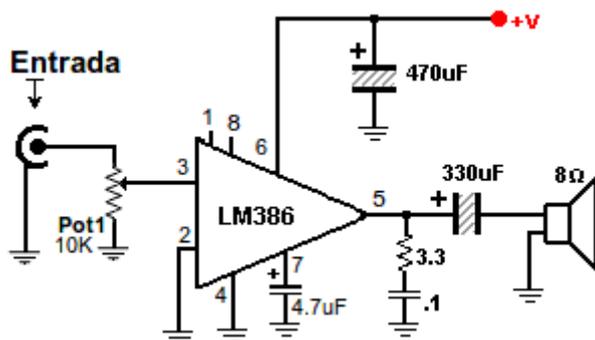


Figura 5 Amplificador de sonido 26 DB

Resultados

Actualmente, los dispositivos se encuentran en la etapa de prototipo, por lo que no se han sometido a pruebas con los pacientes reales y será hasta que estén completamente terminados que podremos ver y afinar los detalles que sean necesarios.

Se están fabricando las cajas de cada dispositivo, así como también la escalinata. Todos los circuitos están armados y funcionando en tablillas experimentales y algunos ya soldados en placas perforadas para su prueba, que hasta el momento han resultado funcionales.

El beneficio en el desarrollo de los niños es algo que solo se podrá evaluar con el paso de algunos meses e incluso años, según la discapacidad tratada, por lo que, seguiremos en contacto con los fisioterapeutas de DIF Nogales quienes serán los encargados de medir los resultados y recopilar la información con sus observaciones de avances detectados por a cada uno de los pacientes y con esa información podremos hacer cambios o justes a los despóticos que así lo requieran. Esperando que los resultados sean favorables se puede hacer la petición a las autoridades correspondientes para llevar este proyecto a otras dependencias o escuelas de la ciudad o en el estado.

Anexos

Código principal en arduino para las luces del tubo de burbujas

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if(digitalRead(9)==1) //boton rojo
```

```
  {
```

```
    digitalWrite(leds[2],1); //led rojo on
```

```
    digitalWrite(leds[3],0); //led verde off
```

```
    digitalWrite(leds[4],0); //led azul off
```

```
  }
```

```
  if(digitalRead(10)==HIGH) //boton verde
```

```
  {
```

```
    digitalWrite(leds[2],0); //led rojo off
```

```
    digitalWrite(leds[3],1); //led verde on
```

```
    digitalWrite(leds[4],0); //led azul off
```

```
  }
```

```
  if(digitalRead(11)) //botn azul
```

```
  {
```

```

digitalWrite(leds[2],0); //led rojo off
digitalWrite(leds[3],0); //led verde off
digitalWrite(leds[4],1); //led azul on
}
if(digitalRead(12))
{
digitalWrite(leds[2],1); //led rojo on
digitalWrite(leds[3],1); //led verde on
digitalWrite(leds[4],0); //led azul off
delay(3000);
digitalWrite(leds[2],1); //led rojo on
digitalWrite(leds[3],0); //led verde off
digitalWrite(leds[4],1); //led azul on
delay(3000);
digitalWrite(leds[2],0); //led rojo off
digitalWrite(leds[3],1); //led verde on
digitalWrite(leds[4],1); //led azul on
delay(3000);
digitalWrite(leds[2],1); //led rojo on
digitalWrite(leds[3],1); //led verde on
digitalWrite(leds[4],1); //led azul on
delay(3000);
}
}

//Incluir las librerías necesarias
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <TMRpcm.h>
#define pinSD 10 //define el pin para
seleccionar la tarjeta SD
TMRpcm tmrpcm; //Se crea el objeto tmrpcm
de la librería TMRpcm
void loop(){
//sonido: los medios de transporte
tmrpcm.play("transp.wav");
delay(4000); //Espera un 4s
while(1)
{
if(digitalRead(2))// botón coche
{
digitalWrite(6,HIGH);
tmrpcm.play("coche.wav");
delay(2000); //Espera 2s
digitalWrite(6,LOW);
}
if(digitalRead(3))// botón moto
{
tmrpcm.play("moto.wav");
delay(2000); //Espera 2s
}
if(digitalRead(4))//botón tren
{
tmrpcm.play("tren.wav");
delay(3000); //Espera 3s
}
}
}

```

Parte del código en arduino para los tableros que reproducen sonidos.

```

}
if(digitalRead(5)//botón avion
{
  tmrpcm.play("avion.wav");
  delay(3000); //Espera 3s
}
}

```

Agradecimiento

Al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por aprobar y financiar este proyecto, que sin duda alguna beneficiará a los niños que reciben terapia en DIF de la ciudad de Nogales, Sonora. También se agradece a los maestros que forman parte del Cuerpo Académico denominado *Centro de Aplicación de Tecnología en Mecatrónica y Mantenimiento (CEATEMM)* de la Universidad Tecnológica de Nogales, Sonora, por sus valiosas aportaciones y por el tiempo que dedicaron para que esto fuera posible.

Conclusiones

El equipamiento de un CEMS lo puede integrar todo aquel equipo que haga aprender, que mantenga ocupado al menor, que lo invite y motive a hacer un esfuerzo por lograr un objetivo que, en su desarrollo psicomotriz y cerebral, va a ser de por vida. Mediante la implementación de este proyecto, se ha observado cómo se puede desarrollar tecnología propia creando dispositivos hechos en México a un menor costo y con un desempeño igual o superior a los hechos en el extranjero.

La terapia multisensorial se debe dar a muy temprana edad, de esta manera el niño se va a adaptar a las rutinas sin oponer resistencia y a su vez, está entrenando su cerebro para aprender y conocer el mundo que le rodea.

Existen muchos dispositivos en el mercado que pueden ser utilizados para apoyar a dar terapias de ese tipo, algunos son vendidos solo como juguetes, y los costos no son tan elevados, así que, también pueden ser parte de un cuarto multisensorial.

En este sentido, se continuará haciendo el mejor esfuerzo, para que dicho cuarto quede equipado lo mejor posible y se mantenga funcionando por largo tiempo, dando servicio a tantos niños como lo necesiten. El compromiso seguirá con DIF Nogales, aun después de terminar este proyecto, ya que se continuará dando mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos que así lo requieran.

Referencias

Ortoteca (s.f.) Salas multisensoriales recuperado de: <http://www.ortoteca-rehabilitacionyfisioterapia.com/es/comprar-tienda-catalogo/estimulacion-multisensorial-salas-snoezelen.html>

Diosdado 2014 manual de Arduino recuperado de: <https://www.zonamaker.com/descargas/Arduino/Manual-Arduino.pdf>

Ruiz 2007 Manual de programación de Arduino recuperado de: <https://arduino.pbworks.com/f/Manual+Programacion+Arduino.pdf>

INEGI 2015 La discapacidad en México recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/discapacidad/>

INEGI 2014 La discapacidad en México datos al 2014, recuperado de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf

Juntos (sf) La discapacidad recuperado de: <http://juntos.org.mx/blog/>

OMS (sf) discapacidad Recuperado de:
<http://www.who.int/topics/disabilities/es/>

Adafruit (sf) VS1053 Codec + MicroSD
Breakout - MP3/WAV/MIDI/OGG Play +
Record - v4 Recuperado de:
<https://www.adafruit.com/product/1381>

Adafruit (sf) Music maker adafruit and shield
recuperado de:
<https://learn.adafruit.com/adafruit-music-maker-shield-vs1053-mp3-wav-wave-ogg-vorbis-player/pinouts>

Carlos Volt 2015-12-18 audio con arduino
recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=hc0wBjrO2WY>

León (sf) Catálogo de productos Recuperado
de:

<http://www.terapialeon.com/catalogo-de-productos/>

Rehabimedic (sf) catalogo cuarto de
estimulación multisensorial Recuperado de:
http://www.rehabimedic.com/catalogo.html?page=shop.browse&category_id=30

Control virtual de un exoesqueleto robótico

ISLAS-ALEJANDRE, Arturo †, ACOSTA-SÁNCHEZ, José Antonio, NERI-GÓMEZ, Manuel y MENDOZA-BELLOC, Armando

CA. Sistemas de Ingeniería y Mantenimiento, Universidad Tecnológica del Valle de Toluca cp. 52044 Lerma, Edo. México

Recibido Julio 13, 2017; Aceptado Septiembre 15, 2017

Resumen

Esta investigación desarrolla un programa de control virtual inalámbrico por Bluetooth a un exoesqueleto. El principal objetivo es enviar señales analógicas y digitales de forma inalámbrica a cada articulación del sistema de forma secuencial o independiente. Este estudio no sólo pretende ser aplicado al área médica de la rehabilitación física, también se espera se aplique en diferentes áreas industriales donde se emplea la supervisión en tiempo real y de forma virtual. Se presenta en un control de un sistema de instrumentación virtual LabVIEW realizando una comunicación con la plataforma de diseño, dentro de panel frontal al utilizar bloques especialmente prediseñados para el control de servomotores, a través de un envío de datos de comunicación con tecnologías como Arduino y el módulo HC-05 por Bluetooth. El diseño de control es aplicado a un primer prototipo de un exoesqueleto de rehabilitación física para personas con discapacidad en las funciones motoras de los dedos de la mano. Se proyecta en un futuro mejorar este prototipo y realizar una comunicación entre Solidworks y LabVIEW.

Microcontralador (μ c), Interfaz Virtual (VI), Protocolo de comunicación Arduino LabVIEW (LIFA), modulador de ancho de pulsos (PWM), especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (Bluetooth)

Abstract

This research develops a virtual Bluetooth wireless control program to an exoskeleton. The main objective is to send analog and digital signals wirelessly to each articulation of the system in a sequential or independent way. This study is not only intended to be applied to the physical rehabilitation medical area, but is also expected to be applied in different industrial areas where supervision is used in real time and virtual. It is presented in a control of a virtual instrumentation system LabVIEW realizing a communication with the platform of design, in front panel when using blocks especially predesigned for the control of servomotors, through a sending of data of communication with technologies like Arduino and The HC-05 via Bluetooth. The control design is applied to a first prototype of a physical rehabilitation exoskeleton for the disabled in the motor functions of the fingers. It is planned in the future to improve this prototype and establish a communication between SolidWorks and LabVIEW.

Microcontroller (μ c), Virtual Interface (VI), Arduino communication protocol LabVIEW (LIFA), Pulse width modulator (PWM), Industry Specification for Personal Area Wireless Networks (Bluetooth)

Citación: ISLAS-ALEJANDRE, Arturo, ACOSTA-SÁNCHEZ, José Antonio, NERI-GÓMEZ, Manuel y MENDOZA-BELLOC, Armando. Control virtual de un exoesqueleto robótico. Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-3: 26-35

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: arturo.islas@utvtol.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Función de transferencia en lazo cerrado

$$Ft = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)} \quad (2)$$

Para un flujo constante el voltaje del inducido e_b es directamente proporcional a la velocidad angular

$$e_b = K_3 \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

La velocidad de un servomotor de corriente continua controlado por inducido e_a , la ecuación diferencial para el inducido es

$$L_a = \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + e_b = e_a \quad (4)$$

O bien

$$L_a = \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + K_3 \frac{d\theta}{dt} = K_1 e_v \quad (5)$$

La ecuación para el equilibrio del par es

$$J_0 = \frac{d^2\theta}{dt^2} + b_0 \frac{d\theta}{dt} = T = K_2 i_a \quad (6)$$

Donde J_0 es la inercia de la combinación del motor, carga y tren de engranaje referido al eje del motor y b_0 el coeficiente de fricción viscosa de la combinación del motor, carga y tren de engranaje y referido al eje del motor.

Eliminando i_a de las ecuaciones 5 y 6 se tiene

$$\frac{\theta(s)}{E_v(s)} = \frac{K_1 K_2}{s(L_a s + R_a)(J_0 s + b_0) + K_2 K_3 s} \quad (7)$$

El tren de engranaje es tal que el eje de salida gira n veces en cada revolución del motor.

$$C(s) = n\theta(s) \quad (8)$$

La relación entre $E_v(s)$, $R(s)$ y $C(s)$ es

$$E_v(s) = K_0[R(s) - C(s)] = K_0 E(s) \quad (9)$$

A partir de la ecuación 7, 8 y 9 la función de transferencia en este sistema

$$Ft = \frac{C(s)}{\theta(s)} = \frac{E_v(s)}{E(s)} = \frac{K_0 K_1 K_2 n}{s[(L_a s + R_a)(J_0 s + b_0) + K_2 K_3]} \quad (10)$$

Cuando L_a es pequeño, se puede despreciar y la Ft es

$$Ft = \frac{K_0 K_1 K_2 n / R_a}{J_0 s^2 + (b_0 + \frac{K_2 K_3}{R_a})s} \quad (11)$$

Donde

$$K_m = \frac{K}{B}, T_m = \frac{J}{B} = \frac{R_a J_0}{R_a b_0 + K_2 K_3} \quad (12)$$

$J = J_0/n^2 =$ Momento de inercia referido a la salida del eje.

$$B = [b_0 + (K_2 K_3 / R_a)]/n^2$$

Coficiente de fricción viscosa referido a la salida del eje.

$$K = K_0 K_1 K_2 / n R_a$$

La Ft dada por la ecuación 11 se simplifica

$$Ft = \frac{K}{J s^2 + B_s} \quad (13)$$

O bien

$$Ft = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \tag{14}$$

Arduino

Es una plataforma de prototipos, electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para diseñadores o entornos interactivos. Funciona mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores, motores a pasos, actuadores, motores de cd.

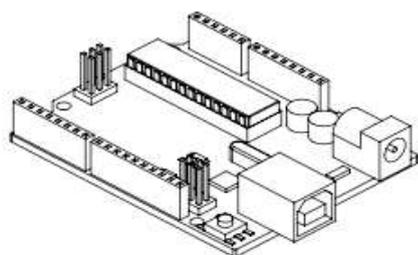


Figura 2 Microcontrolador Arduino

Fuente: *Arduino*

Para garantizar la correcta configuración de LabVIEW con Arduino se escribe un Sketch, nombre que reciben los programas hechos en Arduino. El cual tiene la finalidad de transmitir un mensaje o dato a través del puerto serie.

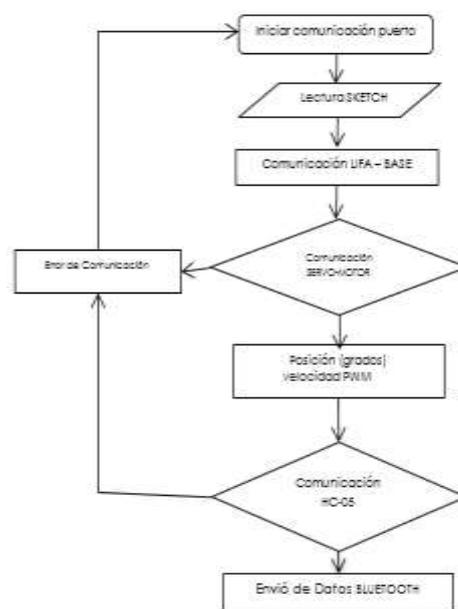


Figura 3 Diagrama de flujo Arduino

Fuente: *Universidad Tecnológica del Valle de Toluca*

Velocidad de Comunicación

Como primer punto es importante verificar la compatibilidad entre la comunicación y la velocidad de procesamiento de datos entre los sistemas de programación de cada elemento, se realizan pruebas con diferentes versiones del μ c Arduino y su compatibilidad de comunicación con el software labVIEW 2012. Se determina que Arduino 1.0.5-r2 es la versión mas adecuada para emplearse debido a que no presenta errores en la transferencia de datos y enlace, ya que en la actualidad hay mas de 20 diferentes placas oficiales del μ c. esto conlleva a tener más de 30 versiones diferentes de su software.

El firmware LIFA en el Arduino procesa los paquetes, y asegura que los datos no se han dañado durante la transmisión. Una vez leídos, comprueba el byte de comando y ejecuta las instrucciones con los bytes de datos proporcionados.

La velocidad de transmisión se establece de manera normal en 115200 bps pero se realizaron pruebas con velocidades de 230400, 460800, 921600 bps. Se observa que en ocasiones el diseño envía un mensaje de error de comunicación en el tiempo de respuesta por lo que la mejor opción, es la velocidad máxima recomendada por el fabricante. Se tiene en cuenta que los resultados obtenidos dependen también del procesamiento de los datos de la PC y sus características técnicas de diseño y fabricación.

Procesamiento de datos

La medida de un fenómeno físico, comienza con un sensor. También llamado un transductor, éste convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir. Para este sistema se emplean sensores de posición y desplazamiento como potenciómetros y codificadores angulares integrados en el servo motor.



Figura 4 Procesamiento de una señal

Fuente: Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

La adquisición de las señales de medición se realizan con un transductor por medio del servo motor al μ c Arduino, envía estos datos por Bluetooth al módulo HC-05, la velocidad de comunicación del módulo es de 19200 bps.

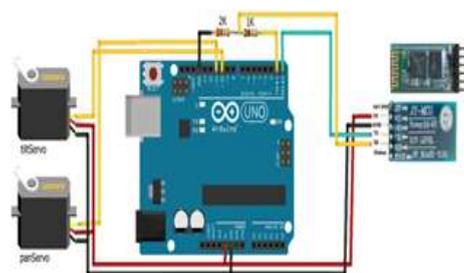


Figura 5 Envío de datos

Fuente: Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

La PC utilizada en los resultados obtenidos cuenta con un procesador Intel Core i7-7560 (4MB Caché, hasta 3.80 GHz) segunda generación, USB 3.1 (10 Gbps), Tarjeta inalámbrica Killer 1535 Wi-Fi, Bluetooth 4.1, esto proporciona una solución potente, flexible y rentable.

Accesibilidad

LabVIEW brinda la flexibilidad de un potente lenguaje de programación sin la complejidad de los entornos de desarrollo tradicionales.

- Fácil de Aprender y Usar
- Funcionalidad Completa
- Capacidades de E/S Integradas

En la actualidad las universidades y centros educativos. Cuentan con el equipamiento y la tecnología que permite a investigadores, docentes y alumnos realizar este tipo de estudios.

La existencia de tiendas especializadas, de manera establecida o por internet hace más fácil la adquisición de material y equipo a un costo relativamente accesible para estudiantes e investigadores.

LabVIEW presenta la capacidad de interactuar con otros programas y aplicaciones como:

- Multisim
- Matlab/Simulink
- AutoCAD
- Solidworks
- PLC's
- Adquisición y tratamiento de imágenes
- Tiempo real
- Control de movimiento
- Adquisición de datos

Metodología

Se realizan tres pruebas a un motor eléctrico de 3 a 6 Vcd, un motorreductor 25D 75:1 de 6 Vcd, y un servomotor SG90 de 6 Vcd.

La primera prueba consiste en la aplicación de un control PID y PWM diseñado en LabVIEW para observar su tiempo de respuesta, precisión, posición y Manejo del software. En un motor eléctrico de 3 a 6 Vcd aplicado a una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments.

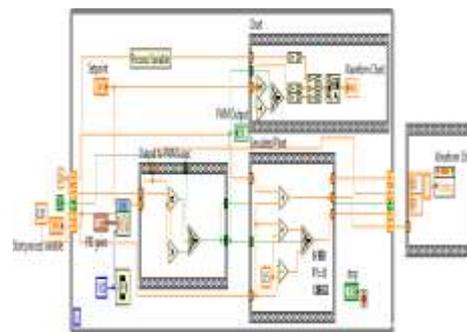


Figura 6 Control PID y PWM en LabVIEW

Fuente: *Software LabVIEW National Instruments*

En el gráfico #1 el PID sigue y corrige el error de posición con respecto a la referencia y el PWM controla la velocidad del motor.

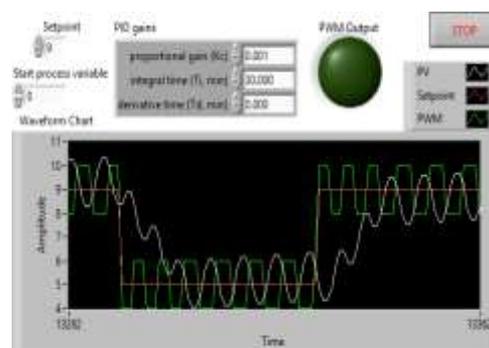


Gráfico 1 Panel frontal en LabVIEW

Fuente: *Software LabVIEW National Instruments*

Para el motorreductor 25D 75:1 se realiza un control PID a través de la plataforma de Matlab, que interactúa con un μ c Arduino a través de sus salidas PWM para el control de la velocidad.

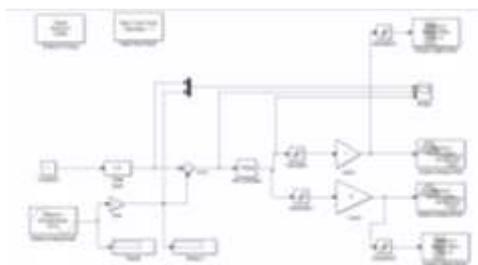


Figura 7 Control PID y PWM en Matlab

Fuente: *Software Matlab/Simulink*

El gráfica #2 muestra el funcionamiento del controlador PID en el cual se tienen dos señales, que siguen a la señal de referencia representada por la línea horizontal mostrada en la gráfica superior.

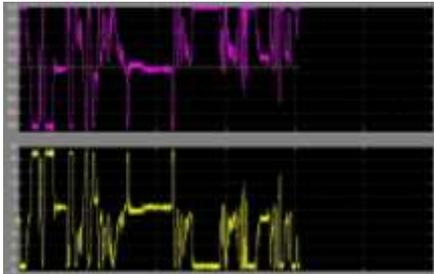


Gráfico 2 Respuesta del control PID en Matlab

Fuente: Software Matlab/Simulink

Para el servomotor SG90 de 6 Vcd se diseñó un control a través de bloques prediseñados especialmente para interactuar con el μ c Arduino, con esto la programación se simplifica de manera significativa como se muestra en la figura # 8, 9 y 10.

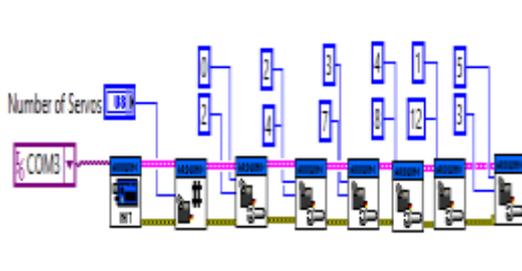


Figura 8 Programación del puerto de comunicación de los servomotores

Fuente: Software LabVIEW National Instruments

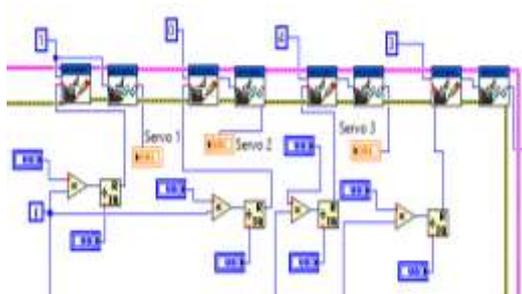


Figura 9 Programación del ángulo de control para servomotores

Fuente: Software LabVIEW National Instruments

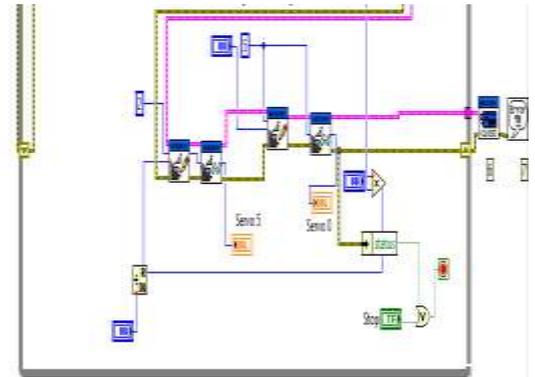


Figura 10 conexión código de error para servomotores

Fuente: Software LabVIEW National Instruments

La interfaz de comunicación LIFA de Arduino con un módulo HC-05 permite a los desarrolladores establecer comunicación con los puertos Visa de LabVIEW, a través del puerto de comunicación Bluetooth de la computadora.

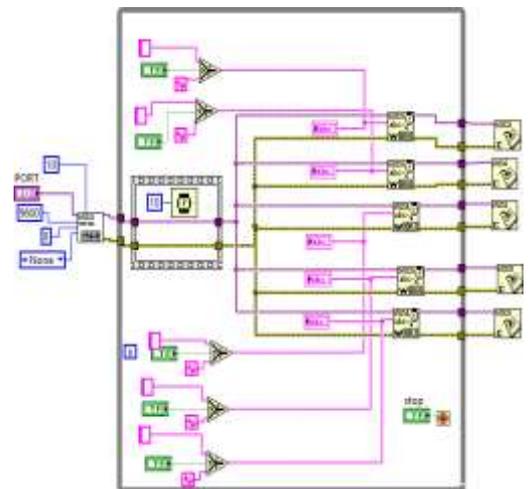


Figura 11 Sistema de comunicación visa

Fuente: Software LabVIEW National Instruments

Como resultado del programa anterior se obtiene un panel frontal, desarrollado con aplicaciones como el módulo de supervisión y control para el desarrollo de un panel de control más interactivo, facilita su uso para personas con poco conocimiento en control.

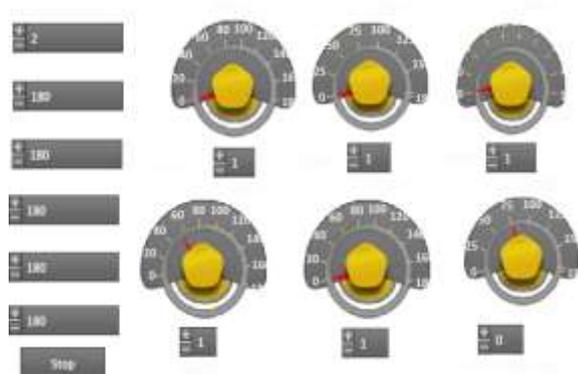


Figura 12 Panel frontal de control LabVIEW

Fuente: *Software LabVIEW National Instruments*

Resultados

Como se puede observar en la siguiente tabla en los dos primeros resultados se diseñó un control moderno basado en un controlador PID con el objetivo de realizar una comparación entre este tipo de control y un control virtual con bloques prediseñados se obtiene lo siguiente.

Motor de CC de 3 a 6 Vcd	
μ C Tarjeta de adquisición de datos	Resultados
Tiempo de respuesta	Buena
Velocidad	Excelente
Precisión	Regular
Costo	Alto
Programación y diseño del control	Avanzado
Interfaz Virtual de control	Excelente
Motorreductor 25D 75:1	
μ C Arduino	Resultados
Tiempo de respuesta	Excelente
Velocidad	Excelente
Precisión	Buena
Costo	Excelente
Programación y diseño del control	Avanzado
Interfaz Virtual de control	Mala
Servomotor SG90	
μ C Arduino	Resultados
Tiempo de respuesta	Excelente
Velocidad	Excelente
Precisión	Excelente
Costo	Excelente
Programación y diseño del control	Intermedio
Interfaz Virtual de control	Excelente

Tabla 1 Resultados de las pruebas realizadas

Fuente: *Universidad Tecnológica del Valle de Toluca*

Conclusiones

Se diseñó un control que realiza un movimiento secuencial e independiente de cada articulación de los dedos de la mano a través de una interfaz virtual en LabVIEW, por medio de bloques prediseñados especialmente para interactuar con servomotores, el μ C Arduino y el módulo Bluetooth HC-05 a través de la computadora. Aplicado a un primer prototipo construido especialmente para estas pruebas, figura #13.



Figura 13 Prototipo exoesqueleto

Fuente: *Universidad Tecnológica del Valle de Toluca*

Este tipo de investigación ofrece una base de estudio, tanto a estudiantes, docentes e investigadores interesados en aprender y mejorar el control o diseño. Se tiene como finalidad el área médica y de rehabilitación, sin descartar implementaciones en el sector industrial.

Si bien se realizan pruebas con otros tipos de control, la finalidad de este estudio es la implementación de un control de interfaz virtual a través de una comunicación inalámbrica del software y el μ c. Se plantea en un futuro se realizar el análisis de la respuesta del sistema, su estabilidad, y emplear el modelo matemático con herramientas como Matlab/Simulink aplicados a diferentes diseños de exoesqueletos en Solidwork con estudio de elemento finito.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca y al Cuerpo Académico de Sistemas de Ingeniería y Mantenimiento.

Referencias

Katsuhiko Ogata Ingeniería del control moderna 5 edición, Ed. Pearson Cap.2, 8

Dorf, R.C.y Bishop, R.H. (2005). Sistemas de Control Moderno 10 ma. Edición, Ed. Pearson Educación.

Gonnet, S. and Chiotti, O., Modeling of the Supervising

Control System of a Multipurpose Batch Plant. Computers & Chemical Engineering, Vol. 21, pp. S691-S696, 1997.

Castillo, I. and Roberts, C.A. Real time control scheduling for multipurpose batch plants. Computers and

Industrial Engineering, 41, pp. 211 – 225, 2001

Chou, W., Wang, T. y Xiao, J. (2004). Haptic interaction with virtual environment using an arm type exoskeleton device, 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1992-1997.

Gupta, A. y O'Malley, M. K. (2006). Design of a haptic arm exoskeleton for training and rehabilitation, IEEE/ASME Transactions Mechatronics. 11, 280–289.

Gutiérrez, R., Vanegas, F. Avilés, O. y Niño, P. (2005). Prototipo Exoesqueletico para Rehabilitación de Miembro Superior, CE-NIDET, 2-6.

Hogan, N. Krebs, H.I. Charnnarong, J. Srikrishna, P. Sharon, A. (1992). MIT MANUS: A Workstation for Manual Training I, IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 161-165.

Hibbler, R. C. (2006). Mecánica de Materiales. México. Prentice Hall, 877-879.

Mihelj M. Nef. y Riener R. (2007). ARMin II–7 DoF rehabilitation robot: mechanics and kinematics. 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation. 4120-4125.

Li Y. Heong A. K. y Chong G. C. Y. (2006). PID Control System Analysis and Design. Problems, remedies and future directions. IEEE Control Systems Magazine. Febrero. Vol. 26 No. 1, pp. 32-41, 120.

LabVIEW entorno gráfico de programación 2 edición Ed. Marcombo, José Rafael Lajara Vizcaíno

Manual LabVIEW Core I y Core II National Instruments

LabVIEW entorno de programación versión 8.2, José Rafael Lajara Vizcaíno

Antúnez F, M. E., & Balcázar, A. (2000). Diagnóstico sobre Discapacidad en México. Recuperado el 2014

Durán, A.C.M., Miranda, R.A. (2012). Comunicación inalámbrica basada en tecnología Bluetooth para la automatización de procesos industriales, Revista el Hombre y la Máquina, 39, 26-32 Aunque se presenta un caso de estudio, es necesario el incrementar el número de personas, con la finalidad de validar los resultados obtenidos, además de buscar otra forma de medir con mayor precisión las masas de las extremidades y sus elementos.

Prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (pinktest)

ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol*†, DOROTEO-CASTILLEJOS, Rubén, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y RIOS-SÍLVA, Israel De Jesús

*Instituto Tecnológico de Oaxaca, Departamento de Sistemas y Computación.
Avenida Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esquina Calzada Tecnológico, C.P. 68030
Tels. (951) 501 50 16 ext 264 ó 237*

Recibido Julio 27, 2017; Aceptado Septiembre 21, 2017

Resumen

Pinktest es un asistente virtual basado en realidad aumentada que enseñará a médicos, enfermeras, estudiantes y personas comunes, las técnicas para realizar correctamente la autoexploración de senos. Con este prototipo se pretende apoyar las prácticas y/o métodos de prevención en la detección temprana del cáncer de mama y con ello disminuir el índice de mortalidad en la población mexicana (edad > 50 años). Como resultado del desarrollo de este prototipo, se busca fomentar una cultura de autoexploración tanto en las mujeres como en hombres de las comunidades más alejadas de nuestra entidad así como generar un aprendizaje corroborativo sobre estudiantes y profesionistas que se asocian a este tópico, ya que en México existe un gran desconocimiento y nula difusión de las técnicas de prevención sobre los peligros del cáncer de mama. Tampoco existe un simulador que interactúe con el usuario y guarde el progreso que lleva al trabajar con el software. Lo anterior se llevará a cabo mediante un ambiente virtual de entrenamiento médico, el cual ha tenido un avance progresivo en los últimos diez años con el desarrollo de simuladores médicos y el uso de una cámara Intel RealSense SR300.

Cáncer, realidad_virtual, realidad-aumentada, autoexploración

Abstract

Pinktest is a virtual assistant based on augmented reality that will teach doctors, nurses, students and common people the techniques to correctly perform breast self-examination. This prototype aims to support prevention practices and / or methods in the early detection of breast cancer and thereby decrease the mortality rate in the Mexican population (age > 50 years). As a result of the development of this prototype, it seeks to promote a culture of self-exploration in both women and men in the communities farthest away from our institution as well as generate a corroborative learning about students and professionals who are associated with this topic since in Mexico. There is a great ignorance and null diffusion of the prevention techniques on the dangers of breast cancer, there is no simulator that interacts with the user and save the progress that leads to working with the software. The above will be carried out through a virtual environment of medical training, which has had a progressive advance in the last ten years with the development of medical simulators with the use of an Intel RealSense SR300 camera.

Cancer, virtual reality, reality-enhanced, self-exploration

Citación: ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, DOROTEO-CASTILLEJOS, Rubén, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y RIOS-SÍLVA, Israel De Jesús. Prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (pinktest). Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-3: 36-43

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: marisol_altamirano@prodigy.net.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La innovación tecnológica juega un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad ya que con ella, muchos de los problemas sociales que actualmente aquejan a la humanidad se les están dando solución. El aspecto salud, no puede quedarse atrás y prueba de ello son los distintos simuladores médicos, asistentes de intervención quirúrgica, etc. Uno de los grandes males con los que se lucha actualmente afectando a hombres y mujeres y que es la principal causa de muerte en el mundo es el cáncer. Según datos es la principal neoplasia que se presenta en la población mexicana de 20 años, principalmente mujeres (30.9%). y la entidad con la tasa más alta de mortalidad por cáncer de mama es Coahuila con 28.58% (INEGI, 2016). El cáncer de mama es una enfermedad que es causante de un gran número de muertes en mujeres en todo el mundo, principalmente por la velocidad de propagación que tienen las células malignas alojadas dentro de los lobulillos o conductos mamarios y que debido al poco conocimiento y las pocas herramientas de difusión que acompañan la práctica de autoexploración, el número de afectados sigue en aumento y conlleva a un alza en el promedio anual de las estadísticas de muertes en mujeres, convirtiéndose ésta en la causa número uno de mortalidad en mujeres de 35 a 60 años de edad y la segunda a nivel nacional después del cáncer cervicouterino.

En el artículo aquí expuesto, se presenta una herramienta de autoexploración en forma de prototipo al que de manera coloquial se le llamará "PinkTest", el cual se presenta como un asistente virtual que enseñará a médicos, enfermeras, estudiantes de medicina y personas comunes, las técnicas para realizar correctamente la autoexploración de senos, pretendiendo que la autoexploración asistida llegue a todos los rincones de México y con ello se logre la detección temprana del cáncer de mama y su pronta atención médica.

Otro de los objetivos es comprobar, mediante estadísticas, que con el apoyo de un asistente virtual aumentará el índice de detección temprana del cáncer de mama y por consiguiente disminuirá la tasa de mortalidad en mujeres y hombres.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron diferentes tecnologías. En los dos primeros prototipos, se empleó un dispositivo electrónico (sensor) que detecta movimientos de la mano y de los dedos llamado leap motion®. En los últimos dos prototipos, una cámara Intel RealSense SR300®, esta última con más precisión, ya que tiene la característica de ver como el ojo humano para detectar la profundidad y seguir el movimiento humano (Intel, 2016).

Actualmente no existe en México o alguna otra parte del mundo algún sistema, o software parecido a lo que se propone en este trabajo. Sin embargo, existen diferentes sitios que ofrecen apoyo como el Instituto Nacional de Cancerología (InCan) quien tiene un programa llamado "1 minuto contra el cáncer" (1minuto.org) ó la asociación FUCAM (fucam.org.mx) los cuales ofrecen apoyo a las personas con pláticas, equipos y servicios para la detección y tratamiento del cáncer de mama.

Planteamiento del problema

El cáncer de mama es una enfermedad que es causante de un gran número de muertes en mujeres en todo el mundo, principalmente por la velocidad de propagación que tienen las células malignas alojadas dentro de los lobulillos o conductos mamarios, además se le añade la desinformación e ignorancia respecto al tema. El desarrollo y propagación de las células cancerígenas depende de muchos factores tales como: la edad avanzada, la primera menstruación a temprana edad, etc.

Otro aspecto que interviene es la cuestión genética. Así, dependiendo de la relación que haya, habrá de un 5% a 10% mayor probabilidad de padecerlo. Dentro de las categorías de cáncer mamario existen 2 tipos principales, el carcinoma ductal infiltrante y el carcinoma lobulillar infiltrante, los cuales pueden ser detectables de 4 formas diferentes, siendo recomendada en primera instancia la autoexploración de senos para su detección oportuna (breastcancer.org) pero debido al poco conocimiento y las pocas herramientas de difusión que acompañan tal práctica, el número de afectados sigue en aumento y conlleva a un alza en el promedio anual de las estadísticas de mortalidad en mujeres, convirtiéndose ésta en la causa número uno de muertes en mujeres de 35 a 60 años.

La problemática radica en la poca información existente así como en el desconocimiento del tema y las prácticas que deben realizarse como métodos de prevención para atender de manera oportuna los padecimientos.

Al no haber conocimiento de la autoexploración mamaria en estados desarrollados y subdesarrollados, el número de muertes presente en los habitantes va en aumento, ya que alrededor de 27 de cada 100 mil mujeres mayores de 25 años lo padece y en el caso de la población masculina uno de cada 100 mil lo padece, tomando en cuenta que por cada caso de cáncer en un hombre hay 26 casos en mujeres y estas estadísticas incrementan en un intervalo corto de tiempo.

Cuando se realiza una correcta autoexploración, el porcentaje de casos detectados puede aumentar de un 12% a un 19% anualmente.

Diseño metodológico

El proyecto se desarrolla siguiendo los procesos considerados en la Metodología Orientada de prototipos, integrando las fases del ciclo de vida actuales y las propuestas por éste para el desarrollo del proyecto además de los procesos de soporte necesarios para un desarrollo satisfactorio del trabajo de investigación propuesto, el cual pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo. Este método permite que todo el sistema, o algunas de sus partes, se construyan rápidamente para comprender con facilidad y aclarar ciertos aspectos en los que se aseguren que los implicados estén de acuerdo en lo que se necesita así como también la solución que se propone para dicha necesidad.

En cada fase se crea un prototipo y se retroalimenta con los anteriores, obviamente mejorándolos. Los expertos creen que adaptarse a los cambios de requisitos en cualquier punto de la vida de un proyecto es una aproximación más realista que intentar definir todos los requisitos al inicio del proyecto e invertir esfuerzos después en controlar los cambios en los requisitos.

Las etapas y procesos considerados para la consecución del proyecto se describen en los siguientes apartados.

Investigación preliminar

Se realizó la propuesta de diseñar un asistente que ayude al personal médico en la enseñanza de las técnicas de autoexploración a la población femenina, debido a que son las principales afectadas por el cáncer de mama. Se realizó una investigación de campo en relación al tema del cáncer de mama, sus características, impacto en las mujeres, las causas que originan su aparición y los tratamientos existentes además de la existencia de algún mecanismo de prevención.

Al tratarse de un trabajo de investigación se recurrió a las técnicas y herramientas de la investigación científica (encuestas, cuestionarios y entrevistas) y de acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales arrojaban el poco conocimiento con respecto a los métodos de prevención existentes sobre el cáncer de mama, la cantidad de personas que saben o conocen a otras que padecen la enfermedad y el desconocimiento de como realizarse un examen de autoexploración preventivo, todos estos resultados confirmaron la necesidad de crear el "Prototipo de un Asistente para la Autoexploración y Detección Temprana de Cáncer de Mama. También en las entrevistas realizadas a médicos, enfermeras y estudiantes de medicina se indicó que la autoexploración se debe realizar con las manos por lo que conociendo el funcionamiento de la LeapMotion® se optó comenzar a trabajar el prototipo con ese dispositivo, emulando la autoexploración de manera virtual, tal como se muestra en la figura 1



Figura 1 Primer prototipo de pinktest, empleando el dispositivo leap motion Fuente: Elaboración propia

Definición de los requerimientos del sistema

Esta fase se considera la más importante del ciclo de vida del método de prototipos, el objetivo es determinar todos los requerimientos y deseos de los usuarios en relación al proyecto que se está deseando implementar.

Aquí el desarrollador interactúa con el usuario y sus necesidades mediante la construcción, demostración y retroalimentación. Dentro de la definición del prototipo PinkTest los requerimientos van orientados directamente a las necesidades de los estudiantes y profesionistas que tienen conocimiento en el uso de tecnologías actuales, además de contemplar las técnicas principales de autoexploración.

Diseño técnico y Construcción del prototipo

En esta etapa el prototipo diseñado en cada iteración (tomando en cuenta los modelos anteriores) debe estar documentado haciendo referencia a las ventajas y observaciones hechas por los expertos en el área, guiándose en los estándares que tiene la organización. Se construyeron cuatro prototipos funcionales, los cuales retroalimentaron los diseños posteriores hasta llegar al definitivo. En el prototipo uno (figura 2) el asistente funciona de manera visual sin que el usuario interactúe con él.



Figura 2 Primer modelo 3D, empleando Unity® y Blender® Fuente: Elaboración propia

En el prototipo dos, al asistente se le implementó el modelado virtual (3D) realizado con Unity® y Blender® como motor de desarrollo, aquí el usuario interactúa de forma parcial con el asistente, realizando la autoexploración con movimientos de manos y dedos al aire tal como se muestra en la figura 3.



Figura 3 Funcionamiento del asistente con diversos usuarios (prototipo 2) Fuente: Elaboración propia

El utilizar el modelo de desarrollo orientado a prototipos, permite que cada entregable sea funcional y vaya cumpliendo con las especificaciones marcadas en el documento de inicio. Para el tercer prototipo se sustituyó el dispositivo Leap Motion® y se iniciaron las pruebas con la cámara Intel RealSense SR300®, que implementa el reconocimiento de patrones y la realidad aumentada, sustituyendo al maniquí y al modelo 3D en pantalla. Se diseña un “sticker” (pegatina) de papel al cual se le configura con los tres procedimientos básicos que normalmente se realiza un paciente en los exámenes de autoexploración, colocándose en el pecho del paciente (sobre la ropa) y frente a la cámara, se dibuja una serie de puntos de referencia (patrón) que la persona deberá seguir con la punta de los dedos (figura 4).



Figura 4 Uso del asistente empleando reconocimiento de patrones, técnica de autoexploración efectuada con cámara RealSense SR300® Fuente: Elaboración propia



Figura 5 Ejercicio en forma de Cuña, técnica de autoexploración efectuada con cámara RealSense SR300®

Fuente: Elaboración propia

A partir de este prototipo, se da un gran avance, porque las pruebas se realizan con el propio cuerpo (método kinestésico), como se puede observar en figura 5.

Finalmente, la evolución del prototipo anterior, permite que el prototipo 4 se defina como el producto final y funcional.

Sus avances:

- Interactuar con el paciente en todo momento con la finalidad de que éste realice de manera correcta la autoexploración.
- Evaluar la precisión del contacto real y contacto el virtual en cada una de las técnicas y de la efectividad del proceso.
- Realizar las pruebas correspondientes para depurar errores de funcionamiento.
- Crear la versión para dispositivos móviles.(figura 6).



Figura 6 Técnica de autoexploración en forma de Cuña efectuada con cámara de dispositivo móvil

Fuente: Elaboración propia

Programación y pruebas

En esta etapa es donde los cambios identificados en el diseño técnico son implementados y probados para asegurar la corrección y completitud de los mismo con respecto a los requerimientos.

Las pruebas se realizan tantas veces sean necesarias para verificar cualquier tipo de anomalía en el sistema. En este punto se integran todos los módulos desarrollados a partir del lenguaje C# (MICROSOFT, 2017) que es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET.

En este proyecto C# es el lenguaje de programación base para la estructura inicial del asistente, el cual se integrará con los plugin de las demás plataformas de desarrollo que se requiere.

Operación y mantenimiento

Esta es la última etapa se realiza la instalación y mantención del software, la complejidad en este caso resulta menor ya que en las fases anteriores, los usuarios han interactuado con el asistente. El mantenimiento del software es considerada una fase de prioridad media (y no alta como al principio) ya que supone el refinamiento del prototipo. Se construye una plataforma web el cual en una base de datos se guarda la información generada al emplear el asistente, validando que cada usuario realice de manera correcta el ejercicio, el tiempo que empleó para realizarlos, si tuvo algún error y el sistema no le permitió avanzar, toda esta información permitirá la correcta operación del Prototipo del Asistente para la Autoexploración y Detección Temprana de Cáncer de Mama, el cual como se ha dicho en párrafos anteriores, es funcional.

Diseño de la interfaz móvil

En la 4ta iteración o cuarto prototipo, se desarrolló la aplicación para dispositivo móvil, haciendo uso de la cámara del dispositivo y que sustituiría a la cámara real sense, con este avance se reduce el gasto económico que implica la compra de una computadora y el dispositivo de lectura de manos, haciendo más accesible y asequible la adquisición del prototipo tal como se ve en la figura 7



Figura 7 Ejercicio en forma de Cuña, técnica de Autoexploración efectuada con dispositivo móvil

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Nuestros resultados se basan en la comprobación de que con el apoyo de un asistente virtual, aumentará el índice de detección temprana del cáncer de mama y por consiguiente disminuirá la tasa de mortalidad en mujeres y hombres. Por ello, antes de mostrar el funcionamiento del asistente, al paciente se le pregunta si sabe cuales son las técnicas de autoexploración básicas, y si puede realizarlas de manera correcta, después se accede a la plataforma web para visualizar un video que dependiendo el género (hombre o mujer) le indique que debe hacer al inicializar el asistente y como debe hacerse correctamente el ejercicio; indicando que al momento de completar de manera correcta a cada uno de los niveles de forma inmediata se accede al siguiente, guardando en la base de datos un registro de fechas, tiempo y ejercicio realizados través de la aplicación.

Se tomó como muestra a 184 derechohabientes (mujeres) del centro de salud de la población de Santa Maria, el Tule, quienes amablemente apoyaron en las pruebas de funcionamiento del prototipo, iniciando con los siguientes datos: 96% nunca ha realizado ni escuchado hablar sobre la autoexploración mamaria, el 4% restante dijo que si, en una plática con personal de una dependencia de gobierno, al cual asisten debido a que son beneficiarias de apoyos económicos. Pero que no lo practican ni saben como realizarlo de manera correcta pues lo observan en un papel. Se tomó a ese primer segmento de 8 personas y se realizó el mismo proceso, a la siguiente semana se les invitó a que probaran con el primer prototipo, que tampoco funcionó al 100% ya que estas personas tampoco están en contacto constante con equipos electrónicos. Nuestros resultados: muy buenos ya que al menos logramos el interés de esas usuarias, invitando a otras a que fueran a realizar los ejercicios. Se les pidió que durante un mes, acudieran al centro de salud en sus tiempos libres y practicasen. (Se tomó nota de los alcances, avances y sugerencias del uso del prototipo en derechohabientes y personal que labora en el centro de salud y así sucesivamente para cada prototipo, observando un incremento en conocimiento, destreza y manipulación del asistente en su cuarto prototipo.

La figura 8 muestra la serie de pruebas o exámenes básicos (Cuña, Espiral y Cruz) con usuarios de distintas edades (mujeres y hombres), haciendo uso del “Prototipo De Un Asistente Para La Autoexploración Y Detección Temprana De Cáncer De Mama (Pinktest)”.



Figura 8 Pruebas de funcionamiento y adaptación del “prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (Pinktest)”

Fuente: Elaboración propia

Trabajo a futuro

Al generarse un aprendizaje entre profesionistas y estudiantes de medicina, el prototipo puede integrarse como una herramienta de apoyo en las unidades médicas y brigadas de salud organizadas por alguna institución gubernamental o sin fines de lucro principalmente en las zonas geográficamente alejados con población marginada y dar a conocer de forma colectiva las técnicas de prevención de cáncer de mama mediante el software diseñado ó como material didáctico para estudiantes de enfermería o especialidad médica.

A futuro, este proyecto pretende aprovechar la tecnología Intel®RealSense™ que integra profundidad y el sistema de cámara termográfica de luz codificada de corto alcance para proporcionar registros gráficos de la temperatura del cuerpo, ya que investigaciones del Dr. Francisco Javier González Contreras (CONACYT, 2016) indican que los tumores cancerígenos, especialmente el de cáncer de seno, generan más calor que el tejido normal. Estas variaciones de temperatura se observan a través de la termografía infrarroja y por lo consiguiente puede ayudar en la detección temprana de cáncer de mama.

Conclusiones

Como resultado del desarrollo de este prototipo, se busca fomentar una cultura de autoexploración tanto en las mujeres como en hombres de las comunidades más alejadas de nuestra entidad así como generar un aprendizaje corroborativo sobre estudiantes y profesionistas que se asocian a este tópico. Por otro lado, al evaluar la precisión del contacto real y el contacto virtual en cada una de las técnicas, se podrá determinar la precisión y eficiencia de la autoexploración. Así mismo al evaluar la efectividad del proceso virtual se puede perfeccionar el mismo con nuevas tecnologías y depurar errores bajo diferentes pruebas.

Finalmente de integrarse el proyecto a todas las unidades de salud se puede prevenir de forma exponencial el número de personas atendidas en una población.

Referencias

CONACYT (2016). Recuperado de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/salud/5010-termografia-para-la-deteccion-temprana-cancer-de-mama>

INTEL (2016). Recuperado de https://software.intel.com/es-es/intel-sdp/home?_ga=2.136977971.2019783272.1503873717-686348989.1503873717

MICROSOFT (2017). Recuperado de <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/csharp>

Tobias Müller-Prothmann, Nora Dörr (2009). Innovations management. Strategien,Method. ver p. 7. Cita: „Innovation = Idee + Invention + Diffusion" (Innovación = idea + invención + difusión. München: Hanser. ISBN 978-3446417991.

Unity 5 announced at GDC 2014». <http://www.unity3d.com/>. Consultado el 5 de julio de 2016.

Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor*†, OLVERA-GARCÍA, Omar, GUZMÁN-TINAJERO, Pedro y MORILLÓN-GÁLVEZ, David

Universidad Nacional Autónoma de México, FES Cuautitlán, Estado de México y Cd. Universitaria, Ciudad de México, México

Recibido Julio 4, 2017; Aceptado Septiembre 7, 2017

Resumen

Este documento presenta los cálculos para el dimensionamiento de dos biodigestores para la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC Cuautitlán), empleando los desechos orgánicos de los conejos y vacas que se tienen para la carrera de Médico Veterinario Zootecnista (MVZ). Se utilizaron los resultados obtenidos en un proyecto anterior, en el cual se obtuvieron los porcentajes de metano que se pueden tener por kilogramo de materia orgánica de varios animales de la FESC Cuautitlán. Para dimensionar cada biodigestor, se obtuvieron el potencial de generación de biogás, la masa seca y masa volátil para los desechos orgánicos de vaca y conejo y sus respectivos tiempos de retención, por último, se obtuvo el volumen final de cada biodigestor considerando un factor de seguridad. La construcción de estos dos biodigestores puede contribuir a reducir la disposición final de los desechos orgánicos de la FESC Cuautitlán, produciendo abono que puede ser aprovechado en los campos destinados a la carrera de Ingeniero Agrícola (IA).

Biodigestor, materia orgánica, biogás, metano

Citación: HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar, GUZMÁN-TINAJERO, Pedro y MORILLÓN-GÁLVEZ, David. Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas. *Revista del Desarrollo Tecnológico* 2017, 1-3: 44-53

Abstract

This document presents the calculations for the sizing of two digesters for the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC Cuautitlán), using organic waste from the rabbits and cows that are for the career of Veterinary Zootechnician (MVZ). The results obtained in an earlier project were used, in which the percentages of methane that can be taken per kilogram of organic matter from several animals of the FESC Cuautitlán were obtained. The biogas generation potential, the dry mass and the volatile mass for the organic cow and rabbit waste and their respective retention times were obtained for each digester. Finally, the final volume of each digester was obtained, considering a factor of security. The construction of these two digesters can contribute to reduce the final disposition of the organic waste of the FESC Cuautitlán, producing fertilizer that can be used in the fields destined to the Agricultural Engineer (IA).

Organic matter, digester, biogas and methane

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vichugo@unam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La problemática generada por la alta producción de desechos orgánicos, lleva a la necesidad de buscar alternativas para su correcto manejo y aprovechamiento, los biodigestores son dispositivos que pueden solventar esta problemática, dado que además de recuperar el biogás obtenido por la descomposición de la materia orgánica, el residuo resultante sirve como fertilizante. En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM (FES Cuautitlán), se pueden aprovechar los desechos orgánicos producidos tanto por los animales existentes en los corrales pertenecientes a la carrera de Médico Veterinario Zootecnista (MVZ), como los desechos orgánicos producto del cultivo de productos agrícolas (maíz, alfalfa, sorgo, cebolla, vides, nopal, etc.) de los campos de la Carrera de Ingeniero Agrícola (IA), para obtener biogás (metano) que puede ser suministrado a los laboratorios o que permita calentar agua para diferentes usos por ejemplo regaderas del gimnasio y para limpieza en los comedores. En general se pueden aprovechar los desechos presentados en la tabla 1.

Origen	Tipo de desecho
Origen animal	Estiércol de ganado vacuno (vaca y toro)
	Estiércol de ganado ovino y caprino (borrego, cabras y chivos)
	Estiércol de ganado equino (caballo, mula, burro y poni)
Agrícolas	Poda de pasto y árboles
	Residuos de cosechas
Cocina	Residuos de comedores
	Residuos de la fabricación de alimentos

Tabla 1 Clasificación de los desechos orgánicos encontrados en la FESC

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un proyecto patrocinado por el programa UNAM-DGAPA-PAPIIT-IT104212 y el UNAM-DGAPA-PAPIME-PE101912, el cual consistió en conocer la cantidad de metano que se puede generar por cada materia orgánica de la FES Cuautitlán.

Para el proyecto se construyeron 12 biodigestores del tipo Batch, con volumen total de 33 litros y una presión de operación de 7 psi, los cuales fueron instrumentados para medir la presión, temperatura, pH del sustrato y la composición del biogás producido. Se realizaron dos pruebas, la primera fue de 84 días y la segunda de 96 días, en ambas se trabajó con los 12 biodigestores simultáneamente y con cinco diferentes tipos de materia orgánica en cada prueba.

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en dicho proyecto y se puede observar que el excremento de conejo es el que presenta la mayor producción de biogás, alcanzando los porcentajes más altos de metano que son en algunos casos mayores al 70%. El excremento de ganado vacuno también presentó una buena producción de biogás en ambas pruebas y alcanzo porcentajes de metano muy cercanos a los de excremento de conejo. En la segunda prueba la producción de biogás en litros por kilogramo de estiércol máxima fue de 0.708 lt/kg de excremento de conejo y 0.26 lt/kg de excremento de vaca. Las pruebas realizadas con algunas materias orgánicas, como la poda de pastos y los desechos de comida se vieron influenciadas por un pH muy ácido que inhibió por completo el proceso de fermentación anaeróbica. Otras pruebas se vieron influenciadas por el cambio drástico de la temperatura ambiental, cuando esta disminuyó ocasionó que la producción de biogás disminuyera considerablemente.

Biodigestor	Tipo de estiércol y proporción materia orgánica agua	Kg de estiércol dentro de cada biodigestor	Kg de MV dentro de cada biodigestor	Litros de biogás al día por Kg de MV	Litros de biogás al día por Kg de estiércol	Porcentaje Máximo de CH ₄ alcanzado
1	Caballo a 1:1	4.000	0.688	0.327	0.056	53.250
2	Caballo a 1:2	2.667	0.459	0.774	0.133	50.990
3	Cabra a 1:1	4.000	0.619	0.290	0.045	18.250
4	Cabra a 1:2	2.667	0.413	0.724	0.112	13.300
5	Borrego a 1:1	4.000	0.550	0.371	0.051	12.560
6	Borrego a 1:2	2.667	0.367	0.263	0.036	8.490
7	Vaca a 1:1	4.970	1.031	1.078	0.224	67.850
8	Vaca a 1:2	3.313	0.688	0.809	0.168	66.660
9	Vaca a 1:3	2.485	0.516	1.254	0.260	62.290
10	Conejo a 1:1	3.750	1.126	1.576	0.473	75.870
11	Conejo a 1:2	2.500	0.750	2.044	0.614	77.220
12	Conejo a 1:3	1.875	0.563	2.358	0.708	72.150

Tabla 2 Producción de litros de biogás por kilogramo de masa volátil (MV) al día

Fuente: Elaboración propia

Diseño

Para seleccionar el tipo de biodigestor se tomó en cuenta lo siguiente:

El volumen de excremento producido por los animales en un día.

Tiempo de retención hidráulica de la materia orgánica.

Volumen de gas estimado durante el tiempo de retención hidráulica.

Dimensionamiento de los biodigestores

Para el dimensionamiento del biodigestor se obtuvo el volumen total de materia orgánica que se produce en la escuela, posteriormente se determinó su masa seca y masa volátil para estimar el volumen total incluyendo el agua empleada para la dilución. Finalmente se consideró la cantidad de biogás que produciría esa materia orgánica y se dimensionó el biodigestor.

Con los resultados obtenidos en el estudio anterior, se consideró el dimensionar un biodigestor para los residuos de conejos y otro para los residuos de vaca.

En la FES Cuautitlán se cuenta con diferentes tipos de ganado, el número de animales por cada tipo de ganado se muestra en la tabla 3.

Animal	Cantidad
Equinos	25
Cabras	64
Borregos	69
Vacas	100
Conejos	3300

Tabla 3 Población de ganado en la FES Cuautitlán

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a estudios de campo realizados por la Universidad del Estado de Iowa (Iowa StateUniversity) en el año de 1985, se puede estimar que una vaca de 450 kg puede excretar en promedio 37.2 kg de materia orgánica, del cual, 70% corresponde a estiércol, por lo cual se tiene:

$$37.2kg(0.7) = 26.39kg$$

De los 37.2 kg de excretas de vaca, 26.39 kg son de estiércol. Actualmente la FES Cuautitlán cuenta con una población de 100 vacas. Si tomamos en cuenta que cada vaca, en promedio genera 26.39 kg/día de estiércol, podemos estimar que en un día se acumula en total, 2639 kg/día de estiércol.

Para fines de dimensionamiento del biodigestor, se tomó en cuenta una producción de 2000 kg/día de estiércol. En términos de volumen por día se tiene:

$$V_E = \frac{m}{\rho} = \frac{\left(2000 \frac{kg}{día}\right)}{\left(994 \frac{kg}{m^3}\right)} = 2.012 \frac{m^3}{día}$$

Tomando los datos anteriormente expuestos del porcentaje de MS y MV se puede calcular la MS y MV de la cantidad de estiércol que se propone para el biodigestor:

Masa seca (MS) en kg:

$$MS(kg) = 0.25(2000kg) = 500 kg$$

Masa seca (MS) en m³:

$$MS(m^3) = 0.25(2.012m^3) = 0.503 m^3$$

Masa volátil (MV) en kg:

$$MV(kg) = 0.83(500 kg) = 415 kg$$

Masa volátil (MV) en m³:

$$MV(m^3) = 0.83(0.5030175 m^3) = 0.418 m^3$$

Se estima que los biodigestores continuos requieren mezclas con una proporción de sólidos del 10% del total de la mezcla. Porcentaje de dilución (D)= 10 % (90 % Agua). Por lo tanto, el afluente requerido será:

$$Q_a = \frac{MS}{D} = \frac{0.503 m^3}{0.1} = 5.030 m^3$$

El Volumen de agua necesario para la mezcla será de:

$$V_{H_2O} = Q_a - V_E = 5.030 m^3 - 2.012 m^3 = 3.018 m^3$$

El volumen útil que entrará en el biodigestor diariamente será de 5.030 m³, por lo tanto, el tanque de alimentación deberá poder contener al menos esta cantidad para ser ingresada al biodigestor. Se debe estimar un borde libre en el tanque de mínimo 0.3 m.

En el caso de los biodigestores que contenían excremento de vaca se detectaron valores de metano comprendidos del 50-65% de la mezcla de biogás, después de 50 días de fermentación anaerobia y hasta los 96 días que duró la prueba. Para determinar el tiempo de retención hidráulica (TRH) se debe ser muy cuidadoso, ya que, un lapso corto de fermentación podría ocasionar que no se aproveche todo el potencial de la materia orgánica, por el contrario, si el lapso de fermentación es alto podría ocasionar una inhibición de la producción de metano a falta de alimento de las bacterias metanogénicas. En este caso, se decidió que el tiempo de retención hidráulica óptimo para el proceso sería la media en el lapso en el que se obtuvieron valores por encima del 50% hasta el punto máximo de producción de metano. De acuerdo a los resultados obtenidos del experimento tomado como base, el tiempo de retención hidráulica sería de 73 días.

Para calcular el volumen del digestor (V_d) fue necesario relacionar el TRH y el afluente requerido (Q_a):

$$V_d = Q_a \cdot TRH = (5.030 m^3)(73) = 367.203 m^3$$

Con la MV del estiércol y el volumen del digestor (V_d), se puede calcular la carga orgánica volumétrica (COV) como sigue:

$$COV = \frac{MV}{V_d} = \frac{415 \frac{kgMV}{día}}{367.2028 m^3} = 1.13 \frac{kgMV}{m^3 día}$$

Para determinar el volumen total del biodigestor se debe considerar que comprende el volumen útil más el volumen de almacenamiento del biogás más el volumen de seguridad de 20% del volumen calculado, para amortiguar posibles variaciones en la producción de biogás. Dado que la producción de biogás por día para el estiércol de vaca es bajo se considera que el volumen destinado al almacenamiento de biogás debe ser suficiente para contener una producción de biogás de al menos el tiempo de retención hidráulica de esta mezcla, es decir, 73 días.

En base a los resultados obtenidos del estudio realizado con los biodigestores de estiércol de vaca, se ha llegado a la conclusión que, en promedio, 1 kg de masa volátil (MV) de estiércol de ganado vacuno produce 1.254 LBG/día (litros de biogás por día).

De acuerdo al dato anterior la producción de biogás en metro cúbicos por kilogramo de MV al día será de:

$$\left(1.254 \frac{LBG}{kgMVdía}\right) \left(\frac{1 m^3}{1000 L}\right) = 1.254 \times 10^{-3} \frac{m^3 BG}{kgMVdía}$$

Por lo tanto, la producción de biogás diaria (PBD) será de:

$$= \left(1.254 \times 10^{-3} \frac{m^3 BG}{kgMVdía}\right) (415 kgMV) = 0.521 \frac{m^3 BG}{día}$$

Haciendo el cálculo de volumen de almacenamiento de biogás durante el tiempo de retención hidráulica:

$$0.5206 \frac{m^3 BG}{día} (73 días) = 38.003 m^3$$

Más el 20% de volumen de seguridad:

$$38.0031 m^3 (1.2) = 45.604 m^3$$

Por lo tanto, el volumen total del biodigestor para excremento de vaca será de:

$$V_T = 367.203 m^3 + 45.604 m^3 = 412.807 m^3$$

En el caso de conejos, en la FES Cuautitlán se cuenta con una población de 3300 ejemplares, considerando que excretan en promedio 40 gr diarios cada uno, se generará una cantidad de excremento de 132 kg diarios aproximadamente. La densidad del excremento de conejo es de 750 kg/m³, por lo tanto, en términos de volumen será:

$$V_E = \frac{m}{\rho} = \frac{\left(132 \frac{kg}{día}\right)}{\left(750 \frac{kg}{m^3}\right)} = 0.176 \frac{m^3}{día}$$

Tomando los datos anteriormente mencionados de MS y MV:

Masa seca (MS) en kg:

$$MS(kg) = 0.39(132 kg) = 51.48 kg$$

Masa seca (MS) en m³:

$$MS(m^3) = 0.39(0.176 m^3) = 0.069 m^3$$

Masa volátil (MV) en kg:

$$MV(kg) = 0.77(51.48 kg) = 39.64 kg$$

Masa volátil (MV) en m³:

$$MV(m^3) = 0.77(0.069 m^3) = 0.053 m^3$$

Se estima que los biodigestores continuos requieren mezclas con una proporción de sólidos del 10% del total de la mezcla. Porcentaje de dilución (D)= 10% (90% Agua). Entonces el afluyente requerido será:

$$Q_a = \frac{MS}{D} = \frac{0.069 \text{ m}^3}{0.1} = 0.686 \text{ m}^3$$

el volumen de agua necesario para formar la mezcla será de:

$$V_{H_2O} = Q_a - V_E = 0.686 \text{ m}^3 - 0.176 \text{ m}^3 = 0.510 \text{ m}^3$$

El volumen útil del tanque de alimentación debe ser capaz de albergar, por lo menos, 0.686 m^3 . Se debe estimar un borde mínimo libre en el tanque de 0.3 m.

Bajo los mismos argumentos citados para la determinación del TRH del biodigestor de vaca, se ha seleccionado un tiempo de retención hidráulica para las excretas de conejo de 50 días.

Para calcular el volumen del digestor es necesario relacionar el TRH y el afluente requerido (Q_a):

$$V_d = Q_a \cdot TRH = (0.686 \text{ m}^3)(50) = 34.32 \text{ m}^3$$

Una vez calculada la MV del estiércol y el volumen del digestor, se calcula la carga orgánica volumétrica (COV) como sigue:

$$COV = \frac{MV}{V_d} = \frac{39.64 \frac{\text{kgMV}}{\text{día}}}{34.32 \text{ m}^3} = 1.155 \frac{\text{kgMV}}{\text{m}^3 \text{ día}}$$

Para determinar el Volumen total se requiere considerar el volumen de almacenamiento para el biogás y el 20 % adicional para las posibles variaciones en la producción de biogás. Al igual que en el biodigestor de excremento de vaca se propone poder almacenar el biogás generado por todo el TRH, es decir, 50 días.

Con base en los resultados obtenidos en el proyecto, se ha llegado a la conclusión que, en promedio, 1 kg de masa volátil (MV) de excremento de conejo produce 2.358 LBG/día (litros de biogás por día).

Por lo tanto, la producción de biogás en metros cúbicos por kilogramo de MV de excremento de conejo al día será de:

$$\left(2.358 \frac{\text{LBG}}{\text{kgMV día}}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right) = 2.358 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3 \text{BG}}{\text{kgMV día}}$$

Para la cantidad de excretas de conejo producido en la FESC se estima una producción de biogás diaria (PBD) de:

$$\begin{aligned} &= \left(2.358 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3 \text{BG}}{\text{kgMV día}}\right) (39.64 \text{ kgMV}) \\ &= 0.094 \frac{\text{m}^3 \text{BG}}{\text{día}} \end{aligned}$$

El volumen de almacenamiento de biogás durante el tiempo de retención hidráulica será:

$$0.093 \frac{\text{m}^3 \text{BG}}{\text{día}} (50 \text{ días}) = 4.674 \text{ m}^3$$

Más el 20% de volumen de seguridad:

$$3.122 \text{ m}^3 (1.2) = 5.609 \text{ m}^3$$

Volumen total del biodigestor:

$$V_T = 34.32 \text{ m}^3 + 5.609 \text{ m}^3 = 39.929 \text{ m}^3$$

En la tabla 4 se resumen las dimensiones para los biodigestores propuestos para la FESC Cuautitlán, además, en las figuras 1 a la 4 se muestran los planos para el biodigestor de excremento de vaca y de la figura 5 a la 8 para el biodigestor designado a las excretas de conejo. Se muestran las características que se proponen para el tanque de alimentación, descarga, reactor y la vista de conjunto de los dos biodigestores.

Descripción	Capacidad Biodigestor Vaca	Capacidad Biodigestor Conejo
Volumen del Tanque de alimentación	5.03 [m ³]	0.70 [m ³]
Volumen del tanque de descarga	5.03 [m ³]	0.70 [m ³]
Volumen total del biodigestor	367.20 [m ³]	39.93 [m ³]
Cantidad de estiércol diario necesario	2000.00 [kg]	132.00 [kg]
Cantidad de agua necesaria	3018.11 [Litros]	510.40 [Litros]
Producción de biogás diaria	520.58 [Litros]	93.48 [Litros]

Tabla 4 Características de los biodigestores propuestos

Fuente Elaboración propia

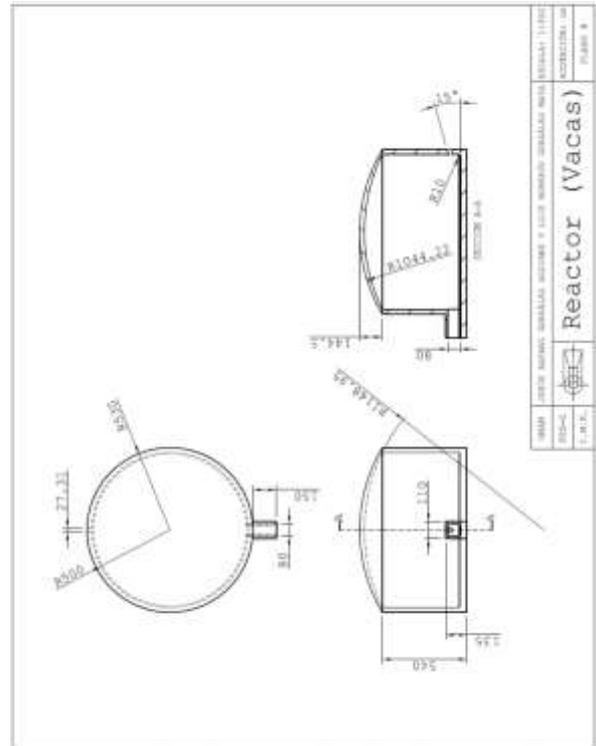


Figura 2 Reactor. Vacas

Fuente Elaboración propia

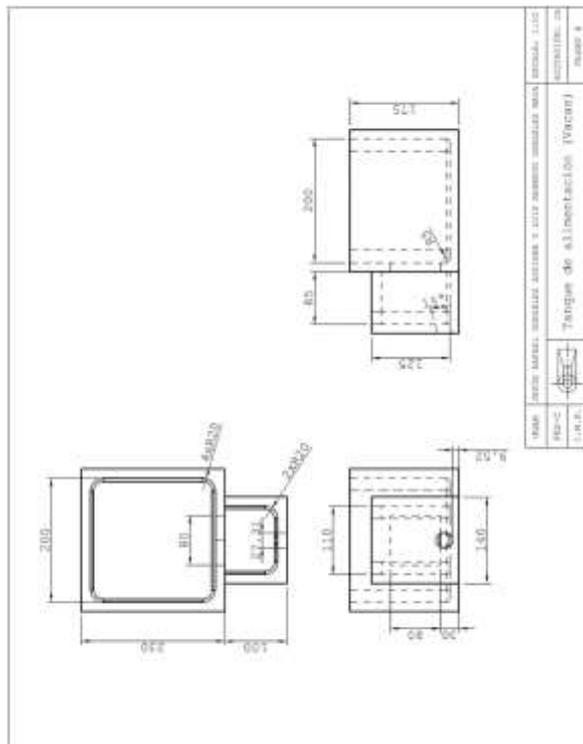


Figura 1 Tanque de alimentación. Vacas

Fuente Elaboración propia.

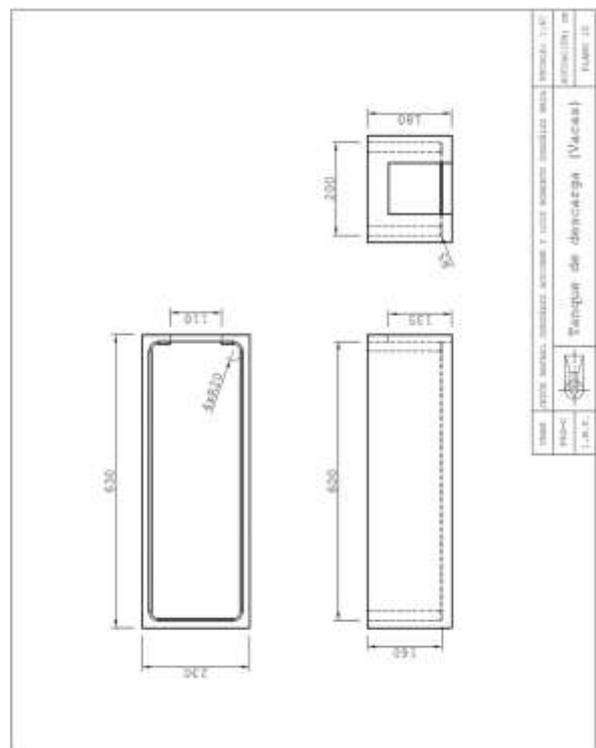


Figura 3 Tanque de descarga. Vacas

Fuente Elaboración propia

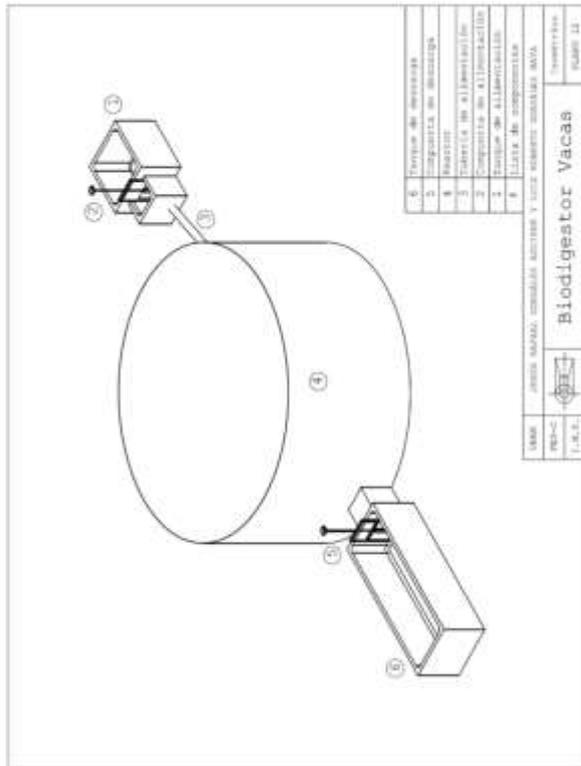


Figura 4 Biodigestor. Vacas

Fuente Elaboración propia

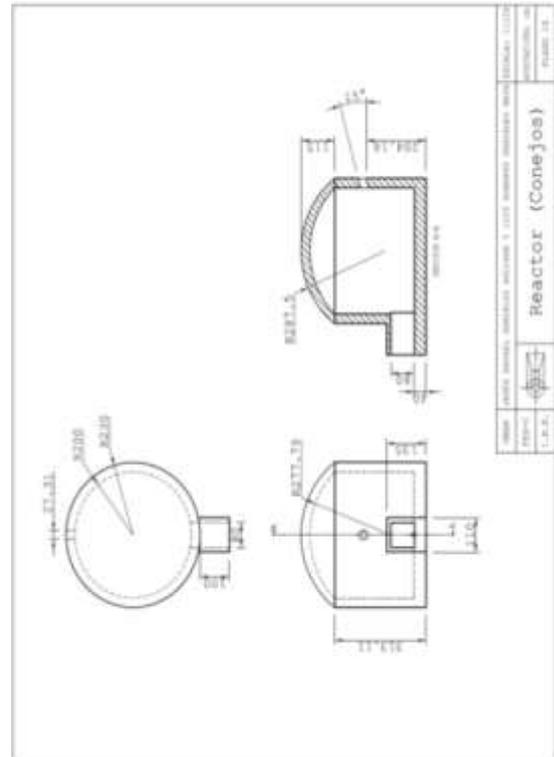


Figura 6 Reactor. conejos

Fuente Elaboración propia

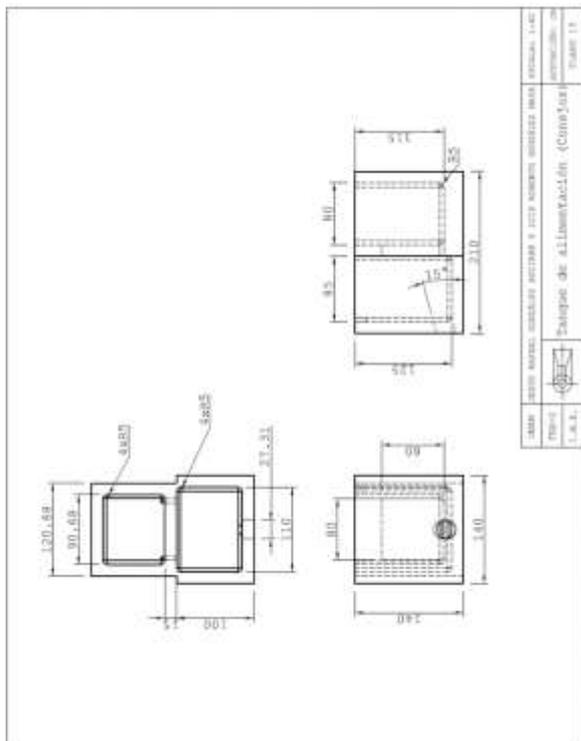


Figura 5 Tanque de alimentación. Conejos

Fuente. Elaboración propia

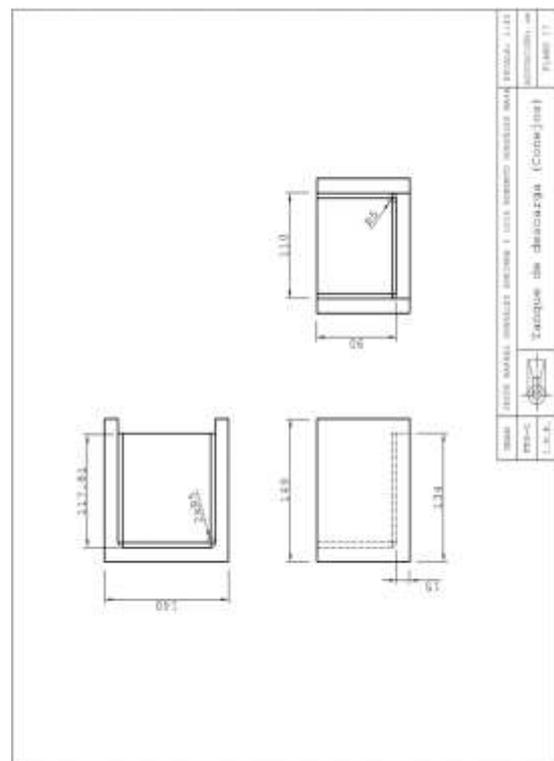


Figura 7 Tanque de descarga. Conejos

Fuente. Elaboración propia.

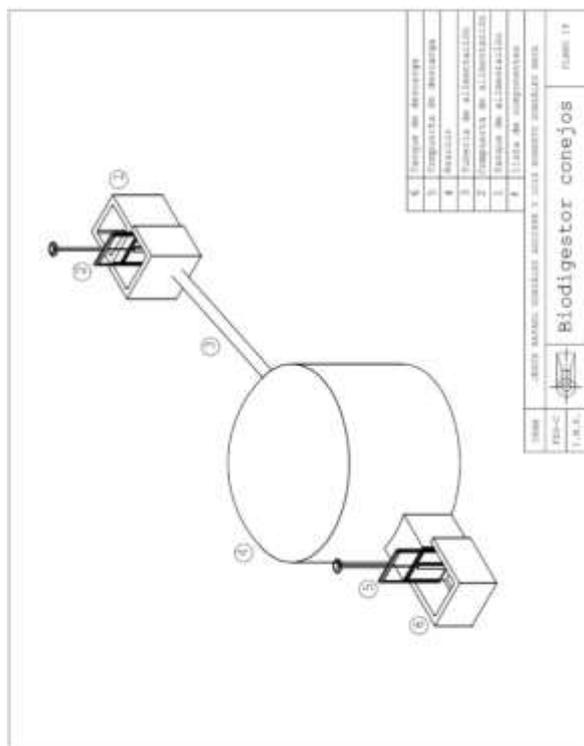


Figura 8 Biodigestor. Conejos

Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones

Con la construcción de los biodigestores propuestos, se podría solucionar el problema de la disposición y almacenamiento de los desechos orgánicos de la FES Cuautitlán, ya que se evitaría que la descomposición de este material fuera al aire libre, evitando el mal olor. Además, el residuo que se obtiene del biodigestor puede ser empleado como composta o abono, en los terrenos de cultivo con los que cuenta la carrera de Ingeniería Agrícola.

Agradecimientos

Se agradece al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT-IT104212 y el UNAM-DGAPA-PAPIME-PE101912, por los apoyos brindados para la realización del proyecto.

Referencias

Camps Rabadá, J. (1978). *Producción de estiércol cunícola y su valoración como abono*. Barcelona: Purina.

Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* (2ª ed). Madrid: Ediciones del Castillo.

Guevara Vera, A. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*. (2ª ed.) Perú: Organización Panamericana para la Salud.

Askeland, D. R. (2012) *Ciencia e ingeniería de los materiales*. (6ª ed.). México: Cengage Learning.

Chang, R. (2013). *Química general para bachillerato*. (1ª ed.), México: Mcgraw-Hill Interamericana.

ThyS., Preston, T. R. & Ly, J. (2003). Effect of retention time on gas production and fertilizer value of biodigester effluent. *Livestock Research for Rural Development*, 15 (7).

Beer, F., Russell J. E. & Dewolf, J. T. (2013). *Mecánica de materiales*. (6ª ed). México: Mcgraw-Hill Interamericana.

Campos, E., Illa, J., et al. (2004). *Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas*. Cataluña: Agencia de residuos de Cataluña.

Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales*. (8ª ed.). México: Pearson Educación.

Mott, R. L. (2015). *Mecánica de fluidos*. (7ª ed). México: Pearson Educación.

Lansing, S., Botero Botero, R. & Martín, J. F. (2008). Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresource Technology*, 99, 5881–5890.

Moncayo Romero, G.
(2008) *Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás*.

España: AqualimpiaBeratendeIngenieure.

Atem, A.D., Indiveri, M.E. & Llamas S.
(2010). Biomass storage for further energy use through biogas production. *International Journal of hydrogen energy*, 35, 6048 – 6051.

Ferrer, I., Garfi, M., Uggetti, E., Ferrer-Martí, L., Calderon, A., Velo, E. (2011). Biogas production in low-cost household digesters at the Peruvian Andes. *Biomass and bioenergy*, 35, 1668 – 1674.

González Aguirre, J. R., González Maya, L. R., Hernández Gómez, V. H., & Olvera García, O. (2013) Fabricación de prototipos para la obtención de biogás. *Memorias del Octavo Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica*. ISBN: 978-607-02-4551-0. México: FESC.

González Aguirre, J. R. & González Maya, L. R. (Octubre de 2014). *Diseño y construcción de un prototipo experimental que permita estudiar la generación de biogás mediante materia orgánica*. (Tesis de licenciatura). México: FESC–UNAM.

Hernández Gómez, V. H., Olvera García, O., Martínez Ávila, M. A., Gonzalez Aguirre, R. & Gonzalez Maya, R. (2015). Obtención de biogás a través de diferentes materias orgánicas. *Investigaciones sobre Innovación y desarrollo tecnológico*. México: CIINDET.

Instrucciones para Autores

[Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

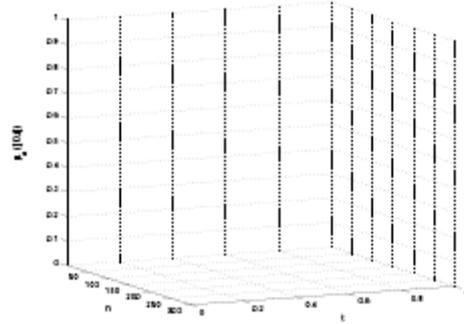


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

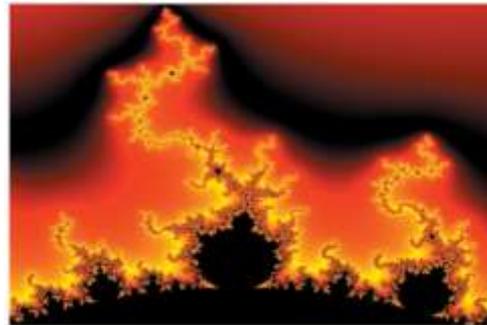


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista del Desarrollo Tecnológico

“Desarrollo de sistema de control inteligente para administración de potencia generada por paneles solares”

CARRILLO-GAONA, Ricardo Eduardo, MORA-DEL BOSQUE, Jessica Esperanza, LIÑAN-GARCÍA, Ernesto y GOMEZ-JIMENEZ, Ramón

Universidad Autónoma De Coahuila

“Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán”

RODRIGUEZ-RAMIREZ, Felipe, GARCÍA-ORTEGA, Irene, VASQUEZ-GAMBOA, Saira Antonieta y JUAREZ-MENDOZA, Lucila

Instituto Tecnológico de Tehuacán

“Arduino como herramienta para apoyar la terapia multisensorial a niños con capacidades diferentes”

RODRÍGUEZ-ARENAS, Mario Balvanedo, VELARDE-ANAYA, Omar, ÁLVAREZ-TORRES, Norma Angélica y CORONADO-PALOMARES, Juan Luis

Universidad Tecnológica De Nogales Sonora

“Control virtual de un exoesqueleto robótico”

ISLAS-ALEJANDRE, Arturo, ACOSTA-SÁNCHEZ, José Antonio, NERI-GÓMEZ, Manuel y MENDOZA-BELLOC, Armando

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

“Prototipo de un asistente para la autoexploración y detección temprana de cáncer de mama (pinktest)”

ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol, DOROTEO-CASTILLEJOS, Rubén, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y RIOS-SÍLVA, Israel De Jesús

Instituto Tecnológico de Oaxaca

“Dimensionamiento de dos biodigestores para la producción de metano en la FES Cuautitlán, empleando la materia fecal de conejos y vacas”

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar, GUZMÁN-TINAJERO, Pedro y MORILLÓN-GÁLVEZ, David

Universidad Nacional Autónoma de México



www.ecorfan.org