



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

INNOVACIÓN EN LA CLASE: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE

Mariángela Anaya Lemaitre, Lorena Yepes Varelo

**Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia**

Resumen

En el curso de temas especiales IEL 8250, del programa de ingeniería eléctrica de la Universidad del Norte, se decidió cambiar la metodología de enseñanza convencional a una basada en aprendizaje por caso o problema, con el objetivo de desarrollar competencias de trabajo colaborativo mediante la coordinación del grupo. Los estudiantes se dividieron en equipos dependiendo de los sistemas de operación y componentes que conforman el prototipo del proyecto.

Se decidió llevar a cabo el diseño y construcción de un prototipo de invernadero con elementos reciclados y energéticamente sostenibles. Esta propuesta fue seleccionada porque plantea una solución a los problemas de abastecimiento de alimentos en la región Caribe colombiana, como consecuencia de eventos naturales y sociales.

Para el desarrollo del prototipo se tuvo en cuenta el sistema de control, el sistema de generación de potencia eléctrica mediante el uso de energías renovables, el sistema de riego y el sistema de iluminación. Paralelamente un grupo se encargó de la estructura y sincronización de los subsistemas mientras que otro desarrolló el plan de factibilidad y negocio del proyecto.

Se espera que este proyecto se pueda implementar en varias regiones del país, con la finalidad de aprovechar estas zonas para el cultivo de cualquier tipo de especie independientemente de las condiciones ambientales. De igual manera que contribuya a mejorar la productividad en diferentes etapas del cultivo de una especie y la eficiencia en relación al consumo energético de invernaderos convencionales.

Palabras Clave: innovación pedagógica; energías renovables; invernadero

Abstract

During the class of “Temasespeciales” IEL 8250, from the electrical engineering program of the

“Universidad del Norte”, we were decided to replace the conventional learning methodology with a case-based learning or problem, with the goal of developing workgroup skills. The students were organized into teams depending on the operating systems and components that integrated the prototype of the project.

The design and construction of a greenhouse prototype was performed with recycled materials and renewable energy. This proposal was selected because it presents a solution to the food supply problem in the Colombian Caribbean region as a result of natural and social events.

For the development of the prototype the control, electric power generation using renewable energy and irrigation and lighting systems were considered, while another group developed the business plan and project feasibility.

It is expected that this project can be implemented in several regions of the country, in order to take advantage of these areas for the cultivation of any kind of species regardless of the environmental conditions. It will also help improve productivity at different stages of the cultivation of a species, and the efficiency in relation to the conventional greenhouses energy consumption.

Keywords: *pedagogical innovation; renewable energies; greenhouse*

1. Introducción

El actual desarrollo tecnológico; va de la mano con el diseño; ejecución e implementación de proyectos innovadores que sean coherentes con las necesidades sociales; económicas y ambientales. En consonancia con esto; se planteó el proyecto innovación en la clase: diseño y construcción de un prototipo de invernadero energéticamente sostenible.

Una vez se presentan problemas de abastecimiento de alimentos; los precios de los productos alimenticios de la canasta familiar incrementan. En términos económicos; es clave mantener estabilidad en los precios de los bienes y servicios ofrecidos en el mercado. Sin embargo; en los precios de la canasta familiar no existe tal equilibrio; dicha volatilidad se debe en gran medida; a cambios climatológicos y eventos naturales como inundaciones; que afectan las condiciones de los cultivos. En el caso de los Estados Unidos; los precios de los alimentos alcanzaron su máximo nivel durante el verano boreal del 2012; cuando el país fue golpeado por una severa sequía y la aridez afectó a otros países productores. Tras caer a comienzos del 2013; los precios han estado subiendo nuevamente en los últimos tres meses (La república; 2013).

Basados en contextos como el anterior se realizó la selección del enfoque del proyecto; teniendo en cuenta que éste podría servir para la solución de posibles problemas de abastecimiento de alimentos en algunas regiones del país; mejorando la productividad en diferentes tipos de cultivo; siendo un proyecto amigable con el medio ambiente y fortaleciendo el proceso de formación integral de los miembros del proyecto.

Por otro lado; mediante el uso de energías renovables para el suministro de energía eléctrica al invernadero; se logra tener un sistema autónomo; sostenible económicamente en el largo plazo y amigable con el medio ambiente. Con esta iniciativa; se espera incentivar en el país el aprovechamiento de los recursos renovables y reducir la huella de carbono.

Con la realización del presente proyecto se fortalecieron competencias y habilidades en los estudiantes de ingeniería como capacidad para trabajar en equipo o en grupo el trabajo cuando se realiza en equipo suele funcionar de forma diferente a la de un grupo esto se vio reflejado en el resultado final (Adams 2003); manejar el tiempo; utilizar los recursos razonablemente y potencializar el liderazgo en algunos miembros del grupo. De igual forma; mediante la simulación de un ambiente de interdisciplinariedad; se logró llevar a cabo canales de comunicación efectiva entre los diferentes subgrupos encargados de las diferentes áreas de trabajo (Hao 2008).

2. Metodología

Con el fin de solucionar el problema de los altos costos de envío relacionados con algunos productos de la canasta familiar; se propuso en nuestra clase de Energía Renovable crear un lugar adecuado para sembrar y posteriormente; poder cosechar cultivos no endémicos en nuestra cálida Región Caribe; como lo es el tomate chonto.

Para ello; se ideó un invernadero con el fin de que el espacio de cultivo fuera capaz de simular las condiciones óptimas con las que se cultivan este tipo de tomates; involucrando iluminación; riego regulado y temperatura; las cuales serían posteriormente las variables principales a controlar. Teniendo en cuenta las características ideales de cultivo de la planta; era necesario que el invernadero a construir funcionara de manera inversa; es decir; que disminuyera la temperatura de la zona de plantación.

Lo anterior se logró usando un sistema eléctrico basado en energías renovables; constituido por un panel solar doble: cada uno con una potencia de 210 W; un aerogenerador con salida trifásica de 600 W; ambos conectados a un sistema de control encargado de regular las tensiones entregadas por los dispositivos generadores; y así cargar una batería. Además; se implementó un interruptor que permite elegir el sistema de generación que se desea utilizar. En la posición 1 se encuentra el sistema solar. Éste contiene internamente un regulador que se encarga de rectificar la tensión de salida de los paneles a un nivel de tensión de 12 V para así cargar la batería. Por otro lado; la posición número 2 corresponde al generador eólico; el cual contiene un regulador MPPT (Maximum Power Point Tracking) permitiendo extraer la máxima capacidad de potencia y así cargar la ya mencionada batería. A continuación se presenta un diagrama esquemático correspondiente a las conexiones anteriormente descritas.

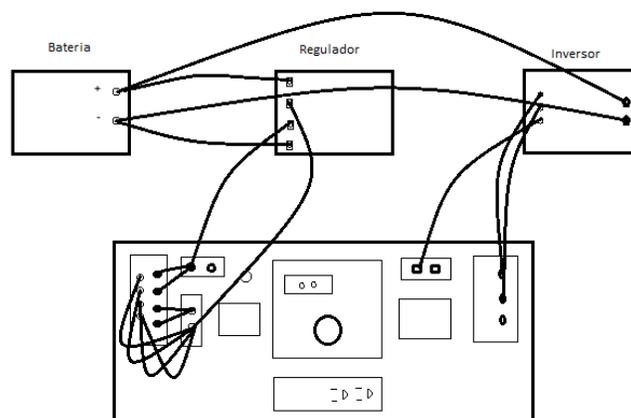


Figura 1: Esquema de conexiones del prototipo.

Por otro lado; para la estructura externa del invernadero se utilizaron tubos PVC de pulgada y media de diámetro; uniéndolos de tal manera que se construyó con forma de paralelepípedo con dimensiones de 1,5 metros de alto; por un 1,0 metro de ancho; constituyendo un área de 1m². A continuación; se puede apreciar evidencias del proceso de construcción de la estructura externa del invernadero.



Figura 2: Estructura externa del invernadero durante la fase de construcción.



Figura 3: Sistema aerogenerador-panel solar-caja de mando-invernadero.

Para la estructura interna; se reciclaron tanto botellas de gaseosa no retornables como sus respectivas canastas; las primeras; se cortaron y rellenaron de arena para sembrar las semillas en su interior; las segundas sirvieron como soporte para las botellas.

Por su parte; el sistema de iluminación del proyecto está constituido en primera instancia por la cubierta; la cual permite el ingreso de la cantidad de luz solar necesaria para el proceso de fotosíntesis de la plata. Se escogió de tal forma que bloqueara parte de la luz incidente; y permitiera el paso del viento; logrando una disminución de la temperatura interna del invernadero. Este sistema; cuenta además con iluminación

artificial para acelerar el crecimiento de las plantas. Las luminarias; se escogieron de color azul; referencia (Liu; 2012) ya que según el artículo regulación de crecimiento y fotosíntesis del cultivo de tomate cherry por diferentes irradiaciones de luz LED este color corresponde con el espectro de luz más importante para el crecimiento de este tipo de cultivo.



Figura 3: Sistemas de iluminación y control de luces.

Por último; el sistema de riego se realizó con un tanque de agua ubicado en la parte superior del invernadero; al cual se le conecta una manguera que cuenta con pequeños orificios; los cuales permiten el goteo adecuado para regar las plantas sin generar excesos de agua.

3. Análisis de Resultados

Como se presentó anteriormente; la idea inicial del proyecto fue el cultivo de tomate cherry pero a medida que se fue ejecutando el proyecto; algunas ideas iniciales fueron cambiando; una de ellas el cultivo a realizar y el tomate chonto por costo; además fue más fácil la consecución de la primera opción.

Se observaron resultados favorables de crecimiento de las plantas; se analizó el crecimiento de las semillas en dos entornos diferentes dentro y fuera del invernadero; ambas recibiendo un riego completamente igual pero variando sus condiciones ambientales. Tal como se puede observar en la Figura 4. Ambas desarrollaron durante el periodo de observación presentando mayor crecimiento; color y fortaleza las ubicadas dentro del invernadero. En la Tabla 1 se presentan las mediciones realizadas durante 6 días.

| Día | Dentro del Invernadero | Fuera del Invernadero |
|-----|------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 mm | 0 mm |
| 2 | 7 mm | 4 mm |
| 3 | 1;7 cm | 6 mm |
| 4 | 2;8 cm | 1;6 cm |
| 5 | 3;2 cm | 2;7 cm |
| 6 | 4;5 cm | 3;2 cm |

Tabla 1. Mediciones del Crecimiento De Las Plantas

Basados en los resultados anteriores y la observación de las plantas se pudo concluir que en cierta forma el entorno implementado dentro del invernadero favoreció un mejor crecimiento de las semillas de tomate.



Figura 4: (a) Crecimiento de las plantas luego de un día (b) Crecimiento de la planta ubicada fuera del invernadero; luego de 6 días. (c) Crecimiento de las plantas en el invernadero luego de 6 días.

Uno de los objetivos principales del desarrollo de este invernadero; fue incrementar las competencias de los estudiantes; en las habilidades de trabajo en equipo; manejo del tiempo; administración de recursos; liderazgo; entre otros.

Al final del ejercicio se encuestaron a los estudiantes para comprobar que tanto se habían mejorado esas habilidades que hacen parte de la formación integral de un futuro profesional el rango de puntos fue de 0 a 5 y encontramos que:

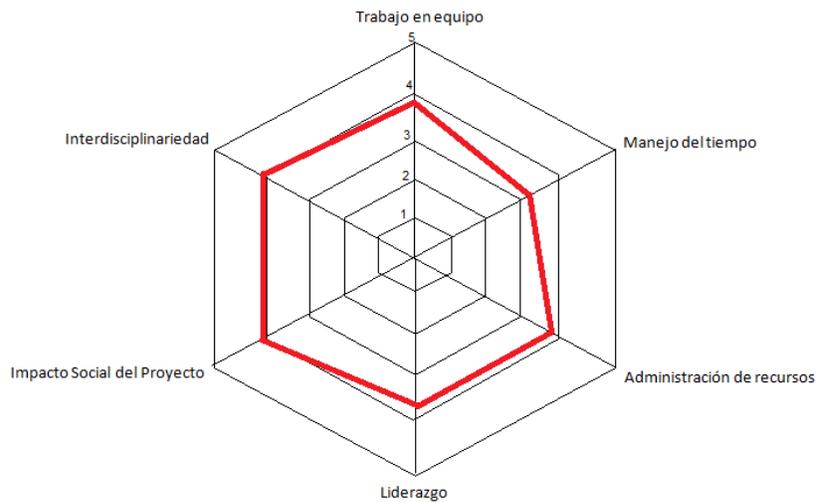


Figura 5: Competencias adquiridas.

Competencias: Donde el mejor resultado fue interdiscipliniedad e impacto del proyecto de ingeniería con 4;05 y la menos desarrollada fue la del manejo del tiempo con 3;26; con un promedio total de 3;73 que corresponde al 74% de las habilidades a desarrollar.

En la etapa de control se esperaba controlar el número de horas de luz solar y artificial que recibía el cultivo; sin embargo al no tener conocimientos suficientes en el área de desarrollo de microprocesadores se optó por utilizar un sistema que encendía 5 lámparas; cada una de 1W; si las condiciones de luz no eran las óptimas para el cultivo; sin tener el control de horas de luz.

4. Alcance

Se espera que el prototipo de invernadero se pueda implementar a gran escala. Su aplicación sería de gran beneficio para poblaciones aisladas que no se encuentren interconectadas al sistema eléctrico nacional. De igual manera; sería una buena alternativa para los municipios afectados por olas invernales; que posean condiciones para el desarrollo de la actividad agrícola.

Dado que la energía generada es limpia; sería un proyecto energéticamente sostenible y amigable con el medio ambiente a escala industrial. Se recomienda que se usen sistemas híbrido de generación de energía; como el planteado; con esto se logra continuidad de servicio; ya que dada la variabilidad del clima es importante no depender de una sola fuente de energía.

5. Conclusiones

Las energías renovables como recurso natural que puede aprovecharse industrialmente a partir de la aplicación tecnológica; cada vez está tomando más fuerza en cuanto a su aplicabilidad. Gobiernos de varios países; apuntan a apoyar proyectos que conlleven a la conservación del medio ambiente; inclusive; instituciones educativas también se suman a esta causa; como en el caso de la Fundación Universidad Del Norte; donde los estudiantes de último semestre de ingeniería eléctrica por medio de la materia de temas especiales; han realizado un invernadero energéticamente sostenible como proyecto aplicable; donde se resaltan competencias como trabajo en equipo; liderazgo; administración de recursos; entre otras.

Luego de superar las distintas adversidades en las etapas de construcción y funcionamiento del proyecto; finalmente se logró integrar cada una de las secciones que componen el invernadero.

La metodología utilizada para el desarrollo de la clase de “Temas Especiales” demostró una gran mejora en las destrezas personales; tales como la interdiscipliniedad y el trabajo en equipo; destrezas esenciales para un buen desempeño en el ambiente tanto profesional como personal.

6. Referencias

- [1] Diario la República; (2013; mayo). Artículo: Precios mundiales de alimentos crecen por tercer mes consecutivo: FAO. Consultado el 9 de mayo de 2013 en: http://www.larepublica.co/globoeconomia/precios-mundiales-de-alimentos-crecen-por-tercer-mes-consecutivo-fao_38269

- [2] Liu Xiaoying. GuoShirong; Chang Taotao; XuZhigang and TakafumiTezuka.(2012). Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). African Journal of Biotechnology Vol. 11(22); pp. 6169-6177
- [3] Adams Stephanie G. Building Successful Student Teams in the Engineering Classroom. Journal of STEM: Innovations and Research; July – December 2003. Page D1 University of Nebraska - Lincoln
- [4] Hao Meng¹; Yan-hui Wang².On Enterprise Innovation Integration based on the Self-organization Model.¹Research Center for Strategic Science and Technology Issues; Institute of Scientific and Technical Information of China; Beijing; 100038; China. ²College of Environmental Resources & Tourism; Capital Normal University; Beijing; 100048; China (mhchx@163.com)}

7. Autores

- **Mariangela Anaya Lemaitre.** Estudiante de IX semestre de ingeniería eléctrica de la universidad del Norte. mlemaitre@uninorte.edu.co
- **Lorena Yepes Varelo.** Estudiante de IX semestre de ingeniería eléctrica de la universidad del Norte. lvarelo@uninorte.edu.co

Además se destaca la participación activa en el proyecto de los siguientes estudiantes del curso temas especiales IEL 8250; de la universidad de Norte:

Acevedo Albuja Lina, Altamar Medina Yesenia, Caraballo Gómez Michel, De Ávila Villamil Rosana, De la Hoz Hadechiny Osvaldo, Escobar Díaz Julián, Laufaurie Suarez Jonathan, Loaiza Caraballo María, Medina Barandica Jair, Miranda Castro Rafael, Morales Narváez Luis, Solano Flórez Eduardo, Tous Contreras Andrés, Valenzuela Ortiz Alberto, Yaber Manotas Iván, Zúñiga López Manuel.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)