

**AUTOMATIZACIÓN DE AMBIENTES EN INVERNADEROS SIMULANDO
ESCENARIOS FUTUROS****AUTOMATION OF ENVIRONMENTS IN GREENHOUSES SIMULATING
FUTURE SCENARIOS**

PhD. Aldo Pardo García, PhD. Leonidés Castellanos González
Universidad de Pamplona.

Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Ciudadela universitaria, Norte de Santander, Colombia.
Telefono (057-7) 5685303
E-mail: {apardo13, leonides.castellanos}@unipamplona.edu.co

Resumen: En este artículo se presenta un estudio de diferentes tipos de estaciones de investigación de cambios climáticos, donde se investigan el comportamiento de diferentes cultivos a diferentes tipos de concentraciones de CO₂, valores de temperatura y humedad, así como el cambio de suelo. Se presenta un posible diseño de una estación de investigación utilizando el Intouch, con interfaz a un PLC donde se realice un sistema SCADA.

Palabras clave: Intouch, PLC, sensores, actuadores, SCADA.

Abstract: This paper presents a study of different types of climate change research stations, where the behavior of different crops in different types of CO₂ concentrations, temperature and humidity, as well as soil change are investigated. It is presented a possible design of a research station using the Intouch, with interface to a PLC where a SCADA system is realized.

Keywords: Intouch, PLC, sensors, actuators, SCADA.

1. INTRODUCCIÓN

En las próximas décadas la agricultura deberá afrontar, por una parte, una demanda creciente en alimentos y materias primas básicas, y a la necesidad de utilizar los recursos sin causar degradación o agotamiento del ambiente. Las civilizaciones generalmente han prosperado durante los periodos de clima benigno, incluso muchas fueron incapaces de optimizar sus prácticas agrícolas para ayudar al control del sistema natural; por ello la historia documenta la caída de los sistemas socioeconómicos que no tuvieron capacidad para responder a los cambios del clima o a los problemas de los recursos de agua y suelo (Campos, 2005).

El cambio climático puede tener efecto sobre el crecimiento, la morfología, la fisiología, la reproducción, la supervivencia y la predisposición de las plantas, resultando en la

modificación y la severidad de las enfermedades. Ciertamente, la naturaleza de la planta huésped (por ejemplo, perenne o anual, el metabolismo del tipo C3 o C4) y el patógeno (transmitido por el suelo o la parte aérea, si es biotrófico o necrotrófico (Chakraborty y Pangga, 2004).

La concentración promedio de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera alcanzó 397 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ in 2012, excediendo la concentración la concentración de los últimos 800,000 años (desde 180 a 300 $\mu\text{mol mol}^{-1}$). Las proyecciones estimadas para escenarios futuros indican que el CO₂ podría alcanzar 730 hasta 1020 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ para el año 2100. A pesar de los esfuerzos internacionales para la reducción de emisiones de efectos de gases invernadero, la concentración de CO₂ atmosférica ha estado aumentando significativamente en las últimas décadas.

Se propone diseñar un sistema de control en tiempo real para el desarrollo de un invernadero donde se simulen escenarios futuros se controle el nivel de CO_2 , O_3 , radiaciones ultravioletas, humedad y temperatura, de acuerdo al escenario futuro a investigar, y se puedan supervisar, monitorear y conocer las tendencias de diferentes plantas en estos escenarios futuros.

Con un sistema SCADA, utilizando herramientas especializada como el Intouch de la WONDERWARE se realizará el ambiente controlado, en esta aplicación se encuentran diferentes ventanas de visualización, las cuales nos da la opción de ver en tiempo real el funcionamiento del proceso, con este sistema se encuentran las ventana de monitoreo, control, de simulación y las tendencias históricas que corresponden a las entradas y salidas que se encuentran enlazadas en tiempo real al Controlador Lógico Programable (PLC).

II. Diferentes diseños de estaciones de investigación.

Se han diseñado estaciones de investigación en Brasil como “El Climapest” donde se han estado realizando investigaciones de los impactos del cambio climático sobre las plagas y enfermedades del café en una parcela FACE semicontrolada (Air Carbon-Dioxide Enrichment) que ya ha estado arrojando su resultados iniciales, pero se requiere más investigación en este sentido (Ghini et al. 2012a).

Las estrategias de manejo de enfermedades están influenciadas por las condiciones del clima. Debido a la información limitada sobre el impacto de cambio del clima en el trópico y sobre las plagas, enfermedades y malezas en las plantaciones de los diferentes cultivos es difícil de predecir los efectos en el manejo integrado de plagas. Ciertamente, las medidas de la cuarentena para controlar las plagas emergentes, por ejemplo, serán muy importantes para prevenir la diseminación de los agentes nocivos en las nuevas áreas, debido a las alteraciones en la distribución geográfica y temporal de los agentes causales como resultado del cambio del clima (Ghini et al. 2011).

En el proyecto Climapest, el CO_2 en la parcela FACE el control de este gas se hace controla a través de un sistema de instrumentación es basado en la tecnología de red de sensor inalámbrica. Cada segmento del octágono tiene las válvulas de gas individuales para compensar la dirección del viento y un dispositivo de mando de flujo a compense los cambios de velocidad de viento (Ghini et al., 2012 a). Mientras estas

estaciones son a campo abierto en otros países como Estados Unidos y Canadá se trabaja en invernaderos especializados denominados Envirottron donde se realizan investigaciones interdisciplinarias relacionadas con la nutrición, la fisiología, los estreses de diferente tipo de en cultivos de importancia económica sometidos a ambientes controlados (Castellanos, 2010, Duran & Iturriago., 2012). Son de referencia el Envirottron de la Universidad de Laval en Quebec, Canadá, donde se realizan investigaciones en cabinas con todas las mediciones de los procesos y del ambiente automatizadas (ver Fig. 1 y 2). Según Ghini et al. (2012 b) a partir de las investigaciones realizadas en Brasil se impone la incorporación del control de nuevas variables simulando escenarios futuros como el control del CO_2 , el O_3 .las radiaciones ultravioletas que son los factores que más inciden en los ciclos de los patógenos de las plantas y sus poblaciones. Son los microorganismos los que más estarán cambiando variando con los cambios climáticos debido a que tienen ciclo corto y poblaciones muy altas y deben considerarse como indicadores estos cambios.



Fig. 1. Vista general del Envirottron de la Universidad de Laval, Quebec.



Fig. 2. Cabinas individuales con los procesos y ambientes controlados

Un invernadero es toda aquella estructura que protege al cultivo de las condiciones

climatológicas externas, permitiendo su crecimiento y la realización de las labores culturales en el interior del mismo, durante todo su ciclo. Dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. “La característica distintiva del invernadero, si se compara con la producción a campo abierto, es la presencia de una barrera entre el cultivo y el ambiente externo. Esta barrera crea un microclima en el interior (temperatura, humedad relativa, CO₂, cantidad y calidad de luz, etcétera) que protege contra viento, lluvia, plagas, enfermedades y animales; además permite aplicar efectivamente el control biológico para proteger el cultivo. Todas estas características hacen que la producción en ambiente protegido tenga rendimientos más altos que a campo abierto (Bakker et al., 1995).

“Durante las últimas dos décadas, una gran cantidad de conocimiento científico ha sido acumulado y expresado en modelos matemáticos para invernaderos. Estos modelos que describen el proceso de producción se pueden usar para diseñar herramientas de ingeniería en invernaderos (análisis y diseño de invernaderos, análisis y diseño de nuevos algoritmos y métodos de control).” (Campos, 2005). “La formulación de modelos climáticos permite predecir el comportamiento de las diferentes variables que integran el agroecosistema del invernadero, para condiciones climáticas específicas de cada región; y sus interacciones. “Sin embargo, la modelación matemática del ambiente físico en los países en vías de desarrollo es más escasa, debido a que la tecnología de producción en invernadero es relativamente nueva, por lo que hay una gran necesidad de generarla (Castañeda, 2002, Torres et al., 2013)

Uno de la herramientas empleadas en la automatización de los invernaderos es el PLC, No es más que es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, las cuales implementan funciones específicas, tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada/salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general se puede definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos

electrónicos, sin previos conocimientos sobre informática. (Klenner et al., 2012). Otro dispositivo empleado en la automatización de los procesos y variables en los invernaderos es el DSP (es el acrónimo de Digital Signal Processor), que significa Procesador Digital de Señal. Este es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un juego de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad. Debido a esto es especialmente útil para el procesamiento y representación de señales analógicas en tiempo real: en un sistema que trabaje de esta forma (tiempo real) se reciben muestras, normalmente provenientes de un conversor analógico/digital (ADC) (Parllard, 2002).

También han sido utilizados microprocesadores de diferentes tipos que no son más que un circuito de alta escala de integración (chip programable), compuesto por miles de circuitos más simples como: flip flops, contadores, registros, decodificadores, comparadores, todos ellos distribuidos internamente en varios bloques funcionales. También es conocido como Unidad Central de Procesamiento o CPU. La programabilidad de un microprocesador se refiere a la capacidad que éste tiene para que su función sea definida a través de un programa. El programa consta de una serie de instrucciones relacionadas, ejecutadas secuencialmente (una a la vez) por el microprocesador y que pueden implicar operaciones, por ejemplo: suministrar señales para los demás elementos del sistema, buscar y traer datos desde la memoria, transferir datos desde y hacia los dispositivos de entrada y salida, decodificar instrucciones, realizar operaciones lógicas o aritméticas (Carvajal, 2009). La necesidad de profundizar en el estudio de los procesos fisiológicos, la nutrición y el comportamiento de las plagas y los patógenos en ambientes controlados se puede argumentar porque según (Ghini et al. (2011), Un número limitado de estudios ha considerado el impacto potencial de cambio del clima tropical en las plagas y enfermedades de los cultivos y porque la mayoría de la literatura sobre el tema trata del modelado para determinar cómo la distribución de una plaga/enfermedad puede cambiar bajo escenarios del clima futuro y muy poco se han realizado a nivel experimental.

III. Diseño de automatización de un invernadero con fines de investigación simulando ambientes futuros.

Con la ayuda del PLC se puede tener un mejor control del clima dentro del invernadero, ya que éste tiene una reacción inmediata después de que

una de las variables de la climatización se vea alterada. Por tal motivo el invernadero siempre tendrá una climatización con rangos deseados, incrementando la eficiencia para el cultivo si fuese el caso. Con el monitoreo continuo y el control preciso del PLC, el sistema llegará a tener un mayor ahorro de agua y electricidad. Esto porque al sobrepasar los valores de los rangos seguros el PLC activará los sistemas para la climatización, y se apagará al llegar nuevamente al estado deseado.

El PLC lo conforman tres partes, módulo de entrada, módulo de procesamiento matemático y módulo de salida.

Por el módulo de entrada se conectan las señales de los sensores de temperatura, CO₂, O₃, humedad, y otros.

En el módulo de procesamiento se tiene en cuenta la programación realizada por el investigador, programación en diferentes lenguajes, en ladder, lista de instrucciones, graficet, lenguaje de funciones.

Y por el módulo de salidas se conectan los actuadores que se activan de acuerdo a la programación. A través de actuadores, como válvulas de paso de CO₂ se puede duplicar su concentración, así como variar la concentración de O₃, o se activan las lámparas ultravioletas con las cuales podemos variar las radiaciones ultravioletas, con la activación de resistencias de nichrome, ventiladores y micro aspersores podemos se puede variar la temperatura y la humedad para diferentes escenarios de cambio de clima, además por lo general responden a modelos matemáticos de diferentes grados de complejidad, los cuales consideran el efecto de la concentración de CO₂, radiación fotosintéticamente activa (RFA), temperatura del aire (T) y precipitación o humedad (Pr).

En conjunto con investigador en agronomía se puede evaluar la influencia de una posible alteración de la composición de los suelos y la productividad de diferentes cultivos como cultivos de maíz (planta con ruta fotosintética C4) y trigo (planta de ruta fotosintética C3) si fuese posible.

Varios países tienen predicciones del cambio climático para diferentes escenarios de acumulación de CO₂ atmosférico (Hulme y Sheard, 1999; Gay, 2003; IPCC, 2007).

Con un sistema SCADA, utilizando herramientas especializadas como el InTouch de la WONDERWARE se realizará el ambiente controlado, en esta aplicación se encuentran diferentes ventanas de visualización, las cuales nos da la opción de ver en tiempo real el funcionamiento del proceso, con este sistema se encuentran las ventanas de monitoreo, control, de simulación y las tendencias históricas que corresponden a las entradas y salidas que se

encuentran enlazadas en tiempo real al Controlador Lógico Programable (PLC).

Los conceptos de la tecnología HMI/SCADA, así como las habilidades básicas que se requieren para la realización de un proyecto de InTouch (Rodríguez Penín A. 2006, Rodríguez, A. 2007, Acedo Sanchez, J. 2006, Sánchez, A. et al 2011).



Figura.3. InTouch: ideal para SCADA con PLC'S: ALLEN BRADLEY, NAIS, SIEMENS.

Con el InTouch (Fig. 3), a este programa van asociado tres modos o ambientes gráficos, siendo: el primero un ambiente de programación llamado WindowMaker, el cual permite la creación de los diferentes botones y componentes que permiten controlar y visualizar al proceso de control.

El segundo, una ventana que permite establecer un protocolo de comunicación cliente - servidor para la transmisión de datos necesarios para la escritura y lectura PC - Controlador. Y el tercero, un ambiente llamado WindowViewer encargado de permitir visualizar en tiempo real la aplicación desarrollada por el ambiente WindowMaker.

IV. Conclusiones:

La integración total del proceso (sistemas SCADA), permite obtener mediciones confiables para utilizarlas en las investigaciones.

- Los valores de CO₂, O₃, temperatura y humedad pueden variarse de acuerdo al proceso que se quiera investigar.
- La simulación de procesos en tiempo real es base importante, ya que nos permite realizar diversos métodos de diseño y mejorar los resultados de control.
- Con las técnicas de control en tiempo real en la automatización de procesos se logra una mayor eficiencia y mayor control.
- Este diseño de control de variables ambientales permitirá investigar escenarios futuros, como la influencia de alta concentración de CO₂, y otros, en diferentes cultivos, mejora la calidad de

aprendizaje tanto en el estudio de la electrónica, mecatrónica, así como lo referente a las ciencias ambientales y agrarias.

Referencias

- Bakker, J.C. Bot, G.P.A. G.P.A.. Challa G.P.A.y Van de Braak. N.J. (1995) Greenhouse Climate Control: An Integrated Approach.
- Campos D. "Agroclimatología: Cuantitativa de Cultivos". Editorial Trillas Primera Edición. México (2005).
- Castañeda R. (2002). "Elementos de instrumentación y control para la simulación del balance de energía en un invernadero". Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México
- Castellanos L. (2010). Informe final del intercambio. Universidad de Cienfuegos, Cuba – Universidad de Laval, Canadá. Proyecto: L'agroforesterie en milieu urbain et périurbain, pour la sécurité alimentaire, nutritionnelle et financière des ménages cubains. <http://www.univcan.ca/fr/research-exchange-projects/lagroforesterie-en-milieu-urbain-et-periurbain-pour-la-securite-alimentaire-nutritionnelle-et-financiere-des-menages-cubains-2/>.
- Chakraborty, S. y Pangga, I. B. Plant disease and climate change. In: GILLINGS, M.; Holmes, A. (Ed.). Plant microbiology. London: BIOS Scientific Publishers, 2004. p. 163-180.
- Ghini R, Hamada E, Angelotti F, Costa LB, Bettiol W (2012b) Research approaches, adaptation strategies, and knowledge gaps concerning the impacts of climate change on plant diseases. *Tropical Plant Pathology* 37:5-24.
- Ghini R., Torre A., Dentzien A.F.M., Bettiol W., Patrício F.R.A., Guerreiro O., Thomaziello R.A., Braghini M.T. y Fazuoli L.C. (2012a). Brazilian Coffee Free-Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE). Facility: Predicting the Impact of Climate Memories del Taller sobre cambio climático y problemas fitossanitários. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/964547/1/2012AA122.pdf>.
- Ghini, R., Bettiol, W., Hamada, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathology*. 2011. 60, 122-132
- Klenner I., Salazar B. y Salazar R. (2012.). Conexión entre PC y PLC usando un puerto ethernet. Universidad Tecnico Federico Santa María. <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s12/project/reports/KlennerSalazarSalazar.pdf>
- Parllar B.(2002). An introduction to the Digital Signal Processor. Universidad de Sherbrooke http://es.wikipedia.org/wiki/Procesador_digital_de_se%C3%B1al [Carbajal, J (2009). Estructura de los microprocesadores . Instituto Tecnológico de Costa Rica. [http://www.ie.itcr.ac.cr/jocastro/Estructura_Micros/presentaciones/introduccion_x86.pdf].
- Hulme, M. y Sheard. 1999. Climate change scenarios for Mesoamerica. Climatic Research Unit. University of East Anglia. Norwich, UK.
- Gay, C. (Ed). 2003. Una vision hacia el siglo XXI. El cambio climático en Mexico. UNAM, Mexico. 220 pp.
- IPCC, 2007. Summary for Policymakers. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Torres Clayton José, Archila John Faber, Tronco Mário Luiz, Becker Marcelo, Viera Porto Arthur José, Tiberti Alexander José. (2013). Estudio cinemático de una plataforma robótica para agricultura. *Revista colombiana de tecnologías de Avanzada*. 2 (22). Pág. 131 – 137.
- Durán Acevedo Christian M, Iturriago Ali Xavier. (2012). Automatización de un Sistema de Suministro de Agua Potable a Través de la Tecnología Zigbee. *Revista colombiana de tecnologías de Avanzada* 1 (19), Pág. 36 – 42.