

## **CÁLCULO DEL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN.**

**Luis José Cerpa Reyes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Profesor Asociado. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad de Sucre, Sincelejo. E-mail: serpayes@yahoo.com*

En términos generales, una laguna de oxidación es un estanque artificial poco profundo cuyo fin es la depuración biológica del agua residual, uno de los aspectos determinantes en el diseño de sistemas de lagunaje, es el cálculo de volumen de movimiento de tierra. En este estudio se busca establecer una ecuación que permita el equilibrio entre los cortes y rellenos de los suelos, por medio de métodos numéricos, para así lograr que los movimientos de tierra sean los adecuados. Los resultados finales de esta investigación, muestran una fórmula que permite calcular los movimientos de tierras de tal manera que no sobre material en el momento de la construcción.

**Palabras claves:** Laguna de oxidación, terraplén, corte, relleno.

## **EMBANKMENT VOLUME CALCULATION FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF OXIDATION LAGOONS**

An oxidation lake system is an artificial container to depurate biological wastage water. One of the key elements of in designing this kind of container is the calculus of the volume of soil movement. This study has as a main purpose to obtain an equation which allow a balance between the cut and the refilling of soils through a numerical method in order to determine the right movement of the soil. The results show a formula which allows calculating soil movements to prevent material surplus.

**Key words:** Lagoon of oxidation, embankment, court, filler.

## **CONSTRUCCIÓN INTEGRAL DE ESTABLOS.**

**Robinson Osorio Hernández<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Contratista Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia (FEDECAFÉ). Docente Ocasional. Departamento de Ingeniería*

*Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: rosorio0@unal.edu.co*

El mundo globalizado y el continuo avance de la industria y la tecnología exigen dar un paso adelante en la producción y en la concepción de ellas; se debe entender que la ciencia y la tecnología se mantienen en continuo avance y transformación y se debe ayudar a desarrollar y aplicar tanto una ciencia como una tecnología acorde a las condiciones concretas del país, partiendo de su condición social, económica, política, y ambiental. Hay que reconocer que en Colombia el sector agrícola y pecuario es en general, bastante atrasado, particularmente el sector ganadero, se caracteriza por el predominio tanto de la gran propiedad terrateniente como de una mentalidad por parte de los productores, de pastores, no de empresarios; la renuencia a invertir en el avance y desarrollo de la producción, no solo desde el punto de vista de la nutrición animal, sino también de la mayor eficiencia productiva y confort del animal y los trabajadores. Es importante reducir el área necesaria por animal, el impacto sobre el suelo, las aguas y el aire, como la reducción de costos de producción. La producción ganadera debe ganar en eficiencia, competitividad, sostenibilidad ambiental y rentabilidad, reduciendo el tiempo en los procesos, optimizando los recursos y estando cada vez más en armonía con el medio ambiente. En este aspecto el Ingeniero Agrícola tiene un papel fundamental que cumplir; la capacidad de comprender tanto las ciencias exactas como las ciencias naturales, los conocimientos adquiridos en el área de la biología, la bioclimática, las construcciones rurales, la ingeniería del ambiente rural, la maquinaria agrícola, los suelos, entre otros conocimientos propios de la carrera, confieren una responsabilidad y capacidad única en este aspecto. Acorde con lo mencionado anteriormente, se quiere mostrar que la construcción de establos para ganado, acompañados de marquesinas para secar el pasto, biodigestores para procesar el estiércol y producir biogás y bioabono y los sistemas de transporte por cable, de forraje son un muy buen complemento, y pueden ayudar a desarrollar este sector en Colombia.

**Palabras claves:** Establo, marquesina, biodigestor, biogás, bioclimática.

## **INTEGRAL STABLES CONSTRUCTION**

The globalized world and the continuing progress of industry and technology required to take a step forward production and conception of them, it should be understood that science and technology advance and remain in continuous transformation and it should be helped to develop and implement a science and technology tailored to the specific conditions in the country, starting of their social, economic, political, and environmental conditions. We must recognize that in Colombia the agricultural and livestock sector in general is quite late, particularly the livestock sector is characterized by the dominance of both the large landowners as property of a mentality on the part of producers, pastors, not entrepreneurs; reluctance to invest in the advancement and development of production, not only from the viewpoint of animal nutrition, but also extremely productive efficiency and comfort of the animals and workers. It is important to reduce the area needed per animal, the impact on soil, water and air, such as reducing production costs. Livestock production should gain in efficiency, competitiveness, environmental sustainability and profitability, reducing the amount of time processes, optimizing resources and being increasingly in harmony with the environment. In this aspect the Agricultural Engineering plays a fundamental role to play. The ability to understand both the exact sciences and natural sciences, the knowledge gained in the field of biology, bioclimatic, agricultural buildings, engineering environment rural, agricultural machinery, soil, among other expertise of the career confer a unique ability and responsibility in this regard. Consistent with the above, it is important to show that the construction of stables for cattle, with dry grass canopies, biodigestors to process the manure and produce biogas and biofertilizer and cable transport systems, are a very good complement, and can help develop this sector in Colombia.

**Key words:** Stable, carport, biodigester, biogas, bioclimatic.

## **DETERMINACIÓN DEL DÍA TÍPICO PARA EL DISEÑO AMBIENTAL DE INSTALACIONES PECUARIAS. Jaime Salazar Contreras<sup>1</sup>; Luis Alejandro Hernández<sup>2</sup>; Rodolfo Iván Fagua<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: jsalazarc@unal.edu.co*

<sup>2</sup> *Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: lahernandezh@unal.edu.co*

<sup>3</sup> *Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: rifaguaf@unal.edu.co*

Para el diseño de estructuras con fines de explotación pecuaria, tales como aves, porcinos, ganado de leche y carne, es necesario garantizar ambientes de confort para los animales manteniendo durante las etapas productivas unas condiciones relativamente constantes, de temperatura y humedad relativa, y con ello, garantizar niveles óptimos de producción. Dichas características ideales se ven afectadas, en mayor o menor grado, por las condiciones externas de temperatura y humedad relativa, las que a su vez, están influenciadas por el piso térmico en que esté localizada la estructura. Los balances térmicos, tanto de calor sensible, como de calor latente, las condiciones psicrométricas del aire, tanto del que entra al sistema, como el que sale, y en definitiva, los caudales de ventilación, son variables indispensables para el diseño, y dependen entre otros factores, de las condiciones externas. El presente trabajo muestra una metodología aplicando series de Fourier y modelos psicrométricos para la determinación del día típico característico para los pisos térmicos frío y cálido en Colombia, a partir de procedimientos estadísticos y probabilísticos, obteniendo la variación horaria de la temperatura y humedad relativa. Se realiza un análisis de la calidad de los datos, se ajustan a una distribución de probabilidad, se obtienen los valores promedios, con sus respectivos intervalos de confianza, para luego encontrar las ecuaciones y trazar las curvas que representen las variaciones de temperatura y humedad relativa, hora a hora, para cada uno de los pisos térmicos en referencia. La información meteorológica tiene una serie de análisis de 10 años y para el caso

del clima frío, fue suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR y para el clima cálido, por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.

**Palabras claves:** Día típico, psicrometría, calor latente, calor sensible.

### **TYPICAL DAY DETERMINATION FOR THE ENVIRONMENTAL DESIGN OF LIVESTOCK EXPLOTATION.**

To design structures tending to livestock exploitation such as poultry, pigs, cattle and meat, it is necessary to assure comfortable environments for animals maintaining relatively constant conditions of temperature and relative humidity during the productive stages, and therefore ensure optimum levels of production. These ideal characteristics are affected in some way by external conditions of temperature and relative humidity, which in turn are influenced by the climate area where the structure is located. The heat balances both sensitive heat and latent

heat, air psychrometric conditions (air going in and going out the system), and ultimately, the ventilation flow, are indispensable for the design variables, and depend among other factors, of external conditions. This work shows a methodology applying Fourier series and psychrometrical models to determine the typical day conditions for thermal zones cold and warm in Colombia, based on probability and statistical procedures, obtaining the time variation in temperature and relative humidity. We carried out an analysis of data quality fit a probability distribution, we get the average values, with their respective confidence intervals, and then find the equations and draw the curves representing variations in temperature and relative humidity, hour by hour, for each of the thermal zones in reference. The weather has a series of analyses of 10 years and in the case of the cold weather, was provided by the Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR and for the warm weather, by the Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM.

**Key words:** Typical day, psychrometric, latent heat, sensitive heat.

## **CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS EN LÍNEA POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN NETA.**

**María Gloria Romero Bevilacqua<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Dra. Ingeniera Agrónoma, Consultora Privada. J. Vazquez Ledesma 2879/4. Montevideo, Uruguay. E-mail: mgromero@netgate.com.uy*

La correcta estimación de las necesidades de agua de los cultivos es crucial para obtener altos rendimientos en cantidad y calidad para todos los cultivos. Un parámetro importante en ese cálculo es la estimación de la radiación neta, sobre todo en aquellos lugares donde no existen mediciones directas de la misma, debido al alto costo y delicado mantenimiento que requieren los radiómetros. Uno de los componentes más importantes que determinan la radiación neta es el albedo. Éste parámetro es, usualmente, tomado como un valor fijo en los cálculos de evapotranspiración. Un algoritmo para poder calcular el albedo total (suelo + cubierta vegetal) en cultivos en línea fue desarrollado para las condiciones de Kimberly, Idaho (Estados Unidos). La serie de datos utilizados incluyó datos horarios de todos los parámetros involucrados y los cultivos estudiados fueron: papa, maíz, remolacha, arvejas. El algoritmo permite calcular el albedo horario mediante un modelo exponencial que incluye dos coeficientes determinados empíricamente y el ángulo de elevación del sol. Los coeficientes de correlación y cuadrado medio del error, dan valores muy aceptables, cuando se compara la radiación neta estimada usando el albedo modelado, con los datos horarios de radiación neta obtenidos en una estación meteorológica.

**Palabras claves:** Radiación neta, evapotranspiración, cultivos en línea, necesidades de agua.

## **CALCULATION OF WATER NEEDS OF ROW CROPS BY MEAN OF THE NET RADIATION ESTIMATION**

Net radiation parameterization, by means of canopy-soil albedo modeling, was done for snap

beans grown at Kimberly, Idaho (USA) in 1973. The albedo model is an empirical exponential model, based on sun altitude angle, which allows calculate canopy-soil albedo for row crops. The modeled albedo provided a good estimation of net radiation when compared with measured net radiation. Good fitting (considering  $R^2$  and RMSE) was obtained when comparing modeled and measured net radiation.

**Key words:** Net radiation, evapotranspiration, row crops, water needs.

## **DISEÑO DE UN MODELO PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA UTILIZANDO LA TEMPERATURA DEL AIRE EN DOS REGIONES DEL ECUADOR. Emil Cristhian Vega Ponce<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Profesor. Departamento de Aguas y Tierras. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. E-mail: cristhianvegap@hotmail.com*

Considerando las heterogéneas características que tienen dos zonas de similar latitud pero diferente altitud en Ecuador, como son Portoviejo (región costa) y Riobamba (región andina), se ajustó el modelo de Holdridge y tres modificaciones del mismo (modelo  $C_{Ho}$  diario,  $C_{Ho}$  mensual y  $C_{Ho}$  anual) con el propósito de estimar la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) para rangos de promedios móviles de 30, 10, 7, 5, 3 y un día. Una vez calibrado  $C_{Ho}$ , se estimó  $ET_0$  y se validaron los resultados comparándolos con valores de evapotranspiración de referencia utilizando la evaporación de bandeja con su respectivo coeficiente de bandeja ( $ET_0$  Ban). El coeficiente empírico de Holdridge ( $C_{Ho}$ ), a pesar de obtener una reducida correlación con la humedad relativa especialmente en Riobamba, logró el mejor comportamiento que las demás variables climáticas en ambos lugares, corrigiendo el gradiente térmico vertical y aumentando la calidad de predicción de  $ET_0$ . Posteriormente, al comparar las tres modificaciones del modelo de Holdridge con  $ET_0$  Ban, el modelo  $C_{Ho}$  diario consiguió las mejores estimaciones de  $ET_0$  con los indicadores estadísticos de ajustes levemente mejores en

Portoviejo. Así mismo, al comparar el modelo  $C_{Ho}$  diario con el modelo de Penman-Monteith, se observó una similitud en la predicción de  $ETo$ , particularmente en Riobamba. Finalmente para las estimaciones de  $ETo$  en  $mm\ año^{-1}$  el valor propuesto por Holdridge (58,93) es superado en un 64,60 % para Riobamba, mientras que para Portoviejo es un 38,54 % inferior al valor original.

**Palabras claves:** Evapotranspiración, Holdridge, temperatura, altitud, Ecuador.

### DESIGN OF MODEL TO CONSIDER EVAPO-TRANSPIRATION OF REFERENCE USING AIR TEMPERATURE IN TWO REGIONS OF ECUADOR

In two climatologically heterogeneous areas with similar latitude but different altitude in Ecuador (Portoviejo, coastal region and Riobamba, andean region) the Holdridge model and three variants of this ( $C_{Ho}$  Daily,  $C_{Ho}$  monthly and  $C_{Ho}$  annual) were adjusted with the aim of estimating the crop reference evapotranspiration ( $ETo$ ) using moving averages from 1, 3, 5, 7, 10 to 30 days. Once calibrated  $C_{Ho}$ ,  $ETo$  estimates were validated making use Class A pan with its respective pan coefficient ( $ETo$  Ban). The Holdridge empirical coefficients ( $C_{Ho}$ ), regardless of having a reduced correlation coefficient, achieved the best behaviour with relative humidity in comparison with other climatic variables, correcting the vertical thermal gradient and increasing the quality  $ETo$  estimates. When comparing  $ETo$  estimates derived from the three variants of this model with  $ETo$  Ban, it is found that  $C_{Ho}$  Daily values bear better estimates, especially in Portoviejo. Besides, the  $C_{Ho}$  daily model provides  $ETo$  estimates similar to those achieved with the Penman-Monteith model, particularly in Riobamba. Finally, for annual  $ETo$  estimates the original Holdridge coefficient (58.93) is overestimated by 64.60% in Riobamba and underestimated by 38.54% in Portoviejo.,

**Key words:** Evapotranspiration, Holdridge, temperature, altitude, Ecuador.

### USO DE SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA EL ANALISIS DEL PROCESO DE TRANSPIRACION, EN UN CULTIVO DE NARANJA, (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) CV. FROST VALENCIA. Hugo Restrepo Pulgarin<sup>1</sup>; Oscar Alfonso Vega Castro<sup>2</sup>; Jonathan Ramirez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: hrestrep@unalmed.edu.co

<sup>2</sup> Profesor Ocasional. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: oavegac@unalmed.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

De acuerdo con las tendencias actuales de la producción mundial, donde las simulaciones y proyecciones toman cada vez mayor importancia para lograr que un producto se mantenga en el mercado es importante conocer, determinar y manejar las diferentes variables que intervienen en los diferentes procesos de Ingeniería. En este orden de ideas, los procesos aplicados a Ingeniería Agrícola, y más exactamente en lo concerniente al riego, es necesario determinar variables ambientales que estén directamente relacionadas con la producción, tales como, humedad relativa, temperatura, humedad del suelo, radiación, etc. El manejo adecuado de las anteriores variables, permitirán obtener producciones competitivas y hacer un uso eficiente del recurso agua y por tanto contribuir a la sostenibilidad ambiental. Dichos parámetros, se pueden medir mediante el uso de sensores digitalizados. La metodología empleada para la realización de la presente investigación, incluyó el uso de sistemas de adquisición de datos, en el cual se almacenó información correspondiente a la temperatura de hoja y del aire, y humedad relativa. Los instrumentos utilizados fueron: termómetro de infrarrojo (lente de silicona; 6-14 micrómetro; campo 3:1; rango de trabajo de 0-50°C), termómetro de aire (sensor resistivo de platinum con detector PRT), humedad relativa (sensor basado en el dieléctrico de un polímero). Los sensores descritos, se instalaron alrededor y en un árbol de naranja cv. Valencia, plantado en un suelo arcilloso. Se analizaron 74 días de

información; los registros fueron tomados en intervalos de 15 minutos durante las 24 horas del día. El período abarcado consideró una época de lluvias (invierno) y una con pocas lluvias (verano). Utilizando las herramientas estadísticas apropiadas se relacionaron los promedios de las variables en estudio. Con base en los principios de la termodinámica; los postulados de Slayter y Taylor (1969); el modelo estructural del agua dado por Némethy y Scheraga (1962), y a los trabajos de varios investigadores quienes definieron las variables que inciden sobre la temperatura de la hoja, se pudo sugerir que la temperatura de hoja es una respuesta de la transferencia de calor entre la atmósfera y la planta a través de la transpiración y la convección. Así, las condiciones de trabajo, permitieron concluir que la temperatura de la hoja y del aire en las horas de la mañana indican el momento en el cual se inicia la transpiración como respuesta al estado del agua en el suelo y la atmósfera, y por ende, es el momento apropiado para aplicar el riego.

**Palabras claves:** Transpiración, temperatura de hoja, temperatura de infrarrojo, momento de riego.

#### **USE OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY SENSORS; FOR THE TRANSPIRATION ANALYSIS PROCESS, IN AN ORANGE PLANTATION (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) CV. FROST VALENCIA**

According to the current trends of worldwide production, where simulations and projections become every time more important to achieve that any product keep in market, it's important to know, determine and manage all different variables, which may take part in all different kind of engineering processes. In this respect, processes applied to Agricultural Engineering, and more precisely in the matters of irrigation, it's necessary to establish environmental variables which are in a direct relation with production, for example, relative humidity, temperature, soil moisture, radiation, etc. An adequate management of those variables will allow obtaining competitive productions and making an efficient use of hydric source and contribute with environmental sustainability. These mentioned parame-

ters, may be measured using digitalized sensors. The methodology applied in this research, included the use of data acquisitions systems, in which leaf, air temperature and relative humidity was storage. Used instruments were: infrared thermometer (silicone lens; 6-14 micrometer; 3:1 camp; work range of 0-50°C), air thermometer (platinum resistive sensor with PRT detector), and relative humidity (sensor based on polymer dielectric). Described sensors were installed around a Frost Valencia orange tree, planted on a clay soil. 74 days of information were analyzed. Observations considered two periods: a raining period and a non raining period. Using appropriated statistics tools, averages of studied variables were related. Based on the thermodynamic principles; Slayter and Taylor's postulates (1969); structural model of water made by Némethy and Scheraga (1962), and researches developed by various authors, who defined variables that fall on leaf temperature, it could be suggested that the mentioned temperature is a response of heat transference between atmosphere and the plant trough transpiration and convection. Thus, working conditions, allow to conclude that leaf and air temperature in the morning indicates the time at which transpiration starts in response to the water state in soil and atmosphere, and hence is the appropriate time to apply irrigation.

**Key words:** Transpiration, leaf temperature, infrared temperature, irrigation moment.

#### **SOFTWARE DISPAH 2.0, DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD APLICADAS A HIDROLOGÍA. José Ricardo Bustos Molina<sup>1</sup>; Iván González<sup>2</sup>; Carlos Alberto González Murillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: jrbustosm@unal.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

<sup>3</sup> Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: cagonalezmu@unal.edu.co

El DISPAH es un software desarrollado en el Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá,

con la capacidad de realizar análisis de frecuencias de caudales, precipitaciones y en general de variables climatológicas. Las distribuciones de probabilidad que se implementaron fueron: Normal, Exponencial, Gamma, Pearson tipo III, General de Valores Extremos (GVE incluyendo la Gumbel), Weibull 2 parámetros, Weibull 3 parámetros, Log-Normal 2 parámetros y Log-Normal 3 parámetros, comúnmente usadas en hidrología. Los métodos de estimación de parámetros empleados fueron: momentos, gráfico, máxima verosimilitud y momentos ponderados por probabilidad (PWM). El software tiene la capacidad de calcular las estadísticas descriptivas de una serie de datos y presenta una interfaz amigable para graficar. Los módulos complementarios lo comprenden las pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, Chi-cuadrado y gráfico. Se incluye el cálculo de datos faltantes usando ponderación y la curva de doble masa. Adicionalmente los métodos regionales de análisis de frecuencia, PWM, curva regional y estandarización simple, poco usados en nuestro medio, pero de gran aceptación en otros lugares, fueron desarrollados. Este software puede ser utilizado como ayuda en proyectos de diseño de infraestructura hidráulica, diseño de sistemas de riego y drenaje e infraestructura ambiental.

**Palabras claves:** Análisis de frecuencia, distribución de probabilidad, análisis regional, cuantiles.

#### **SOFTWARE DISPAH 2.0, PROBABILITY DISTRIBUTIONS APPLY TO HYDROLOGY**

The DISPAH is a software developed at the Civil and Agricultural Engineering Department, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). The software implements different distributions to analyse flood frequency, rainfall and most of the climatic variables such as wind, relative humidity, etc. The probability distributions used were: Normal, Exponential, Gamma, Pearson tipo III, Generalized Extreme Value (GEV including Gumbel), Weibull 2 parameters, Weibull 3 parameters, Log-Normal 2 parameters and Log-Normal 3 parameters, commonly used in hydrology. The parameters were fitted using the methods of Moments, Graphical, Maximum

Likelihood and Probability Weighted Moments (PWM). The software calculates the descriptive statistics of a data set. The graphical display module was designed to be userfriendly. The complementary modules including are goodness of fit test of Kolmogorov-Smirnov, Chi-square and graphical test. In addition calculates filling of missing data using weighted and double mass curve. Tools that were included is the regional analysis methods: PWM, Regional Curve y Simple Standardization. This software could be used to help in designing of hydraulic, irrigation, environmental and drainage infrastructure.

**Key words:** Flood frequency, probability distributions, regional analysis, quantile.

#### **HIDRÁULICA DEL RIEGO EN LADERA: SELECCIÓN DE MÚLTIPLES. Miguel Germán Cifuentes Perdomo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Profesor Auxiliar. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad Surcolombiana, Neiva. E-mail: migerciper@yahoo.com*

Los alcances propuestos son dotar a estudiantes, técnicos y profesionales de un proceso metodológico comprobado, básico y sencillo, que les sirva como guía para diseñar hidráulicamente sectores de riego en sistemas de riego a presión para ladera con diferentes pendientes. La metodología se basa en "reducciones" y tiene como soporte la metodología de diseño del riego a presión "talleres" (autor Miguel Germán Cifuentes, 1998). Topográficamente se trabaja con diferencias de altura ( $\Delta H$ ) en un rango de acuerdo a las pendientes que se presenten en el terreno. Hidráulicamente se debe crear un equilibrio hidráulico entre las pérdidas permisibles vs la ganancia de presión por topografía con la instalación de reducciones en la red de conducción de flujo. Para el desarrollo y comprobación de la metodología se trabajaron tres propuestas con repeticiones múltiples: (1) Diámetro igual de pvc 2" RDE 41 todo el múltiple, instalándole reducciones de  $\frac{3}{4}$ ", localizadas según la pendiente del terreno. (2) Diámetro telescópico en dos secciones, de igual longitud, en 1  $\frac{1}{2}$ " y 1" en polietileno. (3) Diámetro telescópico en dos secciones de igual

longitud, en 2" y 1" en PVC, instalándole reducciones de ¾" localizadas según la pendiente del terreno. Finalmente como proceso evaluativo para cada ensayo, se optó por medir el coeficiente de uniformidad "CU", el cual da una idea de cómo se reparte el agua al caer al suelo, tomando la medida (presión y caudal) en cada una de las unidades de riego que se encuentran en operación; se adaptó la metodología de Christiansen para los sistemas de riego por microaspersión y pulsadores. Cabe anotar que la metodología se encuentra establecida para ser desarrollada manualmente (calculadora) y en sistema de programación computarizada.

**Palabras claves:** Reducciones, topografía, pendiente, coeficiente de uniformidad.

#### **HYDRAULIC OF HILLSIDE IRRIGATION: MULTIPLE SELECTION**

The proposed scope is to provide students, technicians and professionals of a proven, basic and simple methodological process that serves them like a guide to design watering sectors hydraulically in watering systems to pressure for hillside with different slopes. Methodology is based in "reductions" and does it have like support the design methodology of the watering to pressure "shops" (author Miguel German Cifuentes, 1998). Topographically are considered differences of height ( $\Delta H$ ) in a range according to the slopes that are presented in the land; a hydraulic balance should be created between the lost permissible and the gain of pressure for topography with the installation of reductions in the net of conduction of flow. For the development and confirmation of the methodology were worked three proposals with multiple repetitions: (1) Diameter similar of PVC 2" RDE 41 all the multiple installing it reductions of ¾". Located according to the slope of the land; (2) Telescopic diameter in two sections, of same longitude, in 1 ½" and 1" in polyethylene; (3) Telescopic diameter in two sections of same longitude, in 2" and 1" in PVC; installing it reductions of ¾" located according to the slope of the land. Finally like process evaluative for each test, was measured the coefficient of uniformity "CU", which gives us an idea of how

the water is distributed when falling the to the soil taking the measure (pressure and flow) in each one of the watering units that are in operation; methodology was adapted from Christiansen for micro irrigation and micro switches systems. It should be noted that the methodology is established to be developed manually (calculator) and computers.

**Key words:** Reductions topography, slope, common sense, telescopic, coefficient of uniformity.

#### **SISTEMAS DE RIEGO EN ZONA PLANA Y DE LADERA, UNA EXPERIENCIA PEDAGÓGICA. Julio César Arango Tobón<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: jcarango@unal.edu.co

El Laboratorio de Riegos y Drenajes, adscrito al Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, en el marco del XI Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola y Áreas Afines preparó un día de campo en sistemas de riego en la zona plana y de ladera del Centro Agropecuario Cotové, con el propósito de mostrar a todos los asistentes la infraestructura de riego recientemente instalada en dicho Centro y dar a conocer diferentes aspectos del manejo de los recursos de agua y suelo. Para la realización de la experiencia pedagógica se programó un recorrido por 13 estaciones así: Estación 1: Presentación de los aspectos generales del Centro. Estación 2: Estructura hidráulica de repartición, vertedero, desarenador. Estación 3: Cabezal de riego, aplicación de agua por nebulización en cobertizo. Estación 4: Sistema de riego presurizado en zona plana. Estación 5: Canal de riego, compuertas y estructura de caída. Estación 6: Desarenadores, aforos, hidrobombas. Estación 7: Sistema de riego presurizado en zona de ladera. Estaciones 8, 9, 10: Tanques de almacenamiento de agua. Estación 11: Red de conducción y distribución de agua. Estación 12: Sistema de riego por surcos. Estación 13: Unidad climatológica.



**Palabras claves:** Riego presurizado, riego en ladera, rueda hidráulica, estructuras hidráulicas, emisores.

### **IRRIGATIONS SYSTEMS IN FLAT AND HILLSIDE LAND. A PEDAGOGIC EXPERIENCE**

The Irrigation and Drainage Laboratory, attached to Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos belonging to the Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, in the frame of the XI National Congress of Agricultural Engineering and Affine Areas, prepared a field work in Irrigations Systems in the flat and hillside zone of the Agricultural Center Cotové. The purpose was to show the infrastructure of irrigation recently installed and give to know different appearances of the handle of the resources of water and soil. For the realization of the pedagogical experience was programmed a route by stations as follow: 1. Center briefing. 2. Hydraulic structure distribution, dump. 3. Irrigation bolster, water application station under shed. 4. Irrigation system in flat zone. 5. Irrigation channel, gates and structure of fallen. 6. Hydraulic wheel. 7. Irrigation system in hillside land. 8, 9, 10. Storage tanks of water. 11. Water driving and distribution network. 12. Furrows irrigation system. 13. Climatological Unit.

**Key words:** Hillside land irrigation, hydraulic wheel, hydraulic structures, drips.

### **EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO BAJO COBERTIZO. Carlos Alfredo Salazar Molina<sup>1</sup>**

*Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: casalaza@unalmed.edu.co*

Todo el desarrollo de la agroindustria de flores en Colombia, se ha basado en la implementación de sistemas bajo cobertizo, implicando con ello la instalación de sistemas de riego de alta tecnología y de elevados valores de eficiencia. Dadas estas circunstancias, la decisión de implementar un sistema de riego por goteo automatizado, en una empresa agroindustrial debe estar suficientemente soportada en los beneficios económicos de

tan significativa inversión. Se convierte por lo tanto, la eficiencia en un parámetro decisivo a la hora de determinar la inversión. La medición de la eficiencia si bien ha sido abordada por muchos autores, la medición en campo de algunos indicadores es compleja y por dicha razón generalmente no se efectúa. En muchos sistemas bajo cobertizo, se puede estar gastando una buena cantidad de recursos económicos en implementar un sistema automatizado de riego por goteo, que si no se selecciona e instala adecuadamente podrá ser menos efectivo que el riego manual, que siempre se ha utilizado. De allí la importancia de la evaluación de los sistemas de riego por goteo, una vez estos hayan sido instalados en campo. Un sistema de riego se evalúa para tener la plena confianza de que su funcionamiento, está de acuerdo con las condiciones definidas en el diseño, las cuales deben ser apropiadas para proveer agua a los cultivos, de manera que todas las áreas bajo riego tengan un suministro pleno de la lámina de riego. La evaluación debe corroborar las características del sistema en cuanto a su uniformidad y eficiencia de funcionamiento. La falta de eficiencia en un sistema de riego, puede llegar a dejar obsoletos los diseños más tecnificados o incidir en el incremento hasta en un 40% de los costos totales de operación. En un cultivo bajo cobertizo, que cambia de un sistema manual de riego a un sistema de riego por goteo automatizado, si no se conciben claramente sus parámetros de funcionamiento, puede llegar a aumentar el consumo de agua, contrariamente a lo esperado. Con base en experiencias de campo, de trabajos realizados por más de 10 años en cultivos bajo cobertizo, se proponen procedimientos de medición de la eficiencia del sistema y se plantea un nuevo coeficiente de evaluación de la eficiencia de cobertura, factible de medir en campo, que brinda una adecuada información sobre el sistema que se tiene instalado.

**Palabras claves:** Eficiencia, riego por goteo, cobertizo.

### **IRRIGATION SYSTEMS EVALUATION UNDER SHED**

All the development of flowers crops industry in Colombia has been based on the implementation of systems under shed, including the installation of irrigation systems of high technology and high values of efficiency. Given these circumstances, the decision to implement an irrigation system by automated dripping, in an agroindustrial company it must be sufficiently supported in the economic benefits of so significant investment. The efficiency becomes therefore a decisive parameter at the time of determining the investment. The measurement of the theoretical efficiency has been boarded by many authors, the measurement in field of some indicators is complex and for this reason it does not take place generally. In many systems under shed, it is possible to be spending a high amount of resources in implementing an automated system of irrigation by dripping, that if it is not selected and is installed suitably could be less effective than the manual irrigation that always has been used. The importance of the evaluation of the irrigation systems by dripping once those have been installed in field, become significant. An irrigation system is evaluated to have the total confidence of which its operation, is in agreement with the conditions defined in the design, which they must be appropriate to provide water to the plants, so that all the areas under irrigation have a total provision of the irrigation water requirement. The evaluation must corroborate the characteristics of the system as far as its uniformity and efficiency of operation. The lack of an efficient irrigation system, can leave obsolete tech designs or affect the increase by up to 40% of the total costs of operation. In a crop under shed, that it changes from a manual irrigation system to an automated dripping irrigation system, if their parameters of operation are not conceived clearly can get to an increase in the water consumption. Base upon field experiences, works made by more than 10 years in crops under shed, procedures of measurement of the efficiency of the system set out and a new coefficient of evaluation of the efficiency of cover, feasible considers its measure in field, that offers a suitable information on the system that had been installed.

**Key words:** Efficiency, irrigation by dripping, shed.

**CARACTERIZAÇÃO DA PERFORMANCE DE GOTEJADORES FRENTE AO USO DE TURFA LÍQUIDA VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO. Marconi Batista Teixeira<sup>1</sup> Christian José Mendoza Castiblanco<sup>2</sup>; Lucas de Oliveira Gomes<sup>3</sup>; Anthony Wellington Almeida Gomez<sup>4</sup>; Coelho Rubens Duarte<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Bolsista PDJ/CNPq, Piracicaba, SP. Professor Contratado. Departamento da Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO. E-mail: marconi@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola. Departamento da Engenharia Agrícola. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. E-mail: castibla@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Mestrando em Irrigação e Drenagem, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Mestrando em Irrigação e Drenagem. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. Colaborador Contabilidade Assessoria e Controles Internos, CACI, Brasil.

<sup>5</sup> Professor Doutor. Departamento de Engenharia Rural. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. E-mail: rdcoelho@esalq.usp.br

A turfa líquida, devido a sua grande quantidade de nutrientes é altamente indicada para o uso em fertirrigação, utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento. Desta forma este trabalho visou quantificar possíveis distúrbios de vazão em 26 modelos de gotejadores submetidos ao tratamento com água contendo turfa líquida. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP. Inicialmente utilizouse a dosagem mínima recomendada pelo fabricante (um litro de turfa líquida / 300 litros de água), sendo realizadas nove aplicações (12 h de aplicação + 36 h de descanso do produto na linha). Nas três últimas aplicações dentre as nove leituras realizadas, utilizouse o dobro da dosagem recomendada pelo fabricante (dois litros de turfa líquida / 300 litros de água). O delineamento experimental adotado foi o em Blocos Casualizados, sendo utilizados os testes "F" para análise de variância e Tukey a 5% de significância para comparação de médias e análise de regressão. Foi utilizado o método gravimétrico para coleta da

vazão dos gotejadores na linha para cada modelo por um período de cinco minutos. Posteriormente, foram calculados: vazão média ( $q_m$ ), coeficiente de variação de vazão (CV) e uniformidade de distribuição de água (UD). Dentre os 26 modelos de emissores ensaiados, o modelo 16 foi o que sofreu as maiores reduções de vazão. A utilização de uma dosagem equivalente ao dobro do mínimo recomendado pelo fabricante permitiu acelerar o processo de obstrução dos modelos 11, 12, 15 e 16, mostrando que o produto pode ser utilizado via água de irrigação por gotejamento na concentração mínima recomendada pelo fabricante, com os devidos cuidados na manutenção e monitoramento do sistema.

**Palavras chaves:** Dosagem, tempo de exposição, fertirrigação, coeficiente de variação.

#### **DRIPPERS PERFORMANCES FRONT THE USE OF LIQUID TURF IN DRIP IRRIGATION**

Liquid turf is highly indicated for fertigation use in reason it have great amount of nutrients, being used in drip irrigation systems. In this way, this work sought to quantify possible flow disturbs in 26 drip models submitted to the treatment with water containing turf. The experiment was carried at the Irrigation Laboratory of University of São Paulo. The recommended minimum dosage by the manufacturer was used initially (1 liter of liquid turf / 300 liters of water), being accomplished nine applications (12 h of application + 36 h of product rest in the drippers). In the last three applications among the nine accomplished readings, the double of the dosage recommended by the manufacturer was used recommended (two liters of liquid turf / 300 liters of water). Randomized blocks was the experimental delimitation adopted and was used the "F" tests to the variance analysis and Tuckey test with 5% probability to averages comparisons and regression analysis. The gravimetric method was adopted to measure the drippers flow by five minutes of flow collect each line model. The obtained values were used to calculate: average flow ( $q_m$ ), flow rate coefficient variation (CV) and water uniformity distribution (UD). The model 16 was what suffered the largest flow reductions. The use of

the double of the minimum dosage recommended by the manufacturer allowed accelerating the obstruction process in the 11, 12, 15 and 16 models, showing that the product can be used through drip irrigation water in the minimum concentration recommended by the manufacturer.

**Key words:** Dosage, fertigation, flow rate coefficient variation.

#### **INNOVA RIEGO: UN SISTEMA DE SOPORTE DINÁMICO DE DECISIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIEGO SUSTENTABLE. Carlos Flores Arenas<sup>1</sup>; Eduardo Holzapfel Hoces<sup>2</sup>; Diego Rivera Salazar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad de Concepción de Chile, Campus Chillán, Chile

<sup>2</sup> Profesor Titular. Departamento de Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad de Concepción de Chile, Campus Chillán, Chile. E-mail: holzapf@udec.cl

<sup>3</sup> Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad de Concepción de Chile, Campus Chillán, Chile. E-mail: dirivera@udec.cl

Se aplicó el sistema de soporte dinámico de decisión en línea denominado Innova Riego, en un huerto de nogales (*Juglans regia*) cv. Chandler en crecimiento, bajo riego por goteo, ubicado en la comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Chile. Innova Riego puede entenderse como una herramienta tecnológica que asiste la toma de decisiones relacionadas con la gestión integral del riego, permitiendo rutinas en línea de actualización, edición, adición de información y obtención de resultados en tiempo real. Los resultados demostraron que, Innova Riego, proporciona sustentabilidad a la gestión del riego, asistiendo adecuadamente la toma de decisiones en los procesos de planificación y programación de riegos, mediante modelos matemáticos, un robusto sistema de información geográfico y a través de la evaluación de las prácticas actuales de riego implementadas por los usuarios del sistema. Innova Riego fue desarrollado bajo el soporte del proyecto de investigación FONDEF D02I-1146 y el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Chile.

**Palabras claves:** Sistema soporte decisión, programación de riego, nogal, riego por goteo.

### **INNOVA RIEGO: DYNAMIC DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE INTEGRAL ADMINISTRATION OF SUSTAINABLE IRRIGATION**

Innova Riego, an online dynamic decision support system, was applied to a walnut orchard (*Juglans regia*) cv. Chandler under drip irrigation, situated in the district of Melipilla, located in the Metropolitan region of Chile. Innova Riego can be understood like a technological tool that assist the decision making process related to farm water management, allowing routines of actualization, edition and addition of online data, obtaining outputs in real time. The results established that, Innova Riego gives sustainability characteristics to farm water management, providing suitable assistance to the decision making process related to the planning of irrigation practices, by the application of mathematical models, a robust geographic information system, and through the evaluation of the actual users water management criterions. Innova Riego was developed by the support of the investigation project FONDEF D02I-1146, and the Water Resources Department of the Faculty of Agricultural Engineer, Universidad de Concepción, Chile.

**Key words:** Decision support system, irrigation management, walnut tree, drip irrigation.

### **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS UNIDADES DE RIEGO ORGANIZADAS EN SOCIEDADES DE RESPONSABILIDAD LIMITADA EN MÉXICO. José Angel Guillén González<sup>1</sup>; Rafael Espinosa Méndez<sup>2</sup>; Julio Alexander Freziers<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo. Especialista en Irrigación. Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México. E-mail: guillen@tlaloc.imta.mx

<sup>2</sup> Maestro en Ingeniería Hidráulica. Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos, México. E-mail: respinoz@tlaloc.imta.mx

<sup>3</sup> Ingeniero Civil. Gerencia de Unidades de Riego de la Comisión Nacional del Agua, Morelos, México. E-mail: julio.alexander@cna.gob.mx

En el año 1998 se estableció un programa nacional de organización de las Unidades de Riego (UR) para mejorar su administración, en el año 2006 se tenían organizadas 496 UR en 29 Sociedades de Responsabilidad Limitada (SRL) por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) con apoyo del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, beneficiando a 84.056 ha y 39.078 productores agrícolas. La metodología para evaluar el desempeño de la actuación de las UR organizadas en Asociaciones Civiles (AC) o SRL, consiste en "encuestas de desempeño" que se aplican a los usuarios, directivos y a personal de la CONAGUA. Las encuestas comprenden la constitución legal, operación, conservación, ingeniería de riego y administración de las organizaciones de usuarios. La captura de la información de las encuestas se realizó en hojas de cálculo y se obtuvo una evaluación por área de trabajo y global de desempeño por cada "nivel de actuación". En el año 2006 se evaluaron 5 SRL constituidas por 96 UR con una superficie de 12.147 ha, que benefician a 5.574 productores agrícolas, el desempeño global de las SRL fue regular y para los usuarios, las AC y la CONAGUA fue de regular a bueno.

**Palabras claves:** Unidades de riego, sociedad de responsabilidad limitada, asociaciones civiles, organizaciones de usuarios, encuestas de desempeño.

### **METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE MONITORING AND EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE IRRIGATION UNITS ORGANIZED IN LIMITED LIABILITY SOCIETIES IN MEXICO**

In 1998 was established in Mexico a national program to organize the water irrigation users in Irrigation Units (IU), in order to improve their administration. In 2006 there were 496 (IU) organized in 29 here called Limite Liability Societies or Civil Associations (LLS or Sociedades de Responsabilidad Limitada, SRL, and CA, or Asociaciones Civiles, AC, in Spanish, respectively). The organization was made by the National Water Commission (NWC) helped by the Mexican

Institute of Water Technology (MIWT). As a result, 84,056 hectare and 39,078 users were benefited. The methodology of evaluation was based on "performance opinion poll". The questionnaire was applied to the users, the organization directives and the National Water Commission employees. The questionnaire asked about the legal constitution, administrative and practical operation, infrastructure conservation and irrigation engineering. The data entry was collected in a spreadsheet. The evaluation was

made at two levels: a partial for area of work and a global for each level of action. In 2006, five LLS integrated by 96 IU were evaluated. The total area is 12,147 hectare, benefiting 5,574 farmers. The results shown that for the users, the CA and the NWC, the performance was from regular to good.

**Key words:** Irrigation units, limite liability societies, civil associations, water irrigation organization users and opinion poll.

**IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS AL RIEGO POR GOTEO EN LOS CULTIVOS DE FLORES EN LA SABANA DE BOGOTÁ. Karen Milena Chinchilla<sup>1</sup>; Yomar Angélica Hernández Ortigón<sup>2</sup>; Carlos Alberto González Murillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Estudiante de Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: kmchinchilla@unal.edu.co*

<sup>2</sup> *Ingeniera Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: yahernandezo@unal.edu.co*

<sup>3</sup> *Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: cagonzalezmu@unal.edu.co*

La Universidad Nacional de Colombia, a través de los programas de Ingeniería Agrícola y Agronomía, ha desarrollado una serie de evaluaciones de los sistemas de riego por goteo instalados en diferentes industrias de producción de flores de corte para exportación. En este trabajo se compendian los problemas diagnosticados, que son transversales a las diferentes evaluaciones realizadas. El estudio mostró que dadas las diferencias en metodología utilizadas y la falta de un protocolo estándar de evaluación, fue difícil encontrar problemas regionales comunes. Sin embargo, se detectaron dificultades relacionados con una pobre distribución de uniformidad en porcentajes cercanos al 30% en algunas fincas. Se notó la falta de un procedimiento adecuado para caracterizar la calidad de agua y el empirismo que se vislumbra en la instalación de los sistemas de filtrado. En una instalación automatizada se encontró que ésta tenía un desempeño más pobre que una manual en la misma finca, lo que denota que lo importante no es la tecnología sino un conocimiento sólido del sistema, instalación y manejo del mismo. Hasta el momento los estudios particulares han permitido obtener soluciones individuales. Un análisis integral de las evaluaciones permitirá diseñar procesos que pueden ser más convenientes para la agroindustria, tal como lo que propone el presente estudio sobre la necesidad de realizar un protocolo estándar de evaluación, que permita resolver los problemas más rápidamente y desarrollar sistemas preventivos de mantenimiento de los equipos.

**Palabras claves:** Evaluación, distribución de uniformidad, eficiencia de uniformidad, coeficiente de variación, calidad de agua.

**MAIN PROBLEMS IDENTIFICATION ASSOCIATED WITH DRIP IRRIGATION IN FLOWER CULTURE AT LA SABANA DE BOGOTÁ**

The Universidad Nacional de Colombia, through Agricultural Engineering and Agronomy programs, has developed a series of evaluations on the drip irrigation systems installed in different industries of flower production for export. This work compressed diagnosed problems that are transverse to conducted the different assessments. The study showed that given the differences in methodology used and the lack of a standard protocol for evaluation, it was difficult to find common regional problems. However, there were difficulties associated with a poor uniformity distribution in rates close to 30% in some farms. The lack of an appropriate procedure was noted to characterize the water quality and the empiricism, which is saw in the installation of the filtrating systems. In an automated installation was found that it had a poorer performance than a manual on the same farm, which denotes that the import of technology is not important, but a solid knowledge of the system, installation and management of the same one. Until the moment the particular studies have allowed to obtain individual solutions. An integral analysis of the assessments, could design processes that can be more convenient for agribusiness as proposed by this study, on the need for a standard protocol for evaluation to solve problems more quickly and develop preventive maintenance of equipment.

**Key words:** Evaluation, uniformity distribution, uniformity efficiency, variation coefficient, water quality.

**DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA CONTENDO ELEVARDO TEOR DE FERRO TOTAL ASSOCIADA OU NÃO À PRESENÇA DE SOLO ARGILOSO E**

**CARGA ORGÂNICA. Marconi Batista Teixeira<sup>1</sup>; Coelho Rubens Duarte<sup>2</sup>; Pedro Rodrigues Alves Silveira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Bolsista PDJ/CNPq, Piracicaba, SP. Professor Contratado. Departamento da Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO. E-mail: marconi@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Professor Doutor. Departamento de Engenharia Rural. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. E-mail: rdcoelho@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Atividades Práticas em Irrigação e Drenagem. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. E-mail: prasilve@esalq.usp.br

A obstrução de emissores é o maior problema em sistemas de irrigação por gotejamento, podendo causar tanto redução quanto aumento de vazão, reduzindo a uniformidade de distribuição de água do sistema. Desta forma este trabalho visou quantificar possíveis distúrbios de vazão em 26 modelos de gotejadores submetidos ao tratamento com água com elevado teor de ferro total e ferro total + partículas sólidas + carga orgânica (algas). O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP. Os tratamentos foram os seguintes: a) aplicação de 20 mg·L<sup>-1</sup> de ferro total + água tratada; e b) aplicação de 20 mg·L<sup>-1</sup> de ferro total + solo argiloso + água com elevada carga orgânica (algas). O delineamento experimental adotado foi o em Blocos Casualizados, sendo utilizados os testes "F" para análise de variância e Tukey a 5% de significância para comparação de médias e análise de regressão. Foi utilizado o método gravimétrico para coleta da vazão dos gotejadores na linha para cada modelo por um período de cinco minutos. Posteriormente, foram calculados: vazão média (q<sub>m</sub>), coeficiente de variação de vazão (CV) e uniformidade de distribuição de água (UD). Dentre os 26 modelos de emissores ensaiados, o modelo 16 foi o que sofreu os maiores distúrbios de vazão, sendo que essa variação ocorreu num tempo menor para o tratamento contendo 20 mg·L<sup>-1</sup> de ferro total + solo + água com elevada carga orgânica.

**Palavras chaves:** Partículas sólidas, entupimento, algas, gotejadores.

**FLOW RATE VARIATION IN DRIPPERS DUE TO THE USE OF WATER CONTAINING ELEVATED IRON IN ASSOCIATION OR NOT WITH CLAY SOIL AND WATER WITH A HIGH ORGANIC CONCENTRATION (ALGAE)**

The obstruction of emitters is the largest problem in drip irrigation systems. It can cause flow reduction as much as increase, reducing the water uniformity distribution in the system. This work had the objective of quantify the possible flow rate variation in 26 drip models. The experiments were done at the Laboratory of Irrigation in the University of São Paulo. The treatments use in the experiment were the following: a) application of 20 mg·L<sup>-1</sup> of total iron plus potable water; b) application of 20 mg·L<sup>-1</sup> of total iron plus clay soil and water with a high organic concentration (algae) during 12 hours and leaving this combination within the tape for 36 hours. The experimental design was randomized factorial, using "F" test to analyze variance and Tukey (at 5% of significance) to compare means and regression analysis. Water was collected, from the line during five minutes from ten emitters using the gravimetric method. After that, it was computed mean flow (q<sub>m</sub>), flow variation coefficient (CV) and water uniformity of distribution (UD). The model 16 was what had suffered the most flow disturbs and this variation occur in less time with the treatment that application of 20 mg·L<sup>-1</sup> of total iron plus clay soil and water with a high organic concentration (algae).

**Key words:** Solid particles, obstruction, algae, emitters.

**PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea maíz*) FORRADERO MEDIANTE LA FERTIRRIGACIÓN HIDROPÓNICA COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN LA FINCA LOS POTRILLOS, MUNICIPIO DE SAHAGÚN-CÓRDOBA. Antonio Tovar Ortega<sup>1</sup>; Fabio Manjarrez Acosta<sup>2</sup>; Hamith Sotelo Medina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad de Sucre, Sincelejo. E-mail: atovaro@yahoo.com

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad de Sucre, Sincelejo. E-mail: *manjarrez356@hotmail.com*

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola. Programa de Ingeniería Agrícola. Universidad de Sucre, Sincelejo. E-mail: *@hotmail.com*

La investigación se realizó en la finca "Los Dos Potrillos", ubicada al sur-este de la cabecera municipal de Sahagún (Córdoba), a 160 msnm, con coordenadas de 912 N de latitud y 752 W de longitud, precipitación promedio anual 1.200 mm, temperatura media mensual 27,5°C, humedad relativa media 80%. Esta investigación se realizó de agosto 25 al 29 de septiembre del año 2007, en invernadero de 72 m<sup>2</sup>, con el objetivo de evaluar dos cosechas de forraje verde hidropónico de maíz, utilizando dos tipos de fertilizantes uno comercial y otro preparado en el laboratorio (FAO), densidad de siembra de 1 Kg de semilla por bandejas de 0,35 m<sup>2</sup>, previamente desinfectadas con hipoclorito al 1%. Los parámetros medidos fueron peso de biomasa, 207,71 ton·ha<sup>-1</sup>, 212,57 ton·ha<sup>-1</sup>, 160 ton·ha<sup>-1</sup>, longitud del forraje: 19,03 cm, 19,36 cm, 15,26 cm, contenido de materia seca por kg de forraje verde 22,30 ton·ha<sup>-1</sup>, 23,17 ton·ha<sup>-1</sup>, 7,99 ton·ha<sup>-1</sup>, porcentaje de proteína del forraje 27,28%, 29,06%, 22,74%, para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Los resultados señalan que el promedio en porcentaje de proteína del forraje verde hidropónico del maíz producido, según análisis bromatológico del tratamiento 2, con la solución nutritiva preparada en el laboratorio fue de 29,08%, superior al forraje hidropónico verde del maíz producido con la solución comercial en la cual fue de 27,28%. Se utilizó un sistema de riego por nebulización en línea de flujo turbulento y caudal de 45 L·h<sup>-1</sup>, capacidad mínima del nebulizador 34,6 L·h<sup>-1</sup>, presión de operación del nebulizador 20 psi, coeficiente de uniformidad relativa 95,60%, coeficiente de uniformidad absoluta 96,53%. La evaluación económica arrojó como resultado que el proyecto es económicamente viable, teniendo en cuenta que por cada peso de inversión está proporcionando 2,36 pesos de ganancias. Lo anterior se refleja en la evaluación económica, utilizando una tasa interna de oportunidades (TIO) del 37%, demuestra que el proyecto es económicamente confiable, según

los índices de la evaluación utilizadas (VPN, TIR, B/C). Se concluye que el forraje verde hidropónico de maíz producido con la solución nutritiva preparada en el laboratorio, mejoró la asimilación de la planta para su desarrollo fisiológico y por lo tanto proporciona una considerable calidad nutricional del material y aumento ostensible de la producción de biomasa fresca para la alimentación animal.

**Palabras claves:** Maíz forrajero, hidroponía, fertirrigación, producción láctea.

#### **PRODUCTION OF FORAGE MAIZE (*Zea mays*) BY MEANS OF HYDROPONIC FERTIRRIGATION AS A STRATEGY FOR IMPROVEMENT OF MILK PRODUCTION AT POTRILLOS FARM, SAHAGÚN-CÓRDOBA'S MUNICIPALITY**

This research was conducted at "Los Dos Potrillos" farm, located South-East of the municipal head-board of Sahagun (Cordoba), to 160 masl; latitude 912 N and longitude 752 W; mean annual precipitation 1200 mm, mean monthly temperature 27.5°C, average relative humidity 80%. This research was performed on August 25 to September 29 of 2007, in a greenhouse of 72 m<sup>2</sup>, with the aim to evaluate two crops of green hydroponic forage of maize using two types of fertilizers one commercial and the other prepared in laboratory (FAO), sowing density of 1 kg seed per trays of 0.35 m<sup>2</sup>, previously disinfected with hypochlorite at 1%. The measured parameters were biomass weight: 207.71 ton·ha<sup>-1</sup>, 212.57 ton·ha<sup>-1</sup>, 160 ton·ha<sup>-1</sup>, forage length: 19.03 cm, 19.36 cm, 15.26 cm, dry matter content per kg of green forage: 22.30 ton·ha<sup>-1</sup>, 23.17 ton·ha<sup>-1</sup>, 7.99 ton·ha<sup>-1</sup>, protein forage percentage: 27.28%, 29.06%, 22.74% for treatments 1, 2 and 3, respectively. The results indicated that the mean average of protein in green hydroponic forage of maize produced according to bromatological analysis of treatment 2 with nutrient solution prepared in laboratory was of 29.08%, higher than green hydroponic forage of maize produced with commercial solution which was of 27.28%. A mist irrigation system in line of turbulent and caudal



flow of  $45 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  was used, fogger minimum capacity  $34.6 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ , fogger operating pressure 20 psi, relative uniformity coefficient 95.60%, absolute uniformity coefficient 96.53%. The economic evaluation indicated that the project is economically viable given that for every peso of investment is providing 2.36 pesos profit. This is reflected in the economic evaluation, using an internal rate of opportunity (IRO) of 37%. It can be demonstrated that the project is economically reliable, according to NPV, IRR, B/C parameters. As conclusion the green hydroponic forage of maize produced with nutrient solution prepared in laboratory, improved the assimilation of plant to their physiological development and therefore provides considerable nutritional quality of the material and increase markedly in fresh biomass production for animal feed.

**Key words:** Forage green maize, hydroponics, fertigation, milk production.

#### **OPTIMIZACIÓN DE REDES DE RIEGO A PRESIÓN POR MEDIO DE COMPUTACIÓN EVOLUTIVA. José Ricardo Bustos Molina<sup>1</sup>**

*Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: jrbustosm@unal.edu.co*

El diseño de sistemas de riego es un proceso complejo en el cual se pueden optimizar varios aspectos como es el trazado de la red de distribución (teniendo en cuenta la topografía del lugar), la configuración misma de la red (tubería y accesorios que la conforman), la selección y disposición de los emisores (goteros, mini-aspersores, y aspersores) y la selección del equipo de bombeo más apropiado si este es necesario. Se plantea e implementa un algoritmo que por medio de computación evolutiva realiza una optimización económica, como ayuda en el diseño de un sistema de riego a presión, efectuando cambios al trazado de la red abierta y la selección de tuberías.

**Palabras claves:** Ingeniería de riegos, optimización, computación evolutiva.

#### **OPTIMIZATION OF PRESSURE IRRIGATION NETWORKS BY MEAN OF EVOLUTIONARY COMPUTATION**

The design of irrigation systems is a complex process, in which it is possible to optimize the delineation of the distribution network (taking into account the topography of the site), network configuration (pipes and accessories), selection and arrangement of emitters (drip and sprinklers irrigation) and pumping selection. It raises and implements an evolutionary algorithm, that makes an economic optimization, for help in designing of pressure irrigation system.

**Key words:** Irrigation system, optimization, evolutionary computation.

#### **OPTIMIZACIÓN EN EL MANEJO DE AGUAS DE RIEGO Y DRENAJE PARA UN SECTOR DEL INGENIO LA CABAÑA S.A. Diego Fernando Alegría Serna<sup>1</sup>; Héctor Fawer Escobar Ortega<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola. Escuela de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR). Universidad del Valle. Email: alegria475@hotmail.com*

*<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agrícola. Escuela de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR). Universidad del Valle. Email: hesrol@hotmail.com*

Con el propósito de lograr la optimización en el manejo de aguas de riego y drenaje para un sector del Ingenio La Cabaña S.A. y poder de esta forma, generar un modelo de aplicación para el resto del Ingenio, se elaboró un estudio de freaticometría a partir de confección de mapas que muestren la profundidad del nivel freático y su posible dirección con el objetivo de respaldar la toma de decisiones que repercutan en la alta producción de caña de azúcar. Para cumplir lo mencionado, se inicia la consecución de información básica primaria, la cual consiste en las lecturas que se realizan a los pozos de observación ubicados en la zona de estudio (Ingenio La Cabaña), dicha lectura se ha recopilado históricamente por personal dispuesto por el Ingenio para tal fin. Una vez se procesa la información y se

generan resultados, se encuentra que el nivel freático hace presencia en los primeros 50 cm de profundidad, por esto, la baja producción de caña en la zona de estudio. Asociado a lo anterior, se observa en las graficas del estudio de freaticimetría que la principal fuente de recarga del nivel freático, es el agua que llega a los acuíferos por infiltración, debido que el canal principal de riego del Ingenio es un canal erodable que debe transportar continuamente un caudal de 1.000 L·seg, haciendo un recorrido de 9,6 km surtiendo de agua a cuatro haciendas en el riego. Una vez conocida la fuente del problema, se procede analizar la forma como se debe abarcar todo el sistema, que comprende la conducción de agua en el canal principal, pues es de gran importancia cualquier decisión que se pueda tomar sobre esta conducción ya que en su recorrido beneficia alrededor 1.800 habitantes. La metodología se basa en validar información de pozos de observación, estimar datos faltantes, además de organizar el historial que permita confiar en las lecturas realizadas en los pozos, todo esto apoyado en la información hidroclimatológica que reposa en la base de datos del Ingenio, además de estudios de freaticimetría y diseño de obras hidráulicas que se han realizado en el valle del río Cauca. Los principales resultados se obtienen, al garantizar la conducción del agua de forma económica, aprovechando al máximo el caudal asignado por la autoridad ambiental; se valora el área recuperada una vez se construya el nuevo canal, y se presentan los beneficios sociales que conlleva el proyecto.

**Palabras claves:** Freaticimetría, pozos de observación, nivel freático, riego, drenaje.

#### **OPTIMIZATION IN THE HANDLING OF IRRIGATION WATER AND DRAINAGE FOR A SECTOR OF THE LA CABAÑA S.A. SUGAR REFINERY**

In order to achieve optimization in the irrigation and drainage waters management for a sector in the Cabaña Sugar Refinery S.A. and in this way be able to generate a model for

application in the rest of the refinery, a water table study was elaborated starting with the drawing of maps which show the depth of the water table and its possible direction in order to support decision making which has repercussions in the high production of sugar cane. In order to carry out the afore mentioned, the attainment of primary basic information is initiated which consists of readings carried out in the observation wells located in the study zone, these readings have been historically compiled by the refinery's personnel. Once the information is processed and results generated, it is found that the water table is present in the first 20 inch of depth, resulting in the low production of sugar cane in the study zone. At the same time, the water table study graphics show that the main source of overload in the water table is the water that arrives at the aquifer by leakage. This is due to the fact that the refinery's main irrigation canal is an eroded channel which has to continuously transport a water volume of 1,000 L·sec, in a route of 9.6 km and which supplies irrigation water to four sugar plantations. When the source of the problem is known, it is proceeded to analyze the way in which the whole system, which includes the conduction of water in the main channel, should be included. Any decision which might be made about this conduction is very important, since its route benefits about 1,800 inhabitants. The methodology is based on validating the observation well information, estimating missing facts, and then organizing a record which makes the readings carried out in the wells reliable. All of this is backed up in the hydroclimatological information which is found in the sugar refinery's data base along with the water table studies and the design of hydraulic works which have been carried out in the Cauca river valley. The best results are obtained by guaranteeing the economical conduction of water, taking maximum advantage of the water volume assigned by the environmental authority. Once the new canal is built, the recovered area is assessed, and the social benefits entailed by the project appear.

**Key words:** Water table study, observation wells, water table, irrigation, drainage.

**DESARROLLO DE SENSORES AGROCLIMÁTICOS DE BAJO COSTO MEDIANTE EL USO DE COMPONENTES DE ALTA TECNOLOGÍA Y MODERNOS PROCESOS DE DESARROLLO.**  
*Luis Gonzalo Vargas Quiroz*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Profesor Asociado. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gvargas@unalmed.edu.co*

El ingreso del mundo moderno a crecientes tasas de producción de productos agrícolas, ha impuesto una reevaluación de los métodos de cultivo, los cuales han evolucionando hacia la llamada agricultura de precisión, la cual tiene como elemento fundamental los sensores. Se propone una metodología de desarrollo de éstos, a través del uso de proyectos incluidos en los cursos de una carrera y operados en los laboratorios de la misma.

**Palabras claves:** Agricultura de precisión, instrumentación agrícola, sensor, sensórica.

**LOW COST CLIMATIC SENSORS BY USE OF HIGH TECH COMPONENTS AND PROCESSES MODERN OF DEVELOPMENT**

The growing rates of agriculture products in the modern world have enforced a change of the cultivate methods, moving to the named precision agriculture, which has the sensors like fundamental component. A sensor development methodology based in projects embedded in the courses of a career and operated in its labs, is discussed.

**Key words:** Precision agriculture, agriculture instrumentation, sensor.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON APLICACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN USANDO REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS MOTEIV E INSTRUMENTOS VIRTUALES.** *Alcides De Jesús Montoya Cañola*<sup>1</sup>; *Diego Luis Aristizábal Ramírez*<sup>2</sup>; *Luis Gonzalo Vargas Quiroz*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Profesor Titular. Escuela de Física. Universidad. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: amontoya@unalmed.edu.co*

<sup>2</sup> *Profesor Asociado. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: daristiz@unalmed.edu.co*

<sup>3</sup> *Profesor Asociado. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín gvargas@unalmed.edu.co*

Las redes de sensores inalámbricas (WSN: Wireless Sensor Networks), están formadas por un gran número de dispositivos integrados como: sensores, procesadores, memorias e interfaces de red. Todos estos dispositivos se encuentran embebidos de forma que cada elemento de una WSN es pequeño, su fuente de energía son baterías y se comunica sobre un enlace inalámbrico de bajo consumo y poca potencia. Los nodos de una WSN generalmente vienen equipados con varios sensores, se destacan: sensores de luz, calor, humedad, temperatura, presión barométrica y campo magnético, además pueden agregarse otros sensores al sistema, de acuerdo a las variables que se quieran monitorear. Una de las aplicaciones de las WSNs es el monitoreo y seguimiento de cambios en las variables físicas que afectan los cultivos. Varios kilómetros cuadrados pueden ser supervisados a través de los años, puede monitorearse el crecimiento de la vegetación, la calidad del aire, cambios de temperatura, presión, humedad y de forma coordinada crearse una vista completa del cultivo que se está monitoreando, de otro lado pueden almacenarse los datos en una estación central lo que permite minería de datos y desarrollo de nuevas condiciones para futuras siembras. Este trabajo se centra en las redes WSN los instrumentos virtuales y el desarrollo de una aplicación específica para monitoreo de cultivos y seguimiento a cadenas de producción; finalmente muestra una WSN desarrollada para este fin y que puede ser usada por cultivadores y empresas interesadas en el monitoreo de extensiones sembradas, lo que permite realizar agricultura de precisión de alto nivel. La plataforma completa desarrollada comprende: diversos nodos sensores WSN, software de comunicación entre los nodos sensores y una estación base (un computador portátil) e instrumentos virtuales, que permiten ver de forma detallada, los cambios en las variables que afectan el cultivo.

**Palabras claves:** WSN, sensores, monitoreo variables físicas, agricultura de precisión, instrumentos virtuales.

## **SYSTEM DEVELOPMENT FOR PHYSICAL VARIABLES MONITORING WITH PRECISION AGRICULTURE APPLICATION USING WIRELESS SENSORS NETWORKS MOTEIV AND VIRTUAL INSTRUMENTS**

The wireless sensor networks (WSN: Wireless Sensor Networks) are formed by a large number of integrated devices such as sensors, processors, memory and network interfaces. All these devices are embedded so that each element of a WSN is small, its energy source and batteries are communicating on a wireless link of low energy demand and low power. The nodes of a WSN usually come equipped with various sensors, stand out: light sensors, heat, humidity, temperature, barometric pressure and magnetic field, besides other sensors can be added to the system, according to variables that are willing to monitor. One of the applications of WSNS is monitoring and tracking changes in the physical variables that affect crops. Several square kilometers can be monitored over the years, can monitor the growth of vegetation, air quality, changes in temperature, pressure, humidity and in a coordinated way created a full view of the crop being monitored, secondly data can be stored in a central station which enables data mining and development of new conditions for future crops. This work is concentrated in the WSN and development of a specific application for crop monitoring and follow up production lines; finally shows a WSN developed for this purpose and that can be used by growers and companies interested in monitoring extensions sown allowing to make precision agriculture at a high level. The complete platform developed includes various sensors WSN nodes, software communication between nodes sensors and a base station (a laptop) and virtual instruments that allow view in detail the changes in the variables affecting the crop.

**Key words:** WSN devices, monitoring physical variables, precision farming, virtual instruments.

## **EQUIPO DINÁMICO DE ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA CON CAMPOS ELECTROMAG-**

## **NÉTICOS VARIABLES PARA FLUIDOS. Claudia Maricel Ipaz Cuastumal<sup>1</sup>; Mauricio López Obando<sup>2</sup>; Orlando Zúñiga Escobar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Ingeniera Agrícola. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle. E-mail: cmipazc@palmira.unal.edu.co*

<sup>2</sup> *Ingeniero Agrícola y Químico. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle. E-mail: mao\_qulagr@hotmail.com*

<sup>3</sup> *Profesor titular. Departamento de Física. Universidad del Valle. Email: ozuniga@cali.univalle.edu.co*

Para efecto de realizar investigación básica, se diseñó y construyó el equipo de estimulación electromagnética de fluidos, teniendo en cuenta la característica que el sistema fuese cerrado, en donde el fluido recircule. El equipo está conformado por: sistemas de conducción, impulsión, estimulación magnética y enfriamiento. El sistema de conducción está compuesto por secciones de tubería en PVC y hierro galvanizado, este último, con el fin de dar soporte al sistema de estimulación. Por ser un elemento rígido permite sostener las bobinas eléctricas y también ayuda a concentrar las líneas de flujo del campo magnético. El fluido se impulsa por medio de una bomba, que se adaptada al equipo, el máximo caudal de trabajo es de 80 L·min<sup>-1</sup>, su máxima cabeza de presión es de 21 m. El sistema de estimulación electromagnética consta de cuatro bobinas adyacentes, de iguales dimensiones y con funcionamiento independiente; todo el sistema tiene una longitud de 15 cm. Se calibró y se determinó la distribución de la intensidad del campo electromagnético para las intensidades de 0,4 mT, 10 mT, 20 mT y 30 mT, dentro del circuito escogido, a lo largo de la longitud del sistema. El sistema de enfriamiento consta de un con-densador concéntrico de flujo invertido. El equipo dinámico de estimulación magnética con campos electromagnéticos variables para fluidos, permitió la realización de experimentos a nivel de laboratorio en donde se estudió el efecto de la estimulación magnética del agua y microorganismos, en solución aplicada como riego, sobre la germinación de semillas y plántulas de sorgo. El equipo es un prototipo que con previas evaluaciones y modificaciones puede ser incorporado en los sistemas de riego en la agricultura.

**Palabras claves:** Estimulación electromagnética, fluidos, sistemas de riegos, agricultura.

### **MAGNETIC STIMULATION DYNAMIC EQUIPMENT WITH VARIABLE ELECTROMAGNETIC FIELDS FOR FLUIDS**

With the purpose of conducting basic research, it was designed and built the equipment for electromagnetic stimulation of fluids, taking into account the feature that the system was closed, where the fluid recirculates. The equipment comprises: conduction systems, drive, magnetic stimulation and cooling. The conduction system is composed by sections of PVC pipeline and galvanized iron, the latter in order to support the stimulation system. Because is a rigid element can sustain electrical bobbins and also helps to concentrate the flow lines of the magnetic field. The fluid is impelled by a pump which is adapted to the equipment, the maximum caudal work is of 80 L·min<sup>-1</sup>, maximum pressure head is of 21 m. The electromagnetic stimulation system consists of four adjacent bobbins of the same size and independent functioning, the entire system has a length of 15 cm. It was calibrated and determined the distribution of electromagnetic field intensity for the intensities of 0.4 mT, 10 mT, 20 mT and 30 mT inside the circuit chosen along the length of the system. The cooling system consists on a concentric condenser of reversed flow. The dynamic equipment of magnetic stimulation with electromagnetic changeable fields for fluids, allowed the accomplishment of experiments at laboratory level where the effect of magnetic stimulation of water and microorganisms in solution applied as irrigation, on the germination of seeds and sorghum seedlings. The equipment is a prototype that with previous assessments and modifications can be incorporated into the irrigation systems in agriculture.

**Key words:** Electromagnetic stimulation, fluids, systems of irrigations, agriculture.

### **ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO MODIS PARA EL SEGUIMIENTO DEL CULTIVO DE LA**

### **CAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE DEL RÍO CAUCA. Paulo José Murillo Sandoval<sup>1</sup>; Carlos Andrés Osorio Murillo<sup>2</sup>; Javier Alí Carbonell González<sup>3</sup>; Alberto Efraín Palma Zamora<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Topográfico. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. E-mail: [pjmurillo@cenicana.org](mailto:pjmurillo@cenicana.org)

<sup>2</sup> Ingeniero Topográfico. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. E-mail: [caosorio@cenicana.org](mailto:caosorio@cenicana.org)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrícola. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. E-mail: [jacarbonell@cenicana.org](mailto:jacarbonell@cenicana.org)

<sup>4</sup> Biometrista. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. E-mail: [aepalma@cenicana.org](mailto:aepalma@cenicana.org)

El instrumento MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), a bordo de los satélites Terra y Aqua, ofrece una oportunidad interesante para el seguimiento de la dinámica terrestre debido a su resolución temporal que varía entre 1 y 2 días, su resolución espacial (250 m, 500 m y 1.000 m) y las 36 bandas espectrales que puede captar. Uno de los productos MODIS es el MOD13Q1, el cual es suministrado por EOS Data Gateway (EOS, 2004). Este producto consta de imágenes compuestas cada 16 días, con cuatro regiones espectrales (azul, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio), dos índices de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y el EVI (Enhanced Vegetation Index), e información sobre el grado calidad de los índices. Cada imagen compuesta en esos 16 días, cubre a casi toda Colombia y Cenicaña cuenta con toda la información histórica desde febrero de 2000 hasta el presente. De cada imagen se ha extractado lo correspondiente a la parte plana del valle del río Cauca, para lo cual se desarrolló una metodología para la descarga, corte y aplicación de mejoras para la interpolación y filtrado de las series de tiempo de los índices de vegetación. Una limitación es el tamaño del píxel de 250x250 m, lo que permite trabajar solamente con campos mayores a 6,25 ha. Debido a que se tiene toda la cartografía de suertes sembradas con caña de azúcar se conoce la cantidad de píxeles de la imagen MODIS contenidos en cada suerte, con su respectivo porcentaje. La relación entre las series de tiempo con la información de establecimiento y cosecha de los campos indica que los datos satelitales son consistentes con la fenología o desarrollo vegetal

del cultivo de la caña de azúcar. A su vez se evidencia una alta correlación entre el EVI acumulado y la producción de caña. Valores bajos de EVI están asociados con bajos tonelajes de caña por hectárea (TCH), y por el contrario, altos valores de EVI significan altos valores de TCH.

**Palabras claves:** MODIS, caña de azúcar, series de tiempo, productividad, EVI.

#### **TIME SERIES ANALYSIS MODIS TO MONITOR THE SUGAR CANE CROP IN THE CAUCA RIVER VALLEY**

The MODIS instrument or Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer aboard Terra and Aqua satellites, provides an interesting opportunity for monitoring of terrestrial dynamics due to temporary resolution that varies between 1 and 2 days, their spatial resolution (250 m, 500 m and 1,000 m) and the 36 spectral bands that can capture. One MODIS product is the MOD13Q1, which is provided by EOS Data Gateway (EOS, 2004). This product consists of composite images every 16 days with four spectral regions (blue, red, infrared near and infrared medium), two indices of vegetation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index and EVI (Enhanced Vegetation Index), and information about quality indexes. Of each image has been extracted the flat part of the Cauca river valley, for which a methodology for download was developed, it cuts and implementation of improvements for the interpolation and filtrate of the time-series of the vegetation indexes. A limitation is the size of pixel of 250x250 m, which allows work only with greater fields to 6.25 ha. Due to the knowledge of the cartography of all fields seeded with sugarcane, is possible knowledge the amount of pixels MODIS 250m contained in each field, with its respective percentage. The relation between the time-series with the establishment information and harvests of the fields indicates that satellite data are consistent with the phenology or vegetal development of crop sugarcane. A high correlation between accumulated EVI and the cane production is demonstrated. Values low EVI are associated with low yield and Ton cane per (TCH),

and on the other hand, high values of EVI mean high values of TCH.

**Key words:** Sugarcane, MODIS, yield, time-series, EVI.

#### **DELIMITAÇÃO DO USO DAS TERRAS DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO LOBO, ITATINGA, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL, OBTIDO PELO SIG - IDRISI. Sérgio Campos<sup>1</sup>; Teresa Cristina Tarlé Pissarra<sup>2</sup>; Flávia Mazzer Rodrigues<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: [seca@fca.uneps.br](mailto:seca@fca.uneps.br)

<sup>2</sup> Professora Assistente Doutora Departamento de Engenharia Rural Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: [teresap@fcav.unesp.br](mailto:teresap@fcav.unesp.br)

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma. Vinculada Departamento de Engenharia Rural. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. E-mail: [flamazzer@hotmail.com](mailto:flamazzer@hotmail.com)

A conservação do solo é dotada de práticas muito cogitadas ao longo das últimas décadas devido a uma nova forma de agricultura que visa a manutenção das boas condições do solo e a adoção de manejos emergenciais ou preventivos abrangendo controle de erosão, modernas técnicas de mecanização agrícola, uso correto e adequado dos fertilizantes e corretivos, além de se trabalhar com variedades que oferece alguma condição propícia, fazendo com que se mantenha a exploração ou sanando alguma propriedade deficitária ou problemática da terra. A capacidade de uso visa o aproveitamento das condições do solo com um mínimo de perdas, baseando-se num detalhamento expressivo dos fatores que possam influenciar a estruturação e composição deste meio, tais como relevo, erosão, solo, clima, entre outros; tornando-se mais confiáveis as bases para planejamento de uso racional. O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo delimitar, mapear e quantificar as classes de capacidade de uso das terras da microbacia do Córrego do Lobo - Itatinga (SP), realizando para isso o cruzamento das informações obtidas nas cartas clinográfica e de solos, dados locais, tabela de julgamentos, entre outros. Este trabalho visou definir as classes de capacidade de uso da terra da bacia do

Córrego do Lobo, Itatinga (SP) pelo Sistema de Informações Geográficas – IDRISI. “A bacia situa-se entre as coordenadas geográficas 22° 03' 56" a 22° 59' 12" de latitude S e 48° 38' 47" a 48° 41' 25" de longitude W Gr., apresentando uma área de 2.403,25 ha. A carta de capacidade de uso da terra foi obtida através do cruzamento das cartas clinográfica e de solos e da tabela de julgamento de classes de capacidade de uso do solo e do levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso. Os resultados mostraram que a bacia é essencialmente constituída pela subclasse IIIe,s e que o SIG-IDRISI permitiu através de seus módulos discriminar, mapear e quantificar as áreas das classes e subclasses de capacidade de uso das terras da bacia com rapidez.

**Palavras chaves:** Sistema de Informações Geográficas, uso da terra, microbacia, capacidade de uso da terra.

#### **USE OF DELIMITATION IN THE STREAM MICROHOLLOW LANDS OF LOBO, TATINGA, SÃO PAULO STATE,- BRAZIL, BY SIG – IDRISI**

The soil conservation is endowed with practical very studied and meditated along the last decades due to a new agriculture form that looks for the maintenance of the good conditions of the soil and the adoption of urgent or preventive handlings, embracing the erosion control, and modern techniques of agricultural mechanization. The correct and appropriate use of fertilizers and correctives, is being worked with varieties that offer some favorable condition, to the exploration or correcting some deficit or problematic property of the soil. The use capacity looks for the use of the conditions of the soil with a minimum of loss, based on the expressive detail of factors that can influence in the structure and composition of this means, such as relief, erosion, soil, climate, among others; more reliable becoming the bases for the planning of the rational use. The present investigation had as objectives draw up a map and quantify the classes of capacity of soil uses of the Stream Lobo watershed - Itatinga (SP),

carrying out the crossing of the multiple information, happened of the sharts of steepness and soils, local data, judgement chart, among others. The object was to define the classes of capacity of use of 2,403.25 has of the Stream Lobo watershed, Itatinga, SP (22°03'56" at 22°59'12" S and 48°38'47" at 48°41'25" W). The capacity of soil use was obtained by means of the SIG IDRISI 3.2 The areas of the classes and subclasses of use capacity presented the following values: IIIa – 68.60 ha (2.85%), IIIe,s – 1,919.15 ha (79.86%); IIIe – 210.6 ha (8.76%); IVe – 3.38 ha (0.14%); IVe,s – 157.42 ha (6.55%) and VIe,s – 44.10 ha (1.84%). The land of the basin was distributed in three classes (III, IV and I SAW) and six subclasses but the biggest extension (79.9%) belonged to subclasse IIIe.s. The modules of the IDRISI allowed to discriminate and to quantify the areas of the classes and subclasses of capacity of soil and quickly use of the basin.

**Key words:** Geographical Information System, soil use, watershed, capacity of soil use.

#### **MECANISMOS PARA MONITOREO DE CULTIVOS Y AGRICULTURA DE PRECISIÓN USANDO REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS. Alcides de Jesús Montoya Cañola<sup>1</sup>; Diego Luis Aristizábal Ramírez<sup>2</sup>; Jhon Rober Atencio Urieta<sup>3</sup>; Carlos German Correa Uran<sup>4</sup>; David Julian Saldaña Santacruz<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Titular. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: amontoya@unalmed.edu.co

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: daristiz@unalmed.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Física. Escuela de Física. Universidad. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: jratenci@unalmed.edu.co

<sup>4</sup> Estudiante de Ingeniería Física. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: cgcorrea@unalmed.edu.co

<sup>5</sup> Estudiante de Ingeniería de Sistemas e Informática. Escuela de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, E-mail: djsaldan@unalmed.edu.co

En el presente trabajo se implementó una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de humedad relativa, temperatura y humedad del suelo, conformando una plataforma software-hardware. El hardware se compone de varios

módulos sensores de humedad relativa, temperatura y humedad del suelo que se comunican inalámbricamente, usando el protocolo de comunicación ZigBee y RS232 con un PC, en el cual se encuentra el software que está compuesto por un sistema de visualización en tiempo real y almacenamiento de datos desarrollado en Java, bajo el paradigma de la programación orientado a objetos (POO).

**Palabras claves:** Redes de sensores inalámbricas, sensores, monitoreo, RS232, ZigBee.

## **MECHANISMS MONITORING CROPS AND PRECISION AGRICULTURE USING WIRELESS SENSORS NETWORK**

In this paper a wireless sensor network was implemented for monitoring relative humidity, temperature and possibly other physical variables. This hardware-software platform can be used for study crops and obtain data and measurements. The hardware consists of several modules sensors to relative humidity, temperature and moisture, that communicate wirelessly using the ZigBee protocol and RS232 communication with a PC, in which is the software that consists of a display system in real time and data storage developed in Java under the paradigm of object-oriented programming (OOP).

**Key words:** Wireless sensor network, sensors, monitoring, RS232, ZigBee.

## **VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA DE APLICACIONES DE LA ELECTRÓNICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA.**

**Diego Fernando Zuluaga Vidal<sup>1</sup>; Sara María Campos Infante<sup>2</sup>; Mauricio Tovar Gutiérrez<sup>3</sup>; Rafael Eduardo Rodríguez Peñaranda<sup>4</sup>; Jenny Marcela Sánchez Torres<sup>5</sup>; Alexis Andrés Aguilera Alvear<sup>6</sup>; Lina Marcela Landínez Gómez<sup>7</sup>; Javier Medina Vásquez<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> Profesional. Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática de Colciencias. Bogotá, Colombia. E-mail: dfzuluaga@colciencias.gov.co

<sup>2</sup> Asesora. Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de Colciencias. Bogotá, Colombia. E-mail: smcampos@colciencias.gov.co

<sup>3</sup> Vigía Tecnológico. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

<sup>4</sup> Vigía Tecnológico. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

<sup>5</sup> Profesora Asistente, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industria. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: jmsanchezt@unal.edu.co

<sup>6</sup> Vigía Tecnológico. Programa Nacional de Prospectiva y División de Planeación Estratégica y Evaluación. Colciencias. Bogotá, Colombia. E-mail: aaaguilera@colciencias.gov.co

<sup>7</sup> Vigía Tecnológico. Programa Nacional de Prospectiva y División de Planeación Estratégica y Evaluación. Colciencias. Bogotá, Colombia

<sup>8</sup> Profesor Titular. Facultad de Ciencias de la Administración. Universidad del Valle. Cali, Colombia. E-mail: jemedina@univalle.edu.co

La investigación realizada presenta los resultados obtenidos en el informe de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VTIC) de aplicaciones de la electrónica en el sector agrícola, en el que se pretende mostrar una fotografía de las tendencias en tecnologías electrónicas aplicables al agro colombiano. Para el desarrollo del informe se utilizó como metodología, el ciclo de VITC, el cual tiene básicamente, cuatro grandes fases: definición de la temática, recolección, análisis y validación de la información, elaboración de conclusiones con base en los resultados y análisis realizados y una última fase de difusión. A partir de información estructurada de patentes y publicaciones científicas, se identifica información relevante como dinámicas en el tiempo, tanto por países como por regiones; actores líderes, instituciones, autores y redes; actividad internacional, etc. Además, se realiza un análisis de capacidades nacionales con el objeto de reconocer la oferta educativa, los grupos y proyectos de investigación. El estudio también comprendió la selección de las cadenas productivas: caña de azúcar, palma de aceite, hortalizas y las flores para puntualizar las aplicaciones tecnológicas. Entre las tecnologías más importantes identificadas, sobresalen los Sistemas Autónomos o de Automatización y Control Climático en Invernaderos, encargados de monitorear todas las condiciones del cultivo, prevenir heladas y actuar automáticamente para proporcionar las condiciones ideales; los Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) utilizados



para, a partir de imágenes digitales e información geográficamente referenciada, identificar áreas cultivadas y de esta manera facilitar los procedimientos de control y gestión durante el ciclo productivo; Sistemas de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) con los cuales se puede, mediante la utilización de una red de satélites, determinar la posición exacta de maquinaria agrícola en cualquier parte del mundo y guiarla automáticamente para optimizar los procesos de fertilización, fumigación y cosecha por mencionar algunos. Otra tecnología identificada son los sensores que miden propiedades físicas del suelo, para predecir su productividad. Además, presentan importantes aplicaciones en la palma de aceite que permiten determinar la cantidad de aceite, al medir las características dieléctricas del fruto. Las tecnologías de procesamiento de imágenes permiten clasificar las hortalizas y frutas por la cantidad de daño que han sufrido. Para esto se utilizan imágenes espectrales de alta resolución o se clasifican por color y forma. También, se logra diferenciar el cultivo de las malezas, para utilizar fertilizantes sólo donde sea necesario.

**Palabras claves:** Electrónica, agrónoma, agricultura de precisión, vigilancia tecnológica, inteligencia competitiva.

#### **TECHNOLOGICAL VIGILANCE AND COMPETITIVE INTELLIGENCE OF ELECTRONICS APPLICATIONS IN THE AGRICULTURAL FIELD**

The research presents the results of the monitoring report technological and competitive intelligence (VTIC) application of electronics in the agricultural sector, which aims to show a picture of trends in electronic technologies applicable to Colombian agriculture. The methodology used for the report was the cycle of VITC, which has basically four major stages: defining the issues, collection, analysis and validation of information, drawing conclusions based on the results and analyses made it and a final phase of dissemination. Based on information structured patent and scientific publications, relevant information is identified as dynamic over time, both by country and by region; leading actors, institutions, authors

and networks; international activity, and so on. In addition, an analysis of national capacities, in order to recognize the educational offer, groups and research projects. The study also included the selection of productive chains: sugarcane, oil palm, vegetables and flowers to clarify technological applications. Among the most important technologies identified, it stands out Autonomous Systems or Automation and Climate Greenhouses control, that is responsible for monitoring all the conditions of cultivation, for the preventing frost and for act automatically to provide ideal conditions; geographic information systems (GIS) used to identify areas cultivated, from digital images and geographically referenced information and thus to facilitate the management and control procedures during the production cycle; Global Positioning Systems (GPS) with which may be using a network of satellites, to determine the exact position of agricultural machinery anywhere in the world and guide it to automatically optimize the processes of fertilization, spraying and harvesting to name a few. Another technologies identified are sensors that measure physical properties of soil to predict their productivity. In addition, they have important applications in the oil palm for determining the quantity of oil, to measure the dielectric characteristics of the fruit. The image processing technologies allow classify fruits and vegetables by the amount of damage they have suffered. For this spectral images are used high-resolution or are classified by color and shape. Also, is achieved differentiate cultivating weeds, to use fertilizer only where necessary.

**Key words:** Electronics, agronic, precision agriculture, technology watch, competitive intelligence.

#### **CONTROL AUTOMÁTICO DE CAUDAL DE AGUA EN DESMUCILAGINADORES DE CAFÉ. Juan Rodrigo Sanz-Uribe<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Investigador Científico II. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas. E-mail: [juanr.sanz@cafedecolombia.com](mailto:juanr.sanz@cafedecolombia.com)

Para el correcto funcionamiento de la tecnología para el Beneficio Ecológico del Café por

vía húmeda, BECOLSUB, se recomienda utilizar un caudal específico de agua entre 0,7 y 1,0 L·kg<sup>-1</sup> de café pergamino seco, durante el desmucilaginado mecánico. Con el propósito de garantizar el caudal de agua requerido en los diferentes modelos de desmucilagidores mecánicos de café, se desarrollaron y evaluaron los siguientes dispositivos hidromecánicos, de bajo costo y fácil adquisición: una bomba de diafragma de la industria automovilística, una bomba peristáltica, una bomba de paletas flexibles y una válvula de control de flujo regulada por presión. La bomba de diafragma presentó con agua un comportamiento lineal con respecto a la presión de carga, con pendientes que variaron entre -24,2 y -74,5 Pa·L·min<sup>-1</sup>. El caudal alcanzado es suficiente para abastecer un módulo Becolsub 300, cuando se acciona a 260 ciclos por minuto. La bomba peristáltica, de 114 mm de diámetro exterior y tres rodillos, presentó un comportamiento ideal para abastecer agua a módulos Becolsub 300, 600 y 1.200, a las velocidades angulares de 350, 700 y 1.400 rpm, respectivamente, para presiones de carga por debajo de 24,2 Pa. La bomba de paletas flexibles evaluada resultó estable y suficiente para alimentar también modelos 300, 600 y 1.200, a 420, 840 y 1.680 rpm, respectivamente, a mayores presiones que las manejadas por la bomba peristáltica, lo que hace a este dispositivo mejor para la labor objeto de esta investigación. Adicionalmente, se estableció un modelo matemático confiable que determina el comportamiento de una válvula de control de caudal compensada por presión, para realizar la correspondiente simulación. Los resultados obtenidos en la simulación arrojaron información para un amplio rango de presiones y de caudales, que lo hacen promisorio para usar en todos los modelos Becolsub.

**Palabras claves:** Becolsub, desmucilaginado mecánico, ecología.

#### **AUTOMATIC CONTROL OF WATER FLOW IN DEMUCILAGERS OF COFFEE**

In order to meet a specific water consumption between 0.7 and 1.0 L·kg<sup>-1</sup> of dry parchment

coffee (DPC) in mechanical demucilagers, three different hydromechanical devices were evaluated: a diaphragm pump, a peristaltic pump and a flexible impeller pump, as well as a pressure compensated flow control valve. The diaphragm pump presented a linear behavior with slopes that varied from -24.2 to -74.5 Pa·L·min<sup>-1</sup>. The flow was enough to feed water to a Becolsub 300 when driven at 260 cycles per minute. The peristaltic pump of 114 mm in diameter with a three-roller impeller, presented an ideal behavior to feed Becolsub modules with capacities of 300, 600 and 1,200 kg·h<sup>-1</sup> at 350, 700 and 1,400 rpm, respectively. The device presented this behavior at pressures below 24.2 kPa. The flexible impeller pump was stable and enough to feed water to the models 300, 600 and 1,200 kg·h<sup>-1</sup>, at 420, 840 and 1,680 rpm, respectively. The pump maintained stable at pressures below 60 kPa, which makes this device ideal for the purpose of this research. In addition, a mathematical model to determine the behavior of a pressure compensated flow control valve was established for simulation. The results obtained by the simulation make this device promising for the application.

**Key words:** Becolsub, mechanical demucilaging, ecology.

#### **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL, AUTOMATIZACIÓN Y SUPERVISIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR PARA CRIADEROS DE LECHONES. *Angel Pontin García*<sup>1</sup>; *Nelson Luis Cappelli*<sup>2</sup>; *Cláudio Kiyoshi Umezu*<sup>3</sup>; *Juliana Sarubbi*<sup>4</sup>; *Luiz Antonio Rossi*<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Engenheiro Agrícola. Departamento de Máquinas Agrícolas Universidade Estadual de Campinas UNICAMP. Campinas, SP, Brasil. E-mail: angel.garcia@agr.unicamp.br*

<sup>2</sup> *Professor Associado. Departamento de Máquinas Agrícolas Universidade Estadual de Campinas UNICAMP. Campinas, SP, Brasil. E-mail: cappelli@agr.unicamp.br*

<sup>3</sup> *Professor Titular Doutor. Faculdade Integrada Metropolitana de Campinas, METROCAMP, Brasil. Campinas, SP, Brasil. E-mail: umezu@agr.unicamp.br*

<sup>4</sup> *Médica Veterinária. Membro da Câmara Setorial da Carne Suína. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, SAA, Brasil. E-mail: juliana.sarubbi@agr.unicamp.br*

<sup>5</sup> *Professor Assistente Doutor. Departamento de Construções Rurais. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil. E-mail: rossi@agr.unicamp.br*

Los cerdos en la fase de iniciación, necesitan del calentamiento de su ambiente debido a la ineficiencia de su sistema de termorregulación, principalmente en el periodo nocturno, cuando la temperatura es más baja. Debido a esto, es necesario un control de temperatura del ambiente de los lechones. La necesidad de economizar energía eléctrica y aprovechar el potencial del recurso solar en Brasil, viabiliza la utilización de la aplicación de la energía solar en diferentes procesos. A partir del objetivo de economizar energía eléctrica en el calentamiento de los lechones, este trabajo pretende desarrollar un sistema de automatización, control y supervisión de un calentador solar en un ambiente para cría de lechones en fase de iniciación, buscando mantener una temperatura adecuada de las instalaciones. El sistema consiste de dos reservorios de agua, un panel solar y un intercambiador de calor. El panel solar tiene la función de calentar el agua contenida en uno de los reservorios que a su vez tiene la función de suministrar calor al ambiente por medio de un intercambiador de calor. El agua de retorno de este sistema de calentamiento es almacenada en otro reservorio. Cuando el nivel del reservorio de agua caliente está abajo del mínimo, es accionada una bomba que conduce el agua hasta este, cerrándose así el ciclo. Para la construcción del sistema de control, inicialmente fue desarrollada la lógica de operación del sistema en diagrama grafset con el fin de realizar la simulación del proceso y la verificación del flujo de operaciones. Posteriormente, esta lógica fue implementada en un controlador lógico programable (PLC) en lenguaje ladder. El PLC tiene la función de controlar la temperatura del ambiente, actuando en la válvula del calentador y en la bomba de agua, a fin de mantener un nivel adecuado en el reservorio. Se desarrolló un programa supervisor (Indusoft®), que muestra al operador de forma gráfica, las condiciones del sistema de calentamiento solar, el funcionamiento del proceso y la temperatura interna del ambiente. Con este programa supervisor, también es posible el almacenamiento de los datos de temperatura del ambiente, durante el tiempo de monitoreamiento. Adicionalmente, fue desarrollada una alarma en caso de falla del

sistema de calentamiento o en caso de que la temperatura esté fuera del valor programado. Con este sistema se puede controlar y automatizar el proceso de calentamiento solar y supervisar la operación del mecanismo, en el ambiente a ser controlado.

**Palabras claves:** Cerdos, ambiente para porcinos, zootecnia de precisión.

### **DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM, AUTOMATION AND SUPERVISION OF SOLAR HEATER FOR HATCHERIES OF PIGS**

The swine in the growth phase need warming due to its inefficient thermoregulatory system, mainly during the night, when the environment temperature is lower. For this, it is necessary to control the environment temperature, which requires a great amount of electric energy to warm the piglets. The necessity of energy saves and the potential of solar resource in Brazil enable the use of solar energy not only for commercial, but also for industrial and agro industrial proposes. Aiming at saving electric energy in warming the piglets and suggesting the rational use of natural resources, this work aimed at developing an automation, control and supervision system of a solar heating system of a swine nursery. The solar heating system consists of two tanks of water storing, a solar panel and a heat exchanger. The solar panel has the function of warming the water in the tank. The warm water has the function of giving heat to the environment, if necessary, through the heat exchanger. The return water of this warming system is saved in another tank. When the level of warm water in the tank is low a pump is started and drives water to the tank, closing the cycle. Firstly, in order to set the control system, the logic of operation system in grafset diagram was developed to the process simulation and verification of operations flow. Afterwards, the logic was implemented, in ladder language, in a programmable logic controller (PLC). The PLC has the function of controlling the environment temperature operating in the heater valve besides keeping the correct level of warm water

reservoir operating on the water pump. To supervise the process was utilized the Indusoft software was used to the show to operator, in a graphic way, the solar heating system conditions, the process behavior and also the inner environment temperature. Indusoft also allows saving data of environment temperature during the period. Moreover, there is an alarm if the

heating system fails or if the environment temperature is above the programmed. With this system it was possible to control and to automate a solar heating system, as well as to supervise the operation of control system.

**Key words:** Pig, animal thermal comfort, animal precision production.