

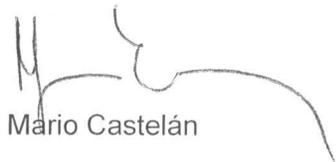
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Copia del Acta, inscrita a fojas uno del Libro Centésimo Vigésimo Quinto, del Examen Final presentado por el C. Eduardo Moreno Ramos para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada.

En la Ciudad de Ramos Arizpe, Coahuila, a los once días del mes de diciembre del año dos mil quince, se reunieron en la Unidad Saltillo del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, los señores: doctor Mario Castelán y doctora América Berenice Morales Díaz, ambos investigadores titulares de la mencionada Unidad; doctor Arturo del Sagrado Corazón Sánchez Carmona, Investigador Titular de la Unidad Guadalajara; y, como sinodal invitado por el Centro, el doctor Antonio Juárez Maldonado, Profesor Investigador del Departamento de Botánica de la División de Agronomía de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Saltillo, Coahuila, a fin de efectuar el Examen Final que para obtener el grado de Maestro en Ciencias sustentó el C. Eduardo Moreno Ramos.

El C. Eduardo Moreno Ramos presentó la tesis titulada: "Medición y control medio ambiental para el crecimiento de tomate en invernadero", que fue desarrollada bajo la dirección de la doctora América Berenice Morales Díaz y del doctor Antonio Juárez Maldonado.

Con fundamento en los resultados de este examen, el Jurado dictaminó que el C. Eduardo Moreno Ramos aprobó el Examen Final para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada.



Mario Castelán



América Berenice Morales Díaz



Arturo del Sagrado Corazón Sánchez Carmona



Antonio Juárez Maldonado

El Director General del Centro certifica que las firmas que anteceden son auténticas.

José Mustre de León



En la Ciudad de Ramos Arizpe, Coahuila, a los once días del mes de diciembre del año dos mil quince, se reunieron en la Unidad Saltillo del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, los señores: doctor Mario Castelán y doctora América Berenice Morales Díaz, ambos investigadores titulares de la mencionada Unidad; doctor Arturo del Sagrado Corazón Sánchez Carmona, Investigador Titular de la Unidad Guadalajara; y, como sinodal invitado por el Centro, el doctor Antonio Juárez Maldonado, Profesor Investigador del Departamento de Botánica de la División de Agronomía de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Saltillo, Coahuila, a fin de efectuar el Examen Final que para obtener el grado de Maestro en Ciencias sustentó el C. Eduardo Moreno Ramos.

El C. Eduardo Moreno Ramos presentó la tesis titulada: "Medición y control medio ambiental para el crecimiento de tomate en invernadero", que fue desarrollada bajo la dirección de la doctora América Berenice Morales Díaz y del doctor Antonio Juárez Maldonado.

Con fundamento en los resultados de este examen, el Jurado dictaminó que el C. Eduardo Moreno Ramos aprobó el Examen Final para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada.



Mario Castelán



América Berenice Morales Díaz



Arturo del Sagrado Corazón Sánchez Carmona



Antonio Juárez Maldonado

El Director General del Centro certifica que las firmas que anteceden son auténticas.

José Mustre de León



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL**

Unidad Saltillo
Grupo de Robótica y Manufactura Avanzada

**MEDICIÓN Y CONTROL MEDIO AMBIENTAL PARA EL
CRECIMIENTO DE TOMATE EN INVERNADERO**

Tesis que presenta:

Eduardo Moreno Ramos

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

en

ROBÓTICA Y MANUFACTURA AVANZADA

Directores de tesis: Dra. América Berenice Morales Díaz y Dr. Antonio Juárez
Maldonado

MEDICIÓN Y CONTROL MEDIO AMBIENTAL PARA EL CRECIMIENTO DE TOMATE EN INVERNADERO

Eduardo Moreno Ramos

Directores de tesis: Dra. América B. Morales Díaz y Dr. Antonio Juárez Maldonado

RESUMEN

Los modelos de crecimiento de cultivo en invernadero resultan en herramientas poderosas que permiten evaluar el comportamiento de las plantas en diferentes condiciones climáticas. Más aún nos permiten explorar la factibilidad de optimizar las condiciones de crecimiento. En el presente trabajo, basado en un modelo dinámico que consta de seis ecuaciones diferenciales, las cuales nos describen el crecimiento de una planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero el objetivo es maximizar la producción de fruto y fruto cosechado mediante la manipulación de la temperatura en invernadero.

Para lograrlo tal objetivo se utilizarán herramientas de optimización y métodos estadísticos a sistemas dinámicos con los cuales se obtendrá dicho ensamble de temperatura que maximice dos de las variables del modelo. En nuestro caso, como mencionamos anteriormente, las variables que describen la cantidad del peso de fruto (W_F) y peso de fruto cosechado (W_{HF}).

ENVIRONMENTAL MEASUREMENT AND CONTROL FOR TOMATO GREENHOUSE GROWTH

Eduardo Moreno Ramos

Thesis supervisor: Dra. América B. Morales Díaz and Dr. Antonio Juárez Maldonado

ABSTRACT

Growth models greenhouse cultivation are powerful tools that allow to evaluate the behavior of plants in different climatic conditions. Moreover enable us to explore the feasibility of optimizing growth conditions. Based on a growth model in the present study it aims to maximize fruit production and fruit harvested by manipulating the temperature in the greenhouse.

In this work a dynamic model describes six differential equations, which describe for us the growth of the tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under greenhouse conditions.

Subsequently using optimization tools to dynamical systems and statistical methods we search for a temperature assembly that maximizes two of the variables of the model. In our case, the variables describing the amount of fruit weight (W_F) and weight of harvested fruit (W_{HF}).