



SIMULACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TOSTADORA DE CAFÉ EN LA EMPRESA BETELK S.A.S EL TAMBO NARIÑO.

ANTONIO JOSÉ ORTEGA BOTINA

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño

Facultad de Ingeniería

Pasto, Nariño

Resumen - En la siguiente investigación se plantea la simulación de la automatización de una máquina tostadora, diseñada para optimizar y homogenizar la etapa de tostado de café, a través de un microcontrolador que opere los diferentes actuadores instalados en la máquina. Por tanto, se investigó sobre el proceso del café, los estudios sobre tipos de automatizaciones de máquinas, y las funciones de los diferentes dispositivos operativos. En la ejecución de esta investigación se pudo concluir que efectivamente a través de una sistematización se puede obtener un tostado homogenizado, mejorando el costo – beneficio de la inversión requerida. Dejando abierta la posibilidad de automatizar máquinas tostadoras de otros minifundios y a su vez automatizar las demás máquinas del proceso de café.

Abstract – The following research proposes the simulation of the automation of a roasting machine, designed to optimize and homogenize the coffee roasting stage, through a microcontroller which operates the different actuators installed in the machine. Therefore, the coffee process, studies on types of machine automation, and the functions of the different operating devices were researched. Finally, through the

implementation of this research, it was concluded that through the systematization a homogenized roasting can be obtained, improving the cost and benefit of the investment. Leaving the possibility of automating roasting machines of other smallholdings and other machines of the coffee process.

I. INTRODUCCIÓN

El café y su producción en Colombia son relevantes tanto para las exportaciones como para el PIB, además de ser parte de la cultura colombiana. Por estos motivos el crecimiento tanto en inversión como en investigación sobre la producción cafetera, se viene desarrollando en diferentes regiones del país esto gracias al gremio nacional de cafeteros. En esta realidad, es importante resaltar la producción de café en el Departamento de Nariño, que está ubicado al suroeste de Colombia, en la frontera con la República del Ecuador; tiene sesenta y cuatro (64) municipios de los cuales cuarenta y uno (41) están enfocados al cultivo del café. El desarrollo en la producción de café se ve reflejado en la constante tecnología para mejorar costo - beneficio, y para darle homogeneidad al resultado final del producto.

Este avance permite mejorar todas las etapas de producción.

Además, es importante resaltar que, con la generación de nuevas tecnologías los pequeños productores no necesariamente necesitan obtener una máquina nueva, de modo que existen dispositivos en el mercado con los que se puede establecer una automatización.

El presente proyecto se enfoca en generar y programar la simulación de la automatización a una máquina tostadora de café; de tipo mecánico, que en su funcionamiento presenta problemas esenciales como lo es la variación de temperatura, lo que genera cambios determinantes en el resultado final del producto. Es importante resaltar de igual forma que el cultivo y la tostadora se encuentran en la vereda de él Capulí grande del Tambo – Nariño; región que cuenta con las condiciones necesarias para la producción de café.

Conforme a lo anterior se pretende beneficiar a los caficultores de la vereda de Capulí grande del Tambo - Nariño, a través de la automatización de la tostadora de café, con dispositivos electrónicos esenciales para la automatización como son microcontrolador, sondas de temperatura, motores y demás componentes requeridos, para la obtención de homogeneidad en el tostado del café que es la etapa de producción esencial para lograr la obtención de las características de un buen café y a su vez aumentar las ventas a nivel local.

II. OBJETIVOS

Objetivo General: Diseñar un sistema semiautomático que permita el mejoramiento de una máquina tostadora de café

Objetivos Específicos:
Determinar técnicas, procesos y variables que intervienen en

la etapa de tuestión del café. - Plantear un sistema semiautomático que facilite el ingreso, tuestión y enfriamiento del grano de café en la máquina de tuestado de la vereda el Capulí, El Tambo-Nariño. - Evaluar desde simulación el funcionamiento del sistema de automatización bajo parámetros a escala de la máquina de tuestado.

III. METODOLOGÍA

La línea de investigación se basa en el diseño de máquinas y equipos industriales, con el fin de que el ingeniero mecánico amplíe sus conocimientos de esquema y construcción de maquinaria, herramientas o equipos que permitan la solución de un problema industrial; mejorando su eficiencia, a un bajo costo, con un óptimo aprovechamiento de la energía y con el menor impacto ambiental.

En el presente proyecto se aplicó el método deductivo-inductivo, basado en la ingeniería concurrente, en donde el investigador observa y toma el conocimiento previamente generado sobre el tema de estudio y con base en lo experimental se plantea dar una solución que sea factible al problema planteado.

Por consiguiente, la primera etapa del proyecto es la observación de los principios funcionales de la máquina tostadora de café, puesto que no existe registro de los errores de funcionamiento que presentaba la máquina; la segunda etapa fue la simulación práctica de la teoría para optimizar el funcionamiento de la

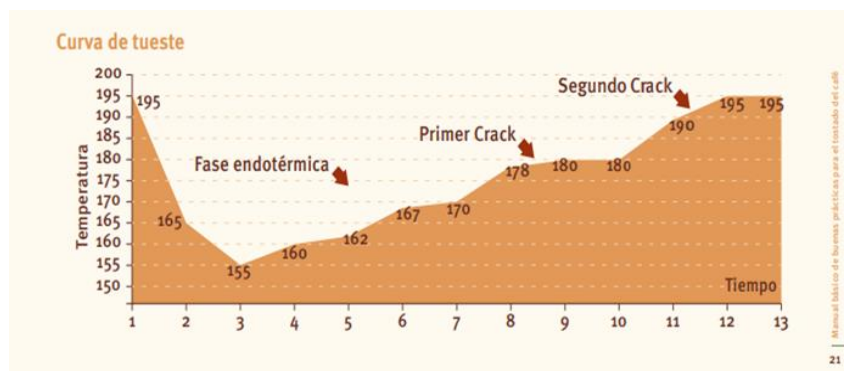


Ilustración 1. Curva del tueste del café. (SWISSCONTACT, 2016)

máquina tostadora a través de la automatización.

IV. REFERENTES TEÓRICOS

La producción cafetera en el departamento de Nariño, se desarrolla paulatinamente debido a que “la mayoría de los predios son minifundios con limitada asistencia técnica; el beneficio y secado del café, se realiza de manera elemental, con ausencia en su mayoría de infraestructura, equipos y maquinaria” (LAGOS BURBANO, y otros, 2019). Por lo que se hace necesaria la inversión tecnológica de maquinaria.

Inversión factible debido a que, según “Aleco Chigoun’s, jurado del concurso e integrante de la importadora estadounidense Red Fox Caffè Merchants, luego de degustar el café de la variedad caturra producido por Dora Lidia Muñoz, “en cada sorbo de la cosecha ganadora siento un sabor de buena calidad por su acidez y dulzura de tonos mentolados y herbales. Mis clientes en el mundo están interesados en esta dulzura con acidez de alta calidad, por eso vengo personalmente a Nariño” (ACOSTA, 2015).

Dadas las condiciones climáticas, para la germinación del café, posteriormente existe un extenso proceso para la obtención de un vaso de café, que comienza con el cuidado

y mantenimiento del cultivo, la cosecha del fruto, procesamiento y curado; cata del fruto obtenido; tostado o tueste y molido,

El proyecto se enfocó en la etapa del tostado o tueste, etapa en la que el café adquiere las propiedades relevantes como aroma, cuerpo, sabor y olor. Proceso De Tostado: Este proceso varía dependiendo del tipo de máquina de tostado, comienza con “la carga de temperatura es la

temperatura del tambor justo antes de introducir el café. Si has visto una línea gráfica de tueste, sabrás que esta línea parece como una marca de cotejo. Tan pronto se introducen los granos la temperatura cae hasta alcanzar el punto de inflexión (cambio) y luego comienza a incrementar” (KRZYWON, 2017); posteriormente se inserta en el tambor de la máquina las semillas de café, y se da inicio proceso de secado de humedad, y “a partir de los 190°, el café vuelve a crepitar y acaba de desarrollar sus aromas y gases. La temperatura final, en función del tipo de máquina y color deseado, puede variar entre 200 y 240°” (GINER, s.f.)

En este proceso es importante verificar las curvas de tueste (Ilustración 1) porque como se establece anteriormente es determinante para el resultado final. Además, en el proceso de tostado se dan reacciones químicas, las principales son: La reacción de Millard, la degradación de Strecker y la caramelización de azúcares.

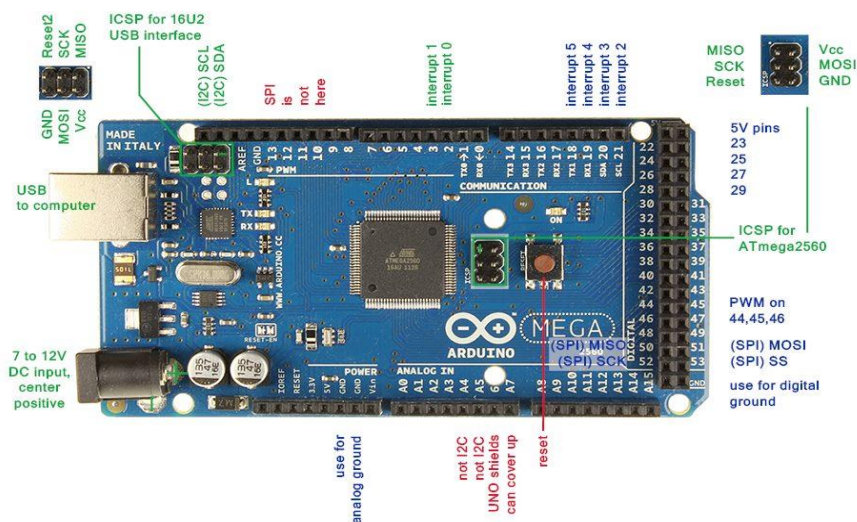


Ilustración 2. Tarjeta Arduino Mega 2560-r3 (Panama Hitek, 2016)

Para la automatización de la máquina tostadora, se utilizaron diferentes actuadores, que “son dispositivos que llevan incorporado un motor eléctrico y un reductor que permite

accionar cualquier dispositivo para llevar a cabo determinado movimiento u acción. Por ejemplo, se emplean en la industria para accionar compuertas, válvulas y en general diferentes elementos que ponen en comunicación un proceso con otro o un estado de un proceso con otro. El actuador eléctrico es el que almacena los datos de



Foto 2 Compuerta de Salida Final. (Esta investigación)

válvulas y carrera y posteriormente dicha información es procesada por la parte de control que es precisamente la que se encarga de conectarlo y desconectarlo según las necesidades” (RUBIO, s.f). Además, se utilizó un micro-controlador “Arduino Mega 2560 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo” (PROYECTO ARDUINO, s.f.)

V. RESULTADOS

Se diseño un sistema autónomo, de bajo costo que asimile los beneficios de una máquina moderna, que permita hacer el proceso de tueste de manera correcta, sin afectar la



Foto 1. Encendido Flautas. (Esta investigación)

calidad del producto y a su vez generando ganancias al propietario.

Para el correcto funcionamiento se programó un código de interrupciones que tiene como objetivo trabajar de manera independiente al resto de la programación de la máquina, de esta forma el tiempo de acción pasa de 20 segundos a 4 segundos.

En la prueba de temperatura se logró comprobar que los diferentes actuadores funcionan de manera correcta y coherente a la curva de temperatura del tueste del grano.

Continuando con la secuencia, se hace la prueba del contador, el cual se encarga de abrir la compuerta de salida del grano a la temperatura de 195°C.

Posteriormente en la prueba del sistema de enfriado, se estableció que enciende inmediatamente cuando la compuerta número dos se abre, tiene como objetivo el movimiento del grano y el accionamiento de

un ventilador esto con el fin de que el enfriado sea rápido procurando que las propiedades del café no cambien.

Al subir la temperatura para el siguiente tueste se abre la compuerta final, la cual está programada que se abra a los 170°C y se cierre a los 194°C de esta forma el café se lo



deposita en un recipiente para el siguiente proceso.

Finalmente, se comprueba que la pantalla LCD de 16*2 muestra todos los movimientos que están realizando los actuadores

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que el análisis del Estado del Arte sobre el cultivo de café y el funcionamiento de las máquinas tostadoras, se presenta como una solución idónea a las problemáticas expuestas.

Tras la Simulación, se concluye que la automatización de la máquina tostadora de café, muestra una excelente funcionalidad, conforme a lo planeado, a través de la programación, permitiendo que funcione en modo semiautomático.

Se concluyó en la simulación el funcionamiento del microcontrolador de la tarjeta Arduino Mega, logra programar y controlar los actuadores electrónicos requeridos para el correcto funcionamiento de la máquina.

Concluyendo que la automatización mejora la eficiencia frente a los recursos de producción, obteniendo una excelente relación costo-beneficio.

Concluyendo que es beneficioso para la empresa BETELK S.A.S, invertir en la automatización de la máquina tostadora de café, de la finca Villa Stela ubicada en la vereda el Capulí del Tambo – Nariño.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir con la automatización de los diferentes tipos de maquinaria utilizados para la producción de café en la empresa BETELK S.A.S.

Se recomiendo a los minifundios productores de café de la región invertir en la automatización de las máquinas tostadoras para homogenizar el producto final generando un aroma, sabor, olor y cuerpo distintivo.

Se recomienda a los minifundios productores de café invertir en tecnología para la automatización en lugar máquinas nuevas, por el costo – beneficio que se obtiene.

VIII. REFERENCIAS

Acosta, D. (2015). Nariño, *Cuna De Uno De Los Mejores Cafés Del Mundo*. Las 2 Orillas.

Giner, J. (s.f.). *El Tueste De Café*. Obtenido de forumdelcafe.com: https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-37_tueste_de_cafe.pdf

Krzywon, D. (5 De Octubre De 2017). *Guía De Tueste Del Café: Cómo Controlar La Carga De Temperatura*. Obtenido de perfectdailygrind.com: <https://perfectdailygrind.com/es/2017/10/05/guia-de-tuestes-del-cafe-como-controlar-la-carga-de-energias/>

Lagos Burbano, T. C., Criollo Escobar, H., García Alzate, J., Muñoz Belalcazar, J., López Gómez, J., Benavides Arteaga, V., & Dulce Delgado, J. (2019). *El Cultivo Del Café (Coffea Arabica L.) En Nariño*. Obtenido de sired.udenar.edu.co.

Panama Hitek. (2016).

Proyecto Arduino. (s.f.). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de proyectoarduino.com: <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>

Swisscontact. (2016). *Manual Básico para las Buenas Prácticas del Tostado de Café*. Obtenido de swisscontact.org: https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Ecuador/Documents/Content/ManualTuesteCafe.pdf