

Poptron: Sistema Especializado para Pochocleras Ambulantes

CURRAO, Martín Daniel – mcurrao@gmail.com
GAVIDIA LEDESMA, Hernán – gavidia.hernan@gmail.com
PESCA ALBA, Sharon Denise – sharon.pesca@gmail.com
RATIBEL, Pablo Martín – pabloratibel@gmail.com
VILLAR, Pablo Luciano – pablolvillar@gmail.com

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

Resumen

El presente documento explica el diseño y construcción de un sistema especializado para pochocleras ambulantes. Dicho sistema involucra varias partes: Por un lado, se automatiza el proceso de cocción de la pochoclera tradicional a través de componentes electrónicos y mecánicos, controlados mediante tecnologías IoT (internet de las cosas). Además, se realiza el desarrollo y puesta en producción de un servidor que permite la comunicación entre la pochoclera y cualquier dispositivo con conexión a internet. De esta forma, se pueden ingresar pedidos al sistema desde un smartphone, lo cual agiliza las tareas de los vendedores. Asimismo, se incluyen funcionalidades como sugerencias de lugares donde conviene ir a vender, basadas en el análisis de los datos generados, e integración de pagos con MercadoPago. Por último, se debe destacar que todas las transacciones del sistema quedan registradas y disponibles para el administrador, quien podrá analizarlas y tomar decisiones que favorezcan al negocio.

Palabras Clave

Pochoclera, Internet de las cosas (IoT), Raspberry, Arduino, Automatización, Gestión, Ventas, Pedidos, Mobile, Análisis de datos, MercadoPago.

Introducción

Gracias a observar detenidamente cómo se realizan actualmente los procesos en el negocio de venta de pochoclos con carritos ambulantes, se ha llegado a la conclusión de que muchos de ellos pueden ser mejorados utilizando tecnología, en pos de incrementar la productividad, aumentar las ventas, y hacer el negocio más rentable. En este contexto, surge la idea de desarrollar un sistema que permita gestionar de manera eficiente los recursos disponibles y registrar los eventos de relevancia asociados, sin generar un mayor esfuerzo a los usuarios. De esta forma, se reemplazan las tareas repetitivas ya

existentes, como la cocción manual, por otras que favorezcan la productividad, y que al mismo tiempo generen datos, como por ejemplo registrar los pedidos en el sistema. Posteriormente, el análisis de estos datos permitirá estimar y tomar mejores decisiones a largo plazo que favorezcan el crecimiento del negocio.

Entorno de Desarrollo

Se han seleccionado las herramientas de desarrollo en base a tres factores: Primero, que permitan lograr las funcionalidades necesarias sin presentar complicaciones mayores; segundo, que estén dentro del área de experiencia de los integrantes del equipo, y tercero, que sean tecnologías de uso actual en el mercado.

El entorno de desarrollo, entonces, queda compuesto por las siguientes herramientas y tecnologías: Java, Spring Boot, MySQL, H2SQL, Hibernate, STOMP, NodeJS, Angular JS, Angular 2+, Material, AntDesign, Bootstrap, Axios, Arduino, C++, Raspbian, Google Drive, Balsamiq Mockups.

Esquema del Sistema

El sistema se divide en tres módulos principales, a saber: back-end, front-end, y pochoclera. En la Fig. 1 se observa cómo cada módulo se conecta con los demás, a través de interfaces REST. Luego, se detalla cada una de las partes y se da un panorama más detallado de estas conexiones.



Figura 1: Esquema básico del sistema

Back-end

El back-end es el módulo encargado de realizar el manejo del servidor y la base de datos. Asimismo, es la pieza central que conecta al front-end y a la pochoclera.

El mismo incluye funcionalidades como el registro de usuarios, sincronización de pedidos, análisis de datos, e integración con MercadoPago.

Front-end

El front-end es la capa de interfaz gráfica de usuario. El mismo contempla la navegación a través de las distintas pantallas y componentes gráficos con los que los usuarios interactúan, como botones, listas, gráficos, e imágenes, entre otros.

El front-end se presenta en forma de web responsive, lo cual favorece su visualización e interacción con los usuarios en dispositivos móviles.

Pochoclera

La pochoclera involucra tres partes fundamentales para integrar el control de la cocción automatizada al resto del sistema. Estas partes son: Componentes electrónicos y mecánicos, módulo Arduino, y módulo Raspberry.



Figura 2: Pochoclera en vías de desarrollo

Para automatizar el proceso de cocción se requieren principalmente cuatro funciones: Dispensar los ingredientes en la olla, abrir y cerrar la tapa de la olla, revolver el contenido de la olla, y volcar el contenido de la olla. Además de estas funciones principales, es necesario que la persona que opera la pochoclera sea notificada si se ha agotado el stock de alguna de las materias primas, para que pueda proceder a recargar la tolva correspondiente y se continúe con la producción. Todas estas funciones se logran a través de piezas mecánicas, como motores y poleas, que son gobernadas mediante componentes electrónicos, como controladores y sensores, los cuales permiten procesar las órdenes enviadas y los estados sensados. Esta comunicación

se realiza contra el módulo Arduino, que es el que permite manejar los componentes electrónicos a través de una lógica de control escrita en software. Adicionalmente, el módulo Arduino se comunica con el módulo Raspberry, que es el encargado de realizar la conexión con el resto del sistema. En la Fig. 3 se presenta el esquema del sistema con el detalle interno del módulo pochoclera.

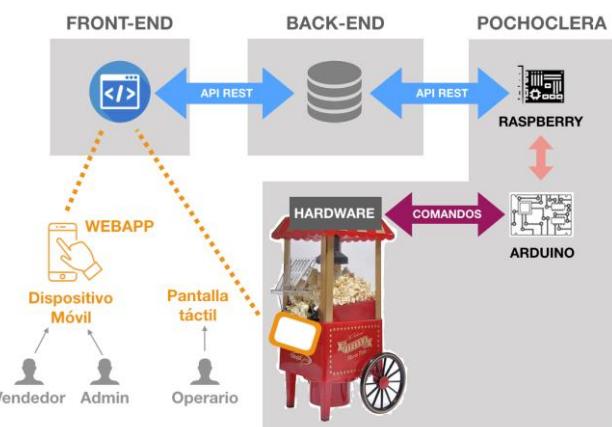


Figura 3: Esquema del sistema en detalle

La pochoclera incluye además una pantalla táctil controlada a través del módulo Arduino. En dicha pantalla se muestra la interfaz front-end correspondiente para que quien opere la máquina pueda realizar las acciones necesarias para retroalimentar al sistema, como indicar que se completaron pedidos, y otras acciones de emergencia, como detener una cocción.

Funcionamiento de la Pochoclera

Siendo que el módulo de la pochoclera es el más extenso, y que el mismo involucra tanto software como hardware, se dedica este apartado a explicar en detalle su composición y funcionamiento.

Componentes electrónicos y mecánicos

A continuación, se explica en detalle cada componente de hardware y cómo cada uno de ellos interviene en el proceso de cocción automatizada.

Suministro de ingredientes

Para el almacén de las materias primas (aceite, azúcar y maíz) se diseñaron tolvas de aluminio que se adosan a la parte posterior de la pochoclera.

Para lograr dispensar las sustancias sólidas (azúcar y maíz), se utiliza un caño de aluminio que dirige el flujo de las mismas hacia la olla. Entre cada tolva y el caño conductor existen válvulas que bloquean el paso de los

materiales hacia la olla, impidiendo que los mismos caigan de forma indiscriminada. En el momento preciso que se necesita suministrar cada ingrediente, se abre la válvula correspondiente mediante un motor de tipo servo SG90 [1]. Cuando la válvula está abierta, el ingrediente en cuestión cae a la olla por acción de la gravedad. Al finalizar el suministro, el mismo motor procede a cerrar la válvula.



Figura 4: Tolvas de almacenamiento de azúcar y maíz

Para el aceite, en cambio, se utiliza una sistema de conducción mediante manguera plástica, dada la naturaleza líquida y oleosa de esta sustancia. El flujo es gobernado a través de una bomba peristáltica que, al girar, hace que el líquido circule por la manguera (ver Fig. 5). La bomba peristáltica es controlada por un driver Doble Puente H L298N [2].

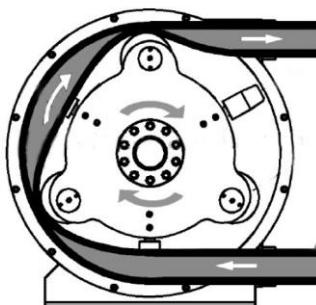


Figura 5: Control de flujo de aceite con bomba peristáltica

Cocción

La tapa de la olla debe abrirse cada vez que se suministren ingredientes, y además debe cerrarse una vez finalizada esta etapa, para poder proceder a la etapa de cocción, en donde se requiere que la misma permanezca cerrada para poder alcanzar la temperatura adecuada.

Para lograr los movimientos de apertura y cierre de la tapa de la olla, se utiliza un servo motor MG-90 [3].



Figura 6: Apertura y cierre de tapa con servo MG-90

El incremento de temperatura en la olla se obtiene gracias a una hornalla colocada en la parte inferior de la misma, la cual se alimenta mediante un tubo de gas que se ubica en la parte inferior de la máquina. El control del gas se realiza a través de electroválvulas.

Durante la cocción, las paletas internas de la olla realizan un movimiento rotativo. Para lograr dicho movimiento se utiliza un motor de corriente continua con reductor Ignis MR04A-012001 [4], adjunto a una barra metálica en forma de eje, perpendicular a la superficie de la olla.



Figura 7: Rotación de paletas con motor

Luego de alcanzar una cierta temperatura, medida a través de un sensor de temperatura, y transcurrir un tiempo determinado, se da por finalizado el proceso de cocción, dando lugar al proceso de volcado.

Volcado

Una vez que los pochoclos están listos, éstos se vuelcan desde la olla hacia la bandeja inferior de la pochoclera. De esta forma, quedan listos para un posterior secado y empaquetado manual, a cargo del operario.

Para lograr esta operación, la olla tiene que girar noventa grados. Este giro es posible gracias a un sistema de motor, barra y cadena, dispuestos en forma de torno simple, similar al de un aljibe o parrilla hogareña. La cadena está sujetada en un extremo a una barra horizontal colocada en la parte superior de la máquina, y en el otro extremo a un lateral de la base de la olla. La barra, a su vez, está conectada

a un motor de paso a paso Nema 17 [5] con reducción, que la hace girar con la fuerza necesaria para desplazar la cadena y que la olla realice la rotación antes mencionada. A medida que el motor gira, la cadena se va enrollando o desenrollando sobre la barra, dependiendo del sentido de giro. Cuando esto sucede, la distancia entre la base de la olla y la barra se hace más corta o más larga, lo que permite la rotación deseada.



Figura 8: Olla en posición de volcado

Control de stock

Por último, se debe contemplar que las tolvas tienen una capacidad limitada de almacenamiento, y que eventualmente el operario deberá rellenarlas con los suministros que se hayan agotado. Para ello, es menester realizar mediciones de stock. Esto se logra utilizando sensores de ultrasonido [6] (Fig. 9) colocados en la parte superior de cada tolva. Estos sensores, calibrados adecuadamente, determinan en todo momento cuánta materia prima hay en el interior de la misma, midiendo la distancia entre la parte superior de la tolva, donde están colocados, y el tope de lo que se encuentre acumulado en la parte inferior. El software controlador es el encargado de detectar cuando los valores hayan sobrepasado los umbrales mínimos, para así informar al operario ante estos eventos.



Figura 9: Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04

Módulo Arduino

Para controlar los actuadores y sensores antes mencionados, se utiliza una placa Arduino DUE [7]. El software de control para dicha placa ha sido desarrollado en el lenguaje de programación C++.



Figura 10: Placa Arduino DUE

Módulo Raspberry

En pos de facilitar la comunicación con el servidor y el manejo de datos, se decidió incluir una Raspberry Pi 3B+ [8] exclusivamente para este propósito, haciendo de nexo entre el módulo Arduino y el resto del sistema.



Figura 11: Placa Raspberry Pi 3B+

Programa inicial

Al encender la pochoclera, se enciende el módulo Raspberry, y por lo tanto se inicializa Raspbian, el sistema operativo de la misma. Se ha desarrollado un script de inicialización, el cual abre una ventana de navegador de internet en pantalla completa, y carga la web correspondiente al front-end de la máquina. De esta forma, al encender la pochoclera se logra visualizar la interfaz correspondiente en la pantalla táctil, para que el operario pueda comenzar a utilizarla.

Protocolo Raspberry-Arduino

Para lograr comunicar los módulos Arduino y Raspberry, se utiliza un protocolo simple de comunicación de datos, a través de contenido JSON [9].

Sistema en Escala

En el apartado anterior, se detalló como funciona el sistema para una única instancia de máquina pochoclera. Sin embargo, cabe mencionar que el módulo de pochoclera puede ser replicado múltiples veces, mientras que los módulos de back-end y front-end son generales al sistema. Esto se grafica en la Fig. 12.

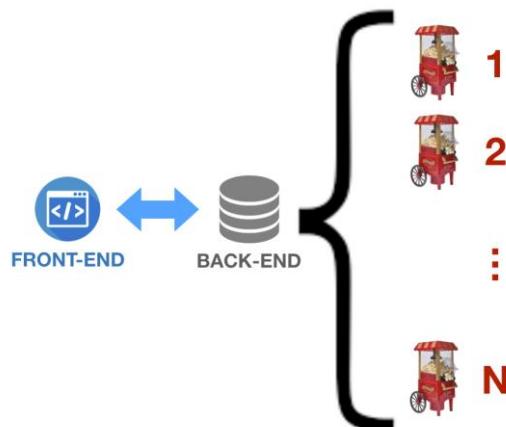


Figura 12: Escalabilidad del sistema

El esquema anterior pretende mostrar la escalabilidad del sistema, detallando cómo es la interacción de una única pieza de back-end y front-end con múltiples instancias de pochocleras. Es importante mencionar que cada pochoclera posee sus propios componentes y módulos Raspberry y Arduino, y su propia pantalla táctil.

Roles

Es importante comprender cómo funcionan los roles en un negocio tradicional, para luego poder explicar cómo el sistema modifica de forma positiva las tareas que cada uno debe realizar, otorgando así varios beneficios.

En el negocio de las pochocleras ambulantes existen tres roles bien diferenciados, cada uno con sus correspondientes tareas. Estos son: Administrador, operario, y vendedor. Un negocio en general se compone de un administrador, uno o varios operarios, y uno o varios vendedores.

A continuación se detallan las tareas que incluye cada uno de ellos.

Administrador

El administrador es la persona dueña del negocio. Entre sus responsabilidades se pueden destacar: adquirir pochocleras, contratar vendedores y operarios, realizar tareas de análisis, gestión y administración. En la actualidad, en general estas tareas se realizan de forma telefónica o por chat.

Operario

Los operarios son quienes están a cargo de realizar la producción de pochoclos. En general, cada uno de ellos estará asignado a operar una máquina pochoclera. Entre sus tareas diarias se destacan: Realizar las cocciones, armar paquetes, gestionar el stock de materias primas, y realizar ventas esporádicas a los consumidores que se acerquen directamente al carrito.

Vendedor

Los vendedores son aquellos que salen a buscar clientes durante la jornada laboral. Ellos trabajan su día en conjunto con el operario, situándose en algún lugar público como plazas, parques, colegios y playas. Mientras que el operario se queda en la máquina abocado a la producción, el vendedor recorre el lugar en busca de clientes, tomando pedidos y yendo a buscar paquetes a la máquina para entregar a dichos consumidores. En general, suele estar autorizado a realizar cobros.

Interacción de cada Rol con el Sistema

Cada uno de los roles mencionados en el apartado anterior se verá involucrado con el sistema de manera diferente. A continuación se detalla cada una de estas interacciones.

Interacción del Administrador

El administrador ingresa al sistema utilizando su cuenta de Facebook, mediante de un proceso de login. A través de una web de tipo responsive, podrá realizar las tareas relacionadas a la gestión del negocio. Entre las posibles operaciones se encuentran: Alta, baja y modificación de sus máquinas, vendedores, y operarios. Visualización de ventas por período temporal: diario, semanal, mensual, anual. Visualización de predicciones de ventas a futuro.

Interacción del Operario

El operario interactúa con la máquina pochoclera mediante una pantalla táctil colocada en la misma. A través de esta interfaz, el operario puede: Iniciar una cocción, detener una cocción, visualizar los pedidos a armar, agregar un nuevo pedido, marcar un pedido como listo para entregar, indicar que hay bolsas armadas en stock, visualizar el stock de bolsas armadas, visualizar el stock de pochoclo suelto en la bandeja, y ordenar a la pochoclera realizar cocciones de forma continua.



Figura 13: Interfaz de la pochoclera

Interacción del Vendedor

El vendedor ingresa al sistema de forma similar al administrador, mediante un login con Facebook. También dispone de una web responsive para interactuar, la cual generalmente será utilizada desde su dispositivo móvil, debido a la movilidad requerida por sus tareas. Entre las funciones que puede realizar el vendedor se encuentran: Indicar inicio de turno, indicar fin de turno, solicitar una lista de lugares donde el sistema predice que venderá más cantidad, agregar un pedido, visualizar la lista de pedidos actuales, y recibir notificaciones cuando haya pedidos listos para entregar.

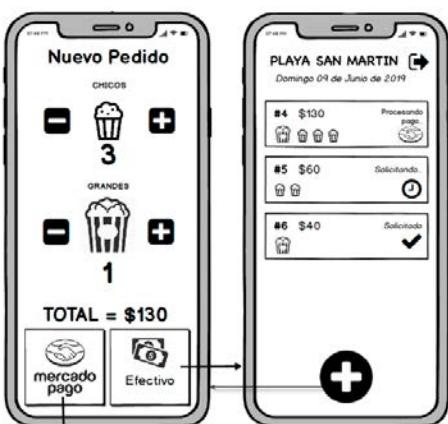


Figura 14: Interfaz web del vendedor (diseños preliminares)

Beneficios

Al integrar el sistema Poptron en un negocio tradicional, se obtiene una serie de beneficios que impactan de forma positiva al negocio.

Cocción on-demand

El sistema interviene de forma automática para optimizar la producción por lotes. Cada vez que ingresan pedidos para una determinada pochoclera, el sistema hará que la misma inicie una cocción automáticamente en caso de no disponer de stock suficiente para satisfacer la demanda. De esta forma, se ahorran recursos. Por un lado, se logra reducir el tiempo necesario para entregar pedidos, ya que se evitan los tiempos muertos donde no se pueden abastecer los pedidos en espera y no se está cocinando. Por otro lado, se ahorra materia prima, ya que se evita el desperdicio que se pudiera ocasionar por cocciones innecesarias.

Análisis de datos

Todas las transacciones del sistema, con sus respectivos datos, quedan registradas. Entre ellas se destacan principalmente: El inicio y la finalización de turnos, con

datos de fecha, hora y lugar; y los pedidos, con los datos de fecha y hora de cada cambio de estado, cantidad de paquetes, y precio. Gracias a la disposición de estos datos, se puede obtener información de vital importancia para el crecimiento del negocio. Las técnicas utilizadas para el análisis de dichos datos están siendo actualmente investigadas y la implementación de esta funcionalidad aun se encuentra en vías de desarrollo, por lo que en este documento no se incluye el detalle de las mismas.

Como resultado, el administrador puede realizar un seguimiento en tiempo real de su emprendimiento, y tener un panorama de ventas mucho más completo, el cual incluye no solo un historial de ventas pasadas, sino también predicciones para los meses futuros.

Por otra parte, los vendedores pueden consultar en qué ubicaciones el sistema estima que tendrán más ventas para el día de la fecha. Estas sugerencias están basadas en aprendizaje previo, tomando en cuenta variables como los días de la semana, el rango horario, el clima, y la cantidad de pedidos entregados.

Medios de pago electrónicos

El sistema brinda la posibilidad al consumidor de realizar sus pagos a través de la plataforma MercadoPago, la cual está integrada en la aplicación web responsive que utilizan los vendedores. De esta forma, se brinda una alternativa al método del efectivo, con lo que se le da una comodidad mayor a los clientes. Esta ventaja competitiva permite expandir las ventas.

Conclusión

Poptron es un sistema que integra múltiples partes. Diseñar y construir tal sistema es una tarea compleja, que involucra una gran variedad de conocimientos de distintas áreas, como física, electrónica, software, y experiencia de usuario, por mencionar algunas. Para poder llevar a cabo este proyecto, se presentaron diversos desafíos. Por un lado, el de adquirir y sacar provecho de los conocimientos necesarios para hacer frente a las distintas problemáticas de carácter técnico que han surgido durante el desarrollo. Pero además, ha sido elemental desarrollar y optimizar la coordinación y el trabajo en equipo. Una de las técnicas más utilizadas en todas las áreas fue el hacer uso de estrategias de tipo *bottom-up*, para lograr primero el funcionamiento individual de cada componente, y posteriormente la integración de los mismos con el sistema.

Finalmente, resulta de suma importancia destacar que a partir de lo logrado en este proyecto, existen diversas funcionalidades que pueden agregarse en futuras versiones, así como también mejoras en el proceso de construcción de las pochocleras, como por ejemplo, diseño de plaquetas a medida en lugar de utilización de módulos Arduino y Raspberry, los cuales resultan eficientes para la creación de

un prototipo, pero costosos a la hora de producir en serie. El objetivo a futuro es obtener un producto aun más robusto que logre asentarse firmemente en el mercado.

Referencias

- [1] Servo Motor SG90 Data Sheet [Online]
http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf
- [2] Driver Doble Puente H L298N Especificaciones Técnicas [Online]
<https://naylampmechatronics.com/drivers/l1-driver-puente-h-l298n.html>
- [3] MG90S Metal Gear Servo Data Sheet [Online]
<https://engineering.tamu.edu/media/4247823/ds-servo-mg90s.pdf>
- [4] IGNIS MR04A Reductor Data Sheet [Online]
<http://ignismotor.com/STD-ES/PDF/MR04A.pdf>
- [5] Nema 17 Motor Data Sheet [Online]
<https://www.cui.com/product/resource/nema17-amt112s.pdf>
- [6] SR04 Ultrasonic Module User Guide [Online]
https://www.mpja.com/download/hc-sr04_ultrasonic_module_user_guidejohn.pdf
- [7] Arduino DUE [Online] <https://store.arduino.cc/usa/due>
- [8] Raspberry Pi 3B+ Specs [Online]
<https://www.raspberrypi.org/magpi/raspberry-pi-3bplus-specs-benchmarks/>
- [9] JSON: JavaScript Object Notation [Online]
<https://www.json.org/>