



Desarrollo de un prototipo de sistema ciber-físico para el control administrativo del suministro de bebidas y refrescos

Development of a Expert System and a Prototype of a Cyber-physical System for the Administrative Control of the Supply of Beverages and Soft Drinks

Autores

✉ ¹Castro Rodríguez Arturo A. 

✉ ^{1,2*}Sanchez-Galan Javier E. 

¹Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.

²Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT, Panamá, Panamá.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo: Castro Rodríguez, A. A., & Sanchez-Galan, J. (2022). Desarrollo de un prototipo de sistema ciber-físico para el control administrativo del suministro de bebidas y refrescos. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 6(2), 91-97. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.4777>

Enviado: 24/06/2022

Aceptado: 21/09/2022

Publicado: 26/09/2022

Resumen

Este proyecto se centra en demostrar la viabilidad de la implementación de nuevas tecnologías, principalmente herramientas de inteligencia artificial, para el control de suministro de bebidas de forma automatizada, pero también aplicable a diferentes tipos de productos alimenticios. Esto es posible ya que, en áreas de automatización, las herramientas de inteligencia artificial han propiciado cambios profundos en las industrias y el comercio. Esto debido fundamentalmente al avance de la tecnología y a que las empresas producen información masiva que marcan riesgos e incertidumbre a la hora de la toma de decisiones empresariales, por lo que es de suma importancia organizar dicha información de forma eficiente. Este proyecto básicamente acerca del desarrollo de un sistema experto que calcule la cantidad de bebida y/o refresco que se necesita a la semana siguiente en un local de restaurante de comida rápida, que trabaja junto con un prototipo de máquina expendedora de bebida controlada por Arduino (aunque puede ser cualquier otro micro-controlador). En este documento se muestran aspectos para diseño, elaboración y desarrollo de aplicaciones e instrumentos que cumplan con este objetivo, además se describe el porqué del proyecto y como esto pretende aportar al sector al cual está enfocado. Al final se muestra una mejor manera de administrar el abastecimiento de bebidas en restaurantes de comida rápida y se concluye que la implementación de este proyecto en este tipo de negocios, puede generar ahorros en productos y puede contribuir a evitar en gran medida la contaminación del medio ambiente, todo enmarcado dentro de la industria 4.0.

Palabras clave: Sistema Experto, Industria 4.0, Sostenibilidad, Abastecimiento de Bebidas

Abstract

This project focuses on demonstrating the feasibility of implementing new technologies, mainly artificial intelligence tools, for automated beverage supply control, but also applicable to different types of food products. This is possible since in automation areas, artificial intelligence tools have brought about profound changes in industries and commerce. This is fundamentally due to the advancement of technology and the fact that companies produce massive information that marks risks and uncertainty when making business decisions, so it is of the utmost importance to organize said information efficiently. This project is basically about the development of an expert system that calculates the amount of drink and/or soft drink that is needed the following week in a fast food restaurant, which works together with a prototype of a computer-controlled drink vending machine. Arduino (although it can be any other micro-controller). This document shows aspects for the design, elaboration and development of applications and instruments that meet this objective, in addition to describing the reason for the project and how it intends to contribute to the sector to which it is focused. In the end, a better way to manage the supply of beverages in fast food restaurants is shown and it is concluded that the implementation of this project in this type of business can generate savings in products and can contribute to greatly avoiding environmental pollution. environment, all framed within industry 4.0.

Keywords: Expert System; Industry 4.0; Sustainability; Beverage Supply





1. Introducción

Se puede definir a la industria 4.0 o su sinónimo “cuarta revolución Industrial”, como la cuarta mega etapa técnico-económica de la humanidad. Esta cuarta etapa se dice que habría comenzado en años recientes y que su desarrollo estaría proyectado hacia la tercera década de este siglo. Hoy en día se señala a la inteligencia artificial como el elemento central de esta transformación, la cual está muy relacionada con la acumulación creciente de grandes cantidades de datos o lo que se conoce como “big data”. Además, esta ligada al uso de algoritmos para procesarlos, y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales, a través de la virtualización o digitalización de muchos procesos industriales [Huang et al., 2021].

La industria 4.0, se engendró gracias a la inteligencia emergente, disruptiva y tecnologías de la información. Estas nuevas tecnologías están permitiendo niveles cada vez más altos de eficiencia en la producción de todas las industrias. Por otra parte, se recalca que estas tecnologías también tienen el potencial de influir dramáticamente en el desarrollo sostenible, social y medio ambiental, todo esto a la vez de manera integral [Bai et al., 2020].

Producto de lo anterior mencionado se podría decir que esta cuarta etapa, correspondería a una nueva manera de organizar los medios de producción. El objetivo es que con ello se pueda poner en marcha un gran número de fábricas inteligentes, las cuales serían capaces de tener una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción en comparación con los ya existentes [Ghobakhloo, 2020].

Es por tanto que cualquier proyecto en la actualidad que busque adaptarse a los requerimientos y exigencias de la industria en general requiere de la implementación estas “tecnologías habilitadoras” [Martinelli et al., 2021]. Sobre todo a través del uso de inteligencia artificial y entre ellos el desarrollo de sistemas expertos e inteligentes [Peres et al., 2020].

Los sistemas expertos se pueden describir como programas de computadora que reproducen el proceso intelectual de un humano con nivel “experto” en un tema específico o campo particular. Estos sistemas permiten conservar valiosos conocimientos técnicos y llevarlos a formatos en los que serían más fácilmente reproducibles. Todo esto redundando en el aumento de la productividad de una labor, logrando ahorrar tiempo y dinero.

En este proyecto se usa el concepto informático de sistemas expertos para resolver el problema de desabastecimiento y/o acumulación de bebidas o refrescos en los depósitos de locales de comida rápida. Todo enmarcado en el contexto de la industria 4.0 arriba descrita.

En síntesis, este proyecto busca resolver el problema de llevar un registro logístico preciso del suministro de bebidas y refrescos, con lo cual se regula de manera meticulosa el abastecimiento de

cada local, mediante las respuestas de las preguntas a evaluar constantemente; ¿cuánta bebida se ha consumido en un día, a la semana, o en un mes? Y, por tanto; ¿Cuándo es hora de volver a pedir suministros a nuestros suplidores? La solución propuesta busca desarrollar e implementar un sistema experto en software, y también fabricar un prototipo físico o hardware que ayude al despacho inteligente de bebidas. En concreto se pretende desarrollar una aplicación en el lenguaje de programación Java, basada en un cuestionario que el usuario llena y le da una proyección de cuánto debería comprar. Se pretende con esto demostrar su utilidad y representar a pequeña escala un sistema de control completo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Componentes Electrónicos

En primera instancia, en la Figura 1 se puede apreciar un diagrama general de los componentes electrónicos. Estos componentes permiten el funcionamiento del prototipo. A continuación se listan los componentes: Mini bomba de aire DC, Batería 9V, Resistencia 3k, Mini relay, Switch, botón de toque (push button), Placa base (protoboard), Tarjeta Arduino, Pantalla LCD I2C, LED, Cables, Cámara genérica USB, Módulo sensor de nivel de agua. Entre estos componentes se reconoce como el más importante al microcontrolador Arduino.

El microcontrolador Arduino es el cerebro del prototipo y quien hace que se logre la meta principal del sistema, que es, el restringir el expendio de la bebida cuando este ya haya sobrepasado la cantidad facturada a los clientes. Esta medición se hace medida en mililitros de producto.

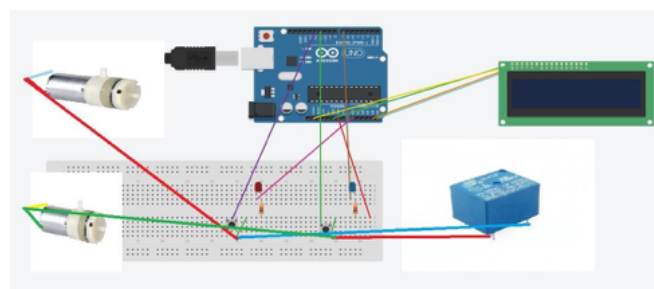


Figura 1. Esquema General del Circuito.

En la Figura 2A se aprecia la estructura externa donde trabaja prototipo junto con todas sus medidas excepto la de los orificios dejadas para entradas y salidas de los cables. La parte trasera del prototipo tiene un pequeño orificio cuadrado que mide 3cm de altura y 3cm de ancho, en la mitad de la superficie trasera, por donde salen los cables del Arduino y la cámara lectora de código “QR”, que se conectan a la computadora. Vale la pena destacar

que los dos de la parte superior son en donde van los LED o lámparas y los mismos miden 0.7 cm de diámetro, mientras que los de abajo son para los botones y miden 1.5 cm de diámetro. Además, en la Figura 2B se muestra de manera pictórica el prototipo de envase con código “QR” que se puede usar para controlar la cantidad de bebida dispensada.

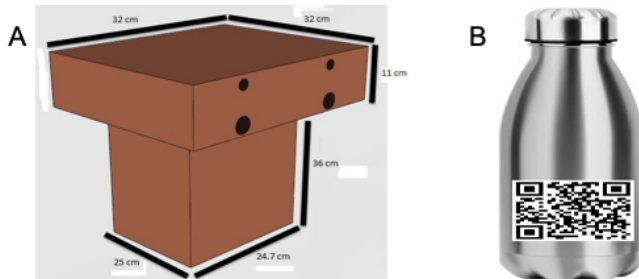


Figura 2. Estructura del prototipo..

2.2 Definición de Aspectos de Software y del Sistema Experto

En la Figura 3 se puede apreciar de forma general el funcionamiento y los procesos internos del sistema. Con este diagrama también se busca es mostrar y describir los pasos lógicos que toma el sistema experto para cumplir con su función de estimar la cantidad de producto con el cual se debe abastecer cada local. Esto según los datos almacenada en el sistema generado por la venta de cada producto.

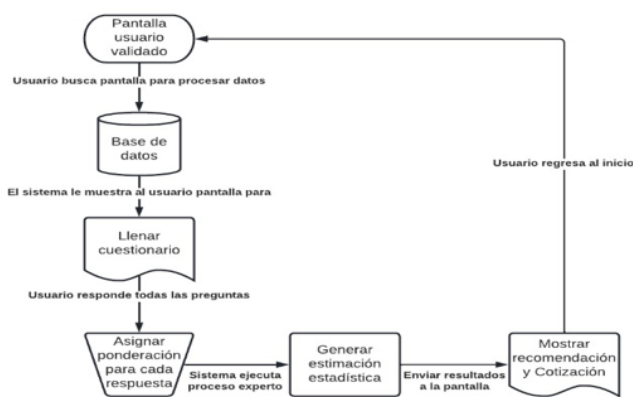


Figura 3. Descripción del funcionamiento del sistema propuesto

En la Figura 4 se muestran, mediante un diagrama UML, las opciones del usuario. Dentro de estas opciones se reconoce una ruta lógica de funcionamiento con los siguientes pasos: 1) El usuario ingresa su nombre y contraseña; 2) Si la verificación es correcta accede al menú de la aplicación donde puede seleccionar: Productos, Clientes, Proveedores, Cotizaciones, Estado; y 3) Si la verificación es incorrecta puede crear una nueva cuenta. Cabe destacar que el software en general se desarrolló 3 partes,

(pantallas con las que interactúa el usuario, base de datos y sistema experto).

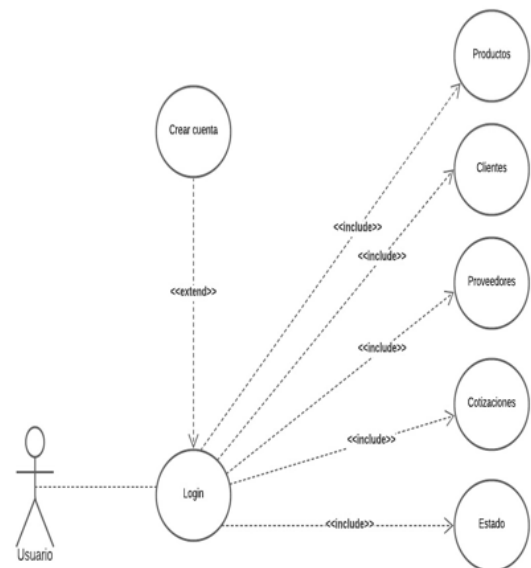


Figura 4. Diagrama UML de las posibles interacciones del usuario una vez ha pasado por el proceso de registro.

Por otra parte, en la Figura 5, se muestra un diagrama el cual representa el modelo de entidad del sistema de inicio de sesión. El diagrama entidad-relación del sistema de inicio de sesión muestran las tablas de la base de datos y las relaciones entre contraseña y usuarios. A continuación se mencionan las entidades del sistema de inicio de sesión y alado sus atributos:

- Login: Usuario, contraseña.
- Usuario: Numero usuario, Usuario, Nombre, Numero Colaborador.
- Nombre usuario: Numero usuario, Usuario, Nombre, Numero Colaborador, Contraseña.
- Contraseña: Tipo de dato, Numero en lista.

Por ultimo, para qué estos procesos arriba descritos fueran transparentes al usuario, se diseño una portada (“front-end”) amigable que se muestra a continuación en la Figura 6.

En la Figura 6A se muestra la pantalla principal que vera cualquier usuario que desee ingresar al sistema, las demás pantallas, 6B-6D, están específicamente desarrolladas de manera tal que el usuario pueda interactuar directamente con el “back-end”, ósea con la base de datos y el sistema experto, en el modo administrador.

En la Figura 7, se muestra un diseño de pantalla del Sistema experto. En específico se destaca la encuesta que se le presenta al administrador luego de la utilización del sistema de suministro de bebidas y refrescos. El único usuario que utiliza la plataforma en ese modo es el administrador encargado de la misma.

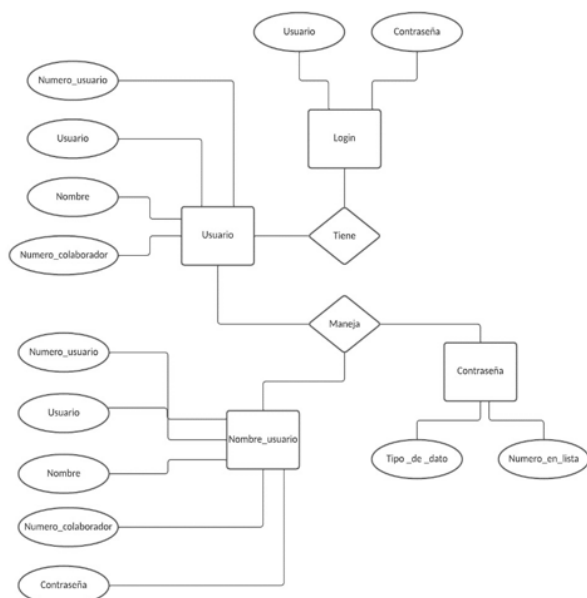


Figura 5. Diagrama que describe las entidades y acciones posibles dentro del sistema

Las pantallas se programaron de manera tal que cada una cumpliera una función específica. En cada pantalla se clasifica y separa cada conjunto de datos que conforman la información total relacionada al abastecimiento, eso incluye; validación de usuarios, información de proveedores, productos, clientes y el propio sistema experto. Esto se hizo de esa manera para ofrecerle al usuario una perspectiva clara y ordenada de lo que puede hacer con el sistema.



Figura 6. Diseño de la portada del front-end. A) Pantalla inicial, B) Pantalla para ingresar al sistema, C) Pantalla para crear una cuenta nueva, D) Pantalla con opciones disponibles en el sistema.

Los datos que se ingresan al sistema se guardan y extraen de dos (2) bases de datos diferentes. La más importante para este prototipo es la base de datos del usuario en SQL. Además de la base de datos, están los archivos (.txt) que guardan información que puede ser modificada con cada inicio de sesión, por ejemplo: proveedores, clientes o productos.

Figura 7. Pantalla del sistema experto en la opción Cotizaciones.

3. Resultados y Discusión

En la Figura 8 se muestra cómo interactúan todos los elementos electrónicos dentro del circuito. Estos elementos son exactamente los que fueron presentados anteriormente en el prototipo físico (Figuras 1 y 2) con excepción de las lámparas o diodos LED, los cuales pueden variar según se desee y aplique a las necesidades del local.

En las Figuras 9A y 9B se pudo apreciar cómo queda armado el prototipo físico con todos los elementos electrónicos que posee y de forma tal que están en el lugar que mejor se acoplan a la

estructura. En la Figura 9C, se muestran ejemplos de modelos de recipientes con código "QR", necesarios para validación y expendio de los productos

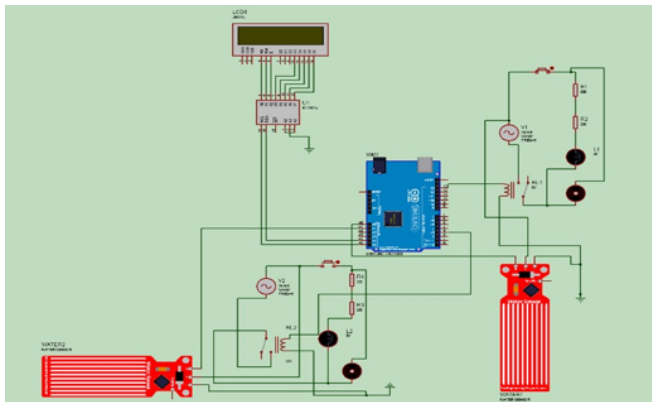


Figura 8. Diagrama del circuito



Figura 9. Estructura del prototipo

3.1 Base de datos

En la Figura 10 se presenta cómo se gestiona la base de datos desde un software especializado y que principalmente se utiliza para propósitos de acceso y registro de cuentas en el sistema. Por otra parte cabe mencionar que las demás bases de datos al ser de orden temporal se guardan en archivos de texto (.txt) que se crean y borran para que el funcionamiento sea más rápido.

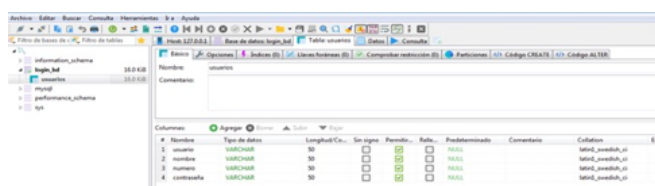


Figura 10. Estructuración de Base de Datos del Prototipo

3.2 Sistema Experto

Cada nodo se carga mediante una sumatoria de valores específicos, de tal manera que se le va añadiendo a dos variables específicas un valor que tenga concordancia con la cantidad de refresco que se están sirviendo los clientes regularmente. A manera de ejemplo, las dos variables en cuestión representan los productos (bebidas o refrescos) que vende un local regularmente. Digamos, refrescos de COLA y de KIST. Al final se reporta la suma de todos refrescos que se despachan en el local simulado.

Sistema Experto

Bienvenido Regresar

- ¿Cuántos galones se ha consumido en el día?
Coca-Cola Kist-Fresa
- ¿En qué trimestre estamos?
☒ a. Primero: Desde el 1 de enero hasta el 31 de marzo ☐ c. Tercero: Desde el 1 de julio hasta finales de septiembre
☐ b. Segundo: Desde el 1 de abril hasta finales de junio ☐ d. Cuarto: Desde el 1 de octubre hasta el 31 de diciembre
- ¿Hay alguna promoción vigente?
☒ Si ☐ No
- ¿Cuánto está vendiendo esa promoción?
☒ 50 Combos al día o menos ☐ Entre 51 y 100 combos al día
☐ Entre 101 y 200 combos al día ☐ Mas de 201 combos al día
- ¿Cuánto se ahorra el cliente?
☒ Entre 2 a 3 dólares ☐ Entre 1 a 2 dólares
☐ Menos de 1 dólar
- ¿Los precios de los combos han aumentado?
☒ Si ☐ No
- ¿Cuánto ha sido el aumento?
☒ Entre 3 a 5 dólares ☐ Entre 1 a 2 dólares
☐ Entre 2 a 3 dólares
- ¿Se está vendiendo combos agrandados?
☒ Si ☐ No
- ¿El local tiene autorapido?
☒ Si ☐ No
- ¿Horario de atención?
☒ 8 a.m. - 8 p.m. (lunes a Domingo) ☐ 8 a.m. - 8 p.m. (lunes a sábado), 7 a.m.-10 p.m (Domingos)
☐ 24/7

Calcular

Resultados en galones:

Coca-Cola

Kist-Fresa

Figura 11. Pantalla del sistema experto en ejecución

Cabe destacar que este sistema experto fue desarrollado para una demostración general, por lo tanto no se retroalimenta de resultados anteriores. Para ello sería necesario desarrollar un proceso interno o vincular el sistema experto a un software estadístico que haga este tipo de análisis con funciones de regresiones, junto con expertos del área que establecieran contantemente parámetros acordes a la realidad del momento, para ajustar la configuración del proceso de predicciones del sistema experto. En la Figura 11 se muestra a manera de ilustración la pantalla del Sistema Experto cuando esta en ejecución.

En la Figura 12 se muestra el Diseño del front-end en ejecución, mostrando el proceso administrativo de creación de nueva cuenta, productos, clientes y estado.

Mientras que en la Figura 13 se muestra el Diseño del front-end en ejecución, en la mismo se visualiza el proceso administrativo de creación de proveedor y estado.

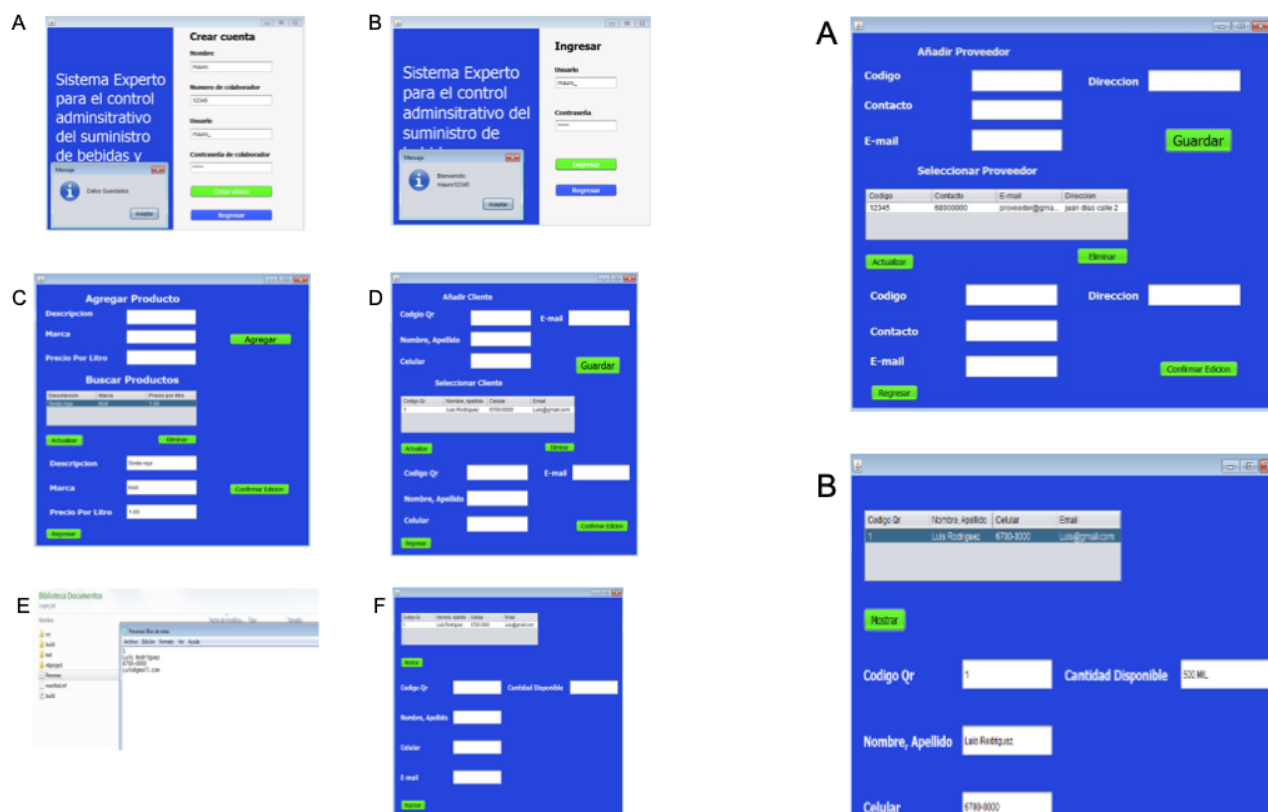


Figura 12. Pantalla del front-end en ejecución. A) Prueba creando cuenta nueva, B) Ingresando con cuenta nueva, C) Pantalla de productos, con información almacenada, D) Pantalla de clientes, con información almacenada, E) Información en formato texto (base de datos temporal), F) Pantalla de estado, con información almacenada.

4. Conclusiones

En este artículo se presentó una solución basada en un diseño de ingeniería y software para regular el abastecimiento y consumo de bebidas de refresco en los restaurantes y locales donde se tenga suministro de este tipo de productos. Cabe destacar que el prototipo desarrollado, demostró que se puede automatizar el proceso para despachar las bebidas de forma regulada, se logró registrar la información del producto a través de sensores y se simuló en el sistema experto una situación específica.

El presente artículo, al ser una aplicación práctica y de cara al usuario, da pie a mostrarse como caso de estudio y como referencia para cualquier proyecto similar dentro del contexto de la industria 4.0. El artículo describe las condiciones previas

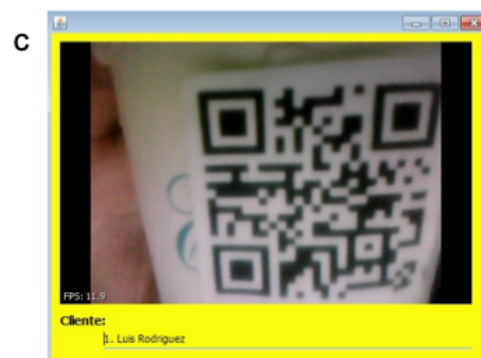


Figura 13. Pantalla del front-end en ejecución. A) Pantalla de proveedor, con información almacenada, B) Pantalla de Estado, con información almacenada y con un dato adicional, C) Pruebas de integración del software y hardware a través de lectura de código QR y reconocimiento del usuario específico

y los aspectos procedimentales que caracterizan el diseño de un banco de pruebas que para este caso resulta ser un “barman automático”, con la intención de demostrar y verificar los principios establecidos en el sistema conceptual industria 4.0.

Los resultados del proyecto muestran que en entornos comerciales se puede vincular software con hardware, logrando automatizar ventas a su vez que se registra y organiza la información por dichas ventas, permitiendo generar y analizar predicciones, de manera tal que el sistema genera beneficios tanto para clientes, como también para los administradores de las empresas y/o negocios de este tipo. Además, este proyecto refleja la utilidad en general de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 en materia de automatización de procesos.

Esta solución puede ser implementada independiente-mente de dónde se encuentren el negocio, modernizando y automatizando el proceso de suministro, haciendo que despachen los productos luego de realizar una validación a los vasos solicitantes de los productos, mediante códigos “QR”, por lo cual no sería necesario desecharlos y más bien serían reutilizables.

El sistema ciber-físico desarrollado, cumple con 3 funciones específicas: 1) calcular de forma precisa el abastecimiento de bebidas en los locales, 2) evitar despilfarro de los productos, 3) registrar datos de producción de vasos necesarios para comercialización de los productos. Junto a estos tres existe un valor agregado el cual es, contribuir en mayor medida a disminuir la contaminación del medio ambiente por residuos de esta industria.

Por otra parte, cabe destacar que este proyecto puede ser utilizado como base para desarrollar iniciativas semejantes para el control administrativo del suministro de otro tipo de productos alimentarios. Específicamente como granos, los cuales también pueden ser servidos a los clientes por el mismo método, pero en otro tipo de recipientes, de manera tal que se podría reducir aún más la contaminación por recipientes plásticos en general que es una de las metas de la industria 4.0 en agricultura y ventas.

También es importante destacar que la información suministrada por este sistema puede ser relevante tanto para empresarios como para clientes de manera que ayuda a tomar mejores decisiones a ambas partes. Por ejemplo, los clientes podrían tener mejores datos con respecto de la cantidad de producto que consumen y esta información podrían verla desde sus dispositivos móviles o computadoras a través de aplicaciones diseñadas con ese propósito e incluso vincular todos sus recipientes a una misma cuenta para llevar un mejor control.

Este sistema está desarrollado pensando en que el usuario final sea el supervisor de cada local, de manera tal que sea el quien pueda examinar toda la información estadística del consumo de bebidas que el sistema recoja y que analice las recomendaciones que el propio sistema muestra para tomar acciones en cuanto a toda la logística de las bebidas, según los datos recogidos hasta

el momento de la consulta.

Por ultimo, el proyecto también tiene un componente de sostenibilidad, ya que busca la optimización de recursos a través del despacho inteligente de bebidas. Además, ahorro de todo tipo de recipientes plásticos, de vidrio o que se usen para su consumo, ayudando a proteger el medio ambiente, uno de los beneficios postulados de la industria 4.0.

Agradecimientos

J.E.S-G. agradece el apoyo del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Panamá). Los autores agradecen el apoyo administrativo brindado por la Universidad Tecnológica de Panamá.

Referencias

- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., and Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International journal of production economics*, 229,107776.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252,119869.
- Huang, Z., Shen, Y., Li, J., Fey, M., and Brecher, C. (2021). A survey on ai-driven digital twins in industry 4.0: Smart manufacturing and advanced robotics. *Sensors*, 21(19),6340.
- Martinelli, A., Mina, A., and Moggi, M. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30(1),161–188.
- Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., and Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8,220121– 220139.

