Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Sistema de Información para la Gestión Integral de Estacionamientos de Automóviles

Information System for the Integrated Management of Car Parking

Vergara, J.A.[a], Verduzco-Ramírez, J.A.[b], Cervantes-Zambrano, F.[b], Figueroa-Millán, P.E.[b], Ruiz-Tadeo, A.C.[b]

[a] Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, Av. Tecnológico 1, La Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México.
[b] Profesor de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, Av. Tecnológico 1, La Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México.
g1846001@itcolima.edu.mx; averduzco@itcolima.edu.mx; francisco.cervantes@itcolima.edu.mx; marcela.guerrero@itcolima.edu.mx; patricia.figueroa@itcolima.edu.mx

Innovación tecnológica. Software para optimizar la gestión integral de estacionamientos para automóviles.

Área de aplicación industrial: Ciudades inteligentes, Estacionamientos vehiculares, Internet de las cosas.

Enviado: 27 noviembre 2019.
Aceptado: 16 abril 2020.

Abstract

The increasing of the number of vehicles in cities has resulted in the increasing of traffic congestion, in levels of pollution and in the shortage of available spaces to be used as parking areas; therefore, parking services have been implemented. However, the operation of these involves a set of processes that are carried out using non-automated methods and inefficient management mechanisms, making it difficult to meet the needs of drivers. Therefore, the incorporation of information technologies is necessary to optimize the management of urban parking lots, providing a higher quality service and increasing business profitability. This article describes the development of an information system to optimize the administrative processes of parking lots, allowing the user to verify the availability of spaces through an interactive map, book in advance and make payments through ubiquitous access to a portal of services. For the development of this proposal, the Agile Unified Process methodology was used. The results obtained have contributed to the automation, efficiency, and effectiveness of a parking service, providing services and benefits that increase competitiveness.

Key words: Smart parking lots, software, sensors.

Resumen

El aumento del parque vehicular en las ciudades ha tenido como repercusión incrementos en la congestión vial, en los niveles de polución y en la escasez de espacios disponibles para ser utilizados como áreas de estacionamiento; por lo cual, se han implementado servicios de estacionamiento. Sin embargo, la operación de estos involucra un conjunto de procesos que se efectúan empleando métodos no automatizados y mecanismos de gestión ineficientes, dificultando satisfacer las necesidades de los conductores. Por lo tanto, es necesario la incorporación de las tecnologías de la información para la optimización de la gestión de los estacionamientos urbanos, proporcionando un servicio de mayor calidad y el incremento de la rentabilidad del negocio. En este trabajo se describe el desarrollo de un sistema de información para optimizar los procesos administrativos de estacionamientos, permitiendo, que el usuario verifique la disponibilidad de los espacios mediante un mapa interactivo, reserve con anticipación y efectúe pagos mediante el acceso ubicuo a un portal de servicios. Para el desarrollo de esta propuesta se utilizó la metodología de Proceso Unificado Ágil. Los resultados obtenidos han contribuido en la automatización, eficiencia, y eficacia del servicio de un estacionamiento, brindando servicios y prestaciones que incrementan la competitividad.

Palabras clave: Estacionamientos inteligentes, Software y Sensores.

1. Introducción

Los vehículos se han convertido en el principal medio de transporte en todos los países, especialmente en las ciudades, debido fundamentalmente a la dependencia que el uso del vehículo privado ha creado en la población, lo cual ha creado un agravamiento de problemas como la congestión vial, la contaminación y la ocupación vehicular Naranjo *et al.*, [2019]. En las ciudades, se considera que los estacionamientos desempeñan un factor importante en el impacto social y económico del desarrollo urbano. Por lo cual, se requiere de redes de estacionamientos eficientes para mejorar el tráfico vial Kay *et al.*, [2019]. Los estacionamientos son espacios públicos o privados que los automovilistas utilizan para resguardar sus vehículos. En las ciudades existen zonas destinadas al aparcamiento y casi siempre son de propiedad pública. Pérez [2014] comenta que históricamente no se tiene una fecha exacta sobre el origen de los estacionamientos, se cree que aparecieron desde la creación del automóvil y su uso como medio de transporte particular, ya que, al existir la necesidad de resguardar el coche, se crearon recintos privados para estacionar en el día y en la noche.

Los problemas de aparcamiento se han ido incrementando; por lo que, se han incorporado zonas de estacionamientos bajo avenidas, subterráneos o sobre la superficie de plazas públicas, principalmente en el centro de las ciudades. Sin embargo, esto es insuficiente, ya que el parque vehicular está en constante crecimiento. El incremento de la demanda de este servicio implica la necesidad de contar con una mejor administración, por lo que en los últimos años se ha venido desarrollando software dedicado a este rubro, incorporando las tecnologías de información y comunicación para alcanzar una mayor eficiencia, ya que proporciona a los usuarios la capacidad para conocer, reservar espacios de estacionamiento libres a través de la web, optimizando los tiempos de búsqueda, disminuyendo el consumo de combustible, la emisión de gases contaminantes y

principalmente la congestión vial Valencia *et al.*, [2019].

Actualmente existen algunas soluciones que pretenden atacar esta problemática, en la tesis de Álvarez y Vigil [2017] elaboran un sistema que permite alquiler de espacios de estacionamiento en una forma organizada y automatizada. Sotelo *et al.*, [2018], Cuasquer *et al.*, [2016] mencionan de una propuesta similar de un diseño de un estacionamiento vertical automático que permite ubicar varios automóviles en la misma área. En la tesis de Huamán [2019] el diseña un sistema de parqueo automotor automatizado de dos niveles. León [2011], Calot *et al.*, [2017] publicaron trabajos similares que trata de usar la herramienta de Identificación por Radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) para el control y seguridad de entradas y salidas de un estacionamiento. Los autores Cárdenas *et al.*, [2015] realizaron una tesis titulada "Sistema web y multiplataforma móvil de disponibilidad de estacionamientos vehiculares" en la que describen la creación de un Sistema de Información que permita consultar en tiempo real la ubicación, disponibilidad y tarifas de los estacionamientos. Sin embargo, estas soluciones no ofrecen un servicio móvil para la disponibilidad de espacios; además, la adquisición, mantenimiento y adaptabilidad a los procesos del negocio de muchos de ellos representa una inversión monetaria importante para el propietario del estacionamiento.

Por lo tanto, en esta investigación, como propuesta de solución al problema, representado por la Figura 1, se propone un sistema de información para la gestión integral de estacionamientos de automóviles, incorporando funcionalidades que agregan valor al cliente, permitiendo el acceso ubicuo a los servicios tales como la reservación de lugar y pagos a través de distintos dispositivos móviles, sin incrementar de manera sustancial su costo de adquisición y mantenimiento por parte del propietario del estacionamiento.

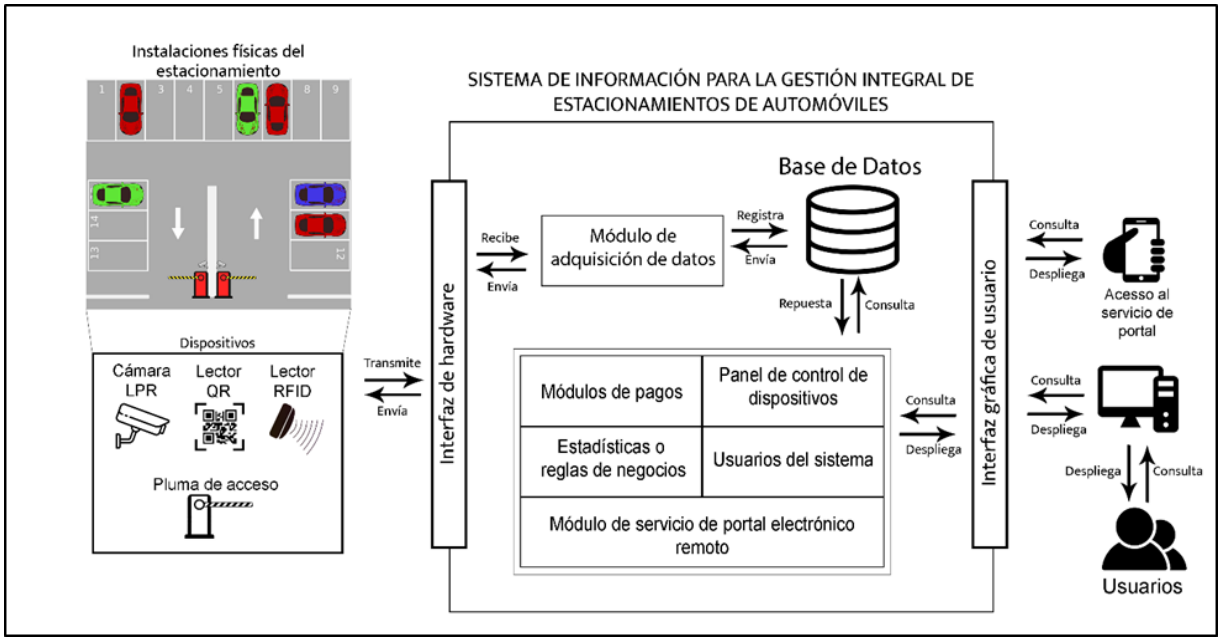


Figura 1. Propuesta de solución. Fuente: creación propia.

2. Propuesta de Solución

El sistema propuesto está conformado por cinco módulos: módulo panel de control de dispositivos, módulo de usuarios de sistema, módulo de pagos, módulo de estadísticas o reglas de negocios y módulo de servicio de portal electrónico remoto, como se ilustra en la Figura 1 y los cuales son descritos a continuación:

El módulo panel de control de dispositivos: administra los dispositivos de control de acceso y vigilancia, tales como: cámaras para el reconocimiento automático de matrículas (LPR, por sus siglas en inglés) que permiten capturar la matrícula de los vehículos que entran y salen del estacionamiento; pluma de acceso, cuya función consiste en controlar el acceso a las instalaciones del establecimiento; lector de código de respuesta rápida (QR, por sus siglas en inglés) y lector RFID, que permite leer la información del ticket físico o digital.

El módulo de usuarios del sistema: administra las actividades relacionadas con los usuarios que utilizan el sistema, tales como: registro de nuevos usuarios; administración de privilegios de usuario en el sistema; funciones de usuarios y gestión de las nóminas del personal.

El módulo de pagos: administra las tarifas, las diferentes modalidades de pago realizados por los clientes que utilizan los servicios del estacionamiento.

El módulo de estadísticas o reglas de negocios: administra los diferentes clientes del servicio, además proporciona una consola con gráficas e información relacionada a las estadísticas del uso del establecimiento.

El módulo de servicio de portal electrónico remoto: es una interfaz mediante la cual el cliente interactúa con el sistema de manera remota, utilizando una interfaz gráfica por medio de una aplicación móvil. Mediante este mecanismo, el cliente puede seleccionar o reservar un espacio en el estacionamiento, pagar el tiempo de uso del espacio, al igual solicitar un ticket o factura del cobro.

Ejemplo de escenario de uso del sistema

En un escenario de uso del servicio, el cliente tiene acceso ubicuo al sistema por medio de una aplicación Web, la cual a su vez permite al propietario del estacionamiento visualizar y realizar operaciones para registrar clientes del estacionamiento, manejar cobros, modificar tarifas de cobro, generar reportes y modificar los datos de los clientes y del personal.

3. Materiales y Equipos

Como solución a la problemática planteada, se proyectó el desarrollo de un sistema de información para la gestión integral de estacionamientos de automóviles. El cual está desarrollado usando el framework Microsoft ASP.NET Modelo-Vista-Controlador (MVC) como la parte de frontend del sistema. El cual está basado en modelo de interfaces amigable para los usuarios que interactúan con el sistema. Además, es un framework multiplataforma de código abierto y de alto rendimiento basada en la nube Microsoft [2002]. Se seleccionó por su característica de proporcionar una mayor seguridad al sistema comparado con otras alternativas. Es un conjunto de lenguajes como VB.net, C# y JScript.net. por cuestión de backend se utilizó Microsoft SQL Server como la base de datos del sistema. Esta base de datos nos proporciona una fácil creación de soluciones ante problemas con las revisiones, copias de seguridad y transferencia datos en forma sencilla entre su entorno local y la nube Microsoft [2019]. La base de datos se diseñó con los modelos obtenidos en la fase de análisis de requerimientos del sistema.

Con respecto a los dispositivos de monitoreo y control de acceso que el sistema administra, están constituidos por cámaras de reconocimiento automático de matrículas de

vehículos. Plumas de acceso que controlan entrada y salida del estacionamiento. Lector de código de respuesta rápida y lector RFID, que permite leer información del ticket físico o digital. Computadora armada con especificaciones: procesador i3, memoria ram 4gb y 120gb de disco duro.

4. Métodos Experimentales

Como lo especifica Ambler [2005], por tratarse de una metodología que se considera "en serie para lo grande" e "iterativa para lo pequeño" se optó por la utilización del Proceso Unificado Ágil (PUA) para el desarrollo de esta propuesta, basada en la metodología Rational Unified Process (RUP) [Pressman, 2010]. Según la Figura 2, la metodología PUA, trabaja en dos dimensiones: fases y flujos de trabajo. Las fases se dividen en: Iniciación, Elaboración, Construcción y Transición; cada fase trabaja con las disciplinas de Modelo de Negocio, Requerimientos, Análisis y Diseño, Implementación, Pruebas, Despliegue y de manera transversal en cada fase con la Configuración y Administración de Cambios, Gestión del Proyecto y Entorno de Producción. Cabe destacar que esta metodología es iterativa e incremental.

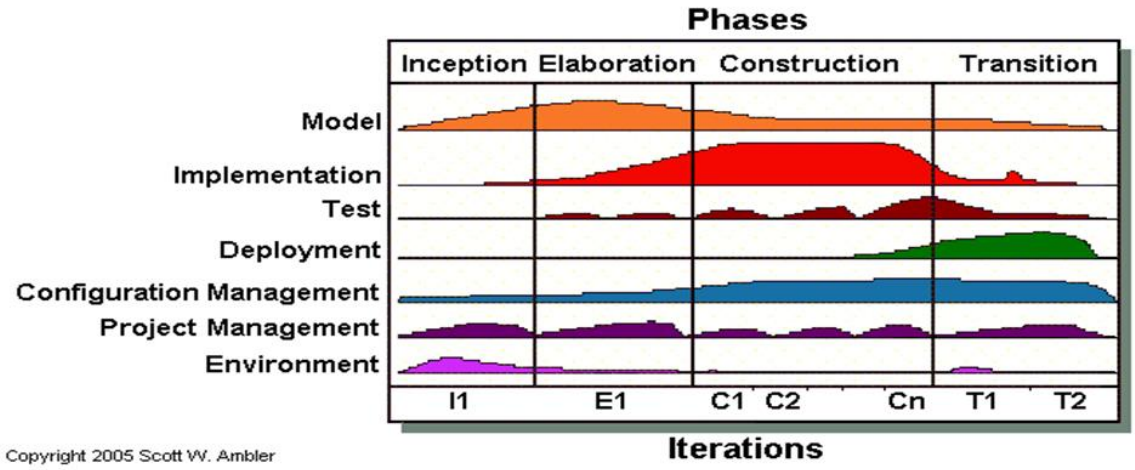


Figura 2. Metodología PUA. Fuente: Ambler [2005].

Para este proyecto se definieron seis iteraciones de tres semanas de duración cada una. Acorde a la metodología, para el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes actividades en cada fase:

- Fase iniciación
  - Se modeló el negocio para detectar el proceso que aporta valor a la empresa.

  Por medio de entrevistas se obtuvieron los requerimientos con el cliente y se observaron en sistemas similares a la que el cliente se visualizaba.
- Fase elaboración
  - Se modeló el negocio utilizando diagramas UML.
  - Se elaboró los modelos de casos de uso y requisitos.
  - Con el cliente se validó los modelos de clases, de datos e interfaces,

  utilizando la herramienta Enterprise Architect por la facilidad que la herramienta brinda en cuestión de modelar la información que se obtuvo en la frase de iniciación.

- Fase construcción
  - Con la fase de elaboración se implementaron los modelos de clases, datos e interfaces en el lenguaje de programación seleccionado de acuerdo a las funcionalidades priorizadas por el cliente.

  Para el lenguaje de desarrollo se seleccionó ASP.Net y como la base de dato se optó por SQL Server por la compatibilidad que ambos tienen. Para pruebas de los controladores se utilizó Postman cual permite realizar peticiones HTTP a cualquier API [Postman,2020].

- Fase Transición

  Las iteraciones correspondieron con la fase de construcción para poner en prueba las funcionalidades desarrolladas y posteriormente en realizar la transición a la etapa de producción.

Ingeniería de Software

Los diagramas de casos de uso Kendall [2005] describe que están formado por las acciones y reacciones del comportamiento de un sistema desde el punto de vista de un usuario, los cuales permiten definir los límites del sistema y las relaciones entre este y el entorno. En los casos de uso general del sistema se obtuvo que el actor administrador tiene acceso a todos los módulos, incluso se le permite otorgar privilegios a diferentes usuarios. Pressman [2010] menciona que el modelo de requisitos tiene como finalidad comprender el sistema y delimitar su alcance. Se obtuvieron los requisitos necesarios para que el software sea funcional. Tal como permitir la entrada de los vehículos, salida de vehículos, imprimir recibo, asignar privilegios a los usuarios, reservar un espacio y asignar lugar a los vehículos para estacionarse.

Por otro lado, según Fossati [2017], el modelo de datos determina la estructura lógica de una base de datos y de manera fundamental determina el modo de almacenar, organizar y manipularlos de manera eficiente. En el diseño del modelo de datos del proyecto, se generaron un total de 74 tablas.

Rumbaug [2005] describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones (o métodos), y las relaciones entre los objetos, en la Figura 3 se muestra el diagrama de clases del sistema con la finalidad de representar las entidades del sistema, su interrelación y propiedades.

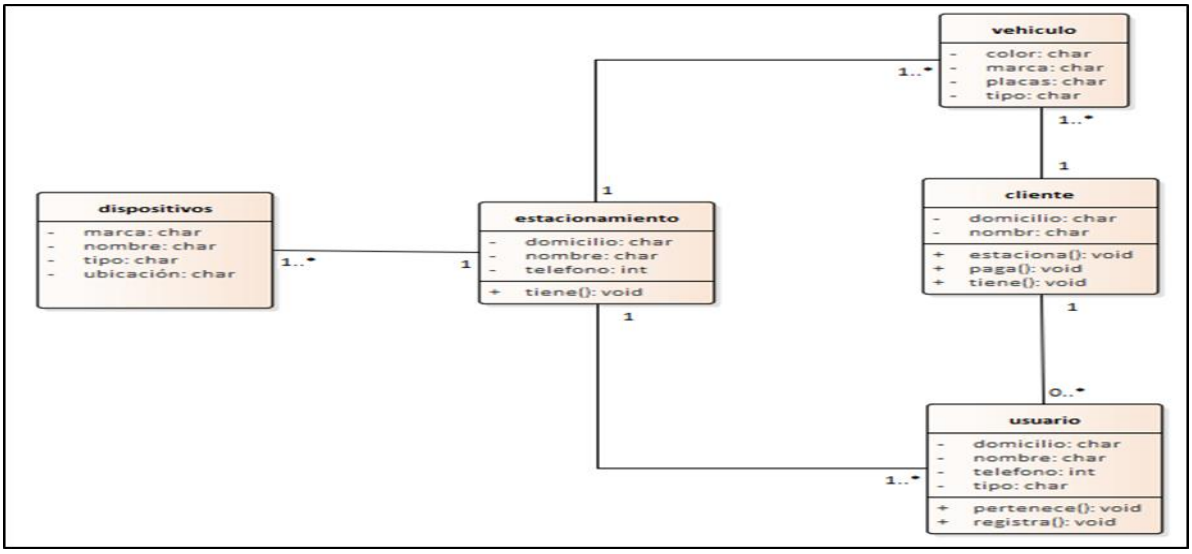


Figura 3. Modelo de clases. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 3, el modelo de clases del sistema muestra el estacionamiento como clase principal. El cual tiene una relación con las clases dispositivos, vehículo y clientes. La clase dispositivos es la que se encuentran en cada zona del estacionamiento e identifica sus funciones. La clase de vehículos pertenece a un estacionamiento en la cual el cliente se registró. Los usuarios que laboran dentro del estacionamiento y a la vez pueden ser clientes del mismo estacionamiento.

Una vez modelado el sistema, en la Figura 4 se muestra el bloque de secuencia del funcionamiento del sistema, desde que un cliente ingresa al estacionamiento hasta que sale de éste.

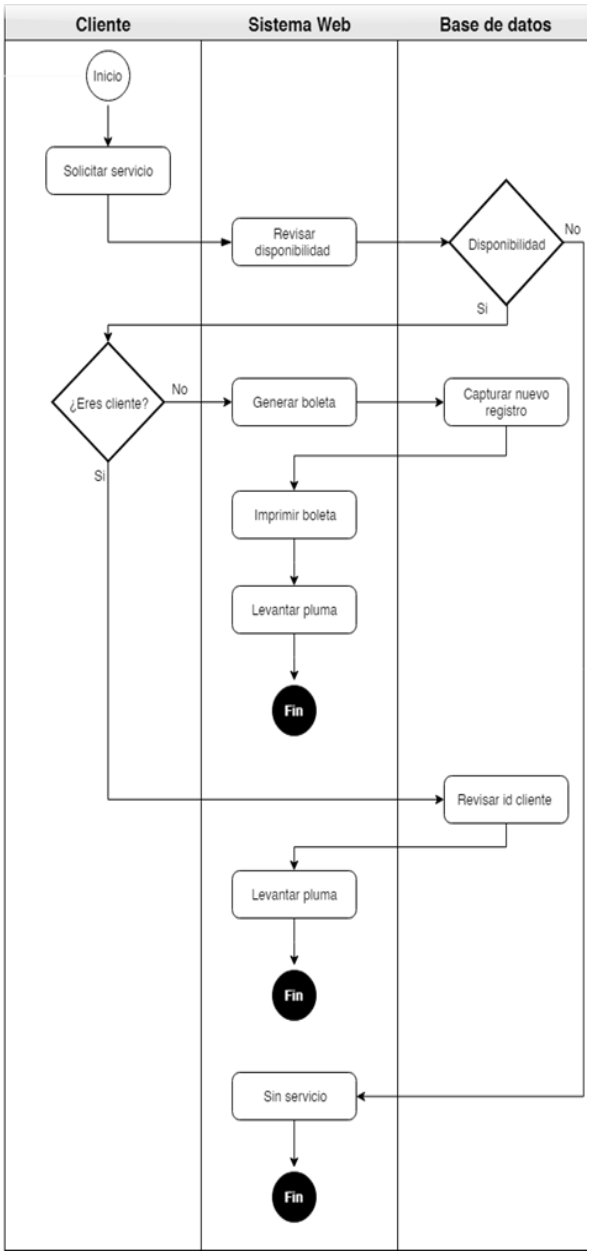


Figura 4. Modelo de secuencia entrada. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 4, el cliente inicialmente solicita un servicio, ante lo cual el sistema hace la petición correspondiente a la base de datos para verificar la disponibilidad. Si existe disponibilidad entonces verifica si ya es un cliente registrado, se revisa el número de cliente; de lo contrario, se procede a capturar un nuevo registro de entrada.

La Figura 5 muestra cómo el sistema toma la decisión de los espacios disponibles dentro del estacionamiento. De igual manera si el cliente desea seleccionar su espacio, tiene esa opción.

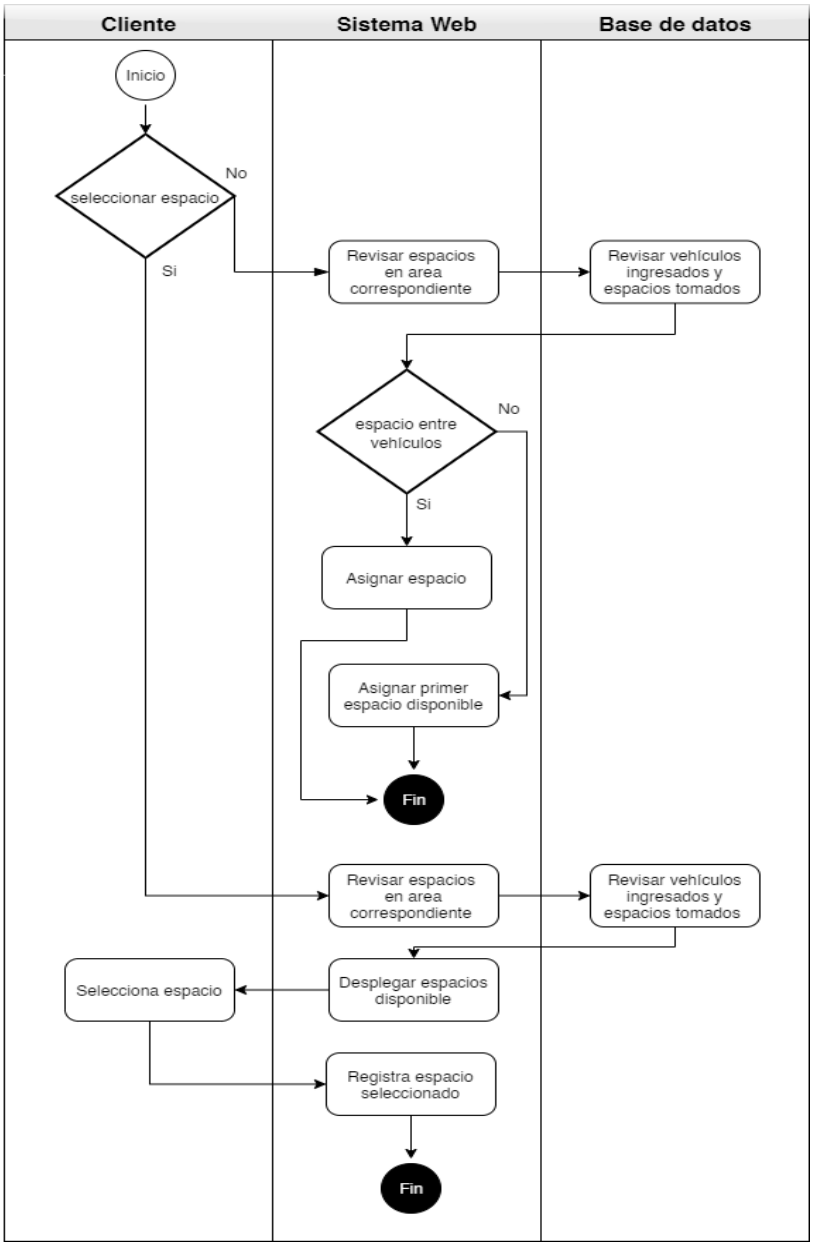


Figura 5. Modelo de secuencia de espacios disponibles. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 5, el cliente tiene la opción de seleccionar un espacio. Si el cliente selecciona la opción de elegir un espacio, el sistema revisa el mapeo del área correspondiente y despliega los espacios disponibles para que el cliente seleccione un espacio. De lo contrario el sistema consulta los espacios disponibles en la base de datos de los vehículos actualmente estacionados, obteniendo los lugares que los vehículos poseen y revisa si hay un espacio cerca de la entrada para asignarlo, en caso contrario toma el siguiente espacio disponible.

5. Discusión y resultados

La solución del sistema tiene como finalidad mejorar la atención y organizar los espacios del estacionamiento. Con base en la metodología (PUA), se desarrolló el sistema que atiende las funcionalidades definidas en

el modelo de requisitos. Atendiendo los requisitos se tiene como finalidad mejorar los procesos y calidad de atención a los clientes

Como se observa en la Tabla 1, se obtuvieron resultados de los tiempos de las actividades que se realizan en el estacionamiento de manera manual y con el sistema operando.

Tabla 1. Evaluación de impacto de la automatización de las actividades.

Actividad	Manual	Automatizado
Generar folio (vehículo, fecha y hora entrada)	12 seg.	3 seg.
Asignar espacio	No aplica	2 seg.
Generar salida (costo, fecha y hora salida)	10 seg.	3 seg.
Generar estadísticas	No aplica	5 seg.
Generar reporte de caja	80 seg.	4 seg.
Reservación por móvil	No aplica	5 seg.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la Tabla 1, el sistema automatiza en un 90 % el proceso de cada una de las actividades, ofreciendo así, mayor eficiencia que los procesos manuales. Sin contar las actividades de asignación de espacios, generación de estadística y reservación por móvil.

En la Figura 6 se muestra la interfaz que el cliente utiliza para interactuar con el sistema, en las instalaciones del estacionamiento. El cliente puede solicitar su boleto, su lugar de preferencia o si el cliente es un suscriptor, acceder directamente a las instalaciones.



Figura 6. Interfaz de ingreso. Fuente: Elaboración propia.

Al momento que un cliente procede a la salida, encontrará un portal de atención donde se escanea su boleto arrojando la fecha y hora de entrada/salida, duración y costo por la estancia, tal como se muestra en la Figura 7 de interfaz de cobro.

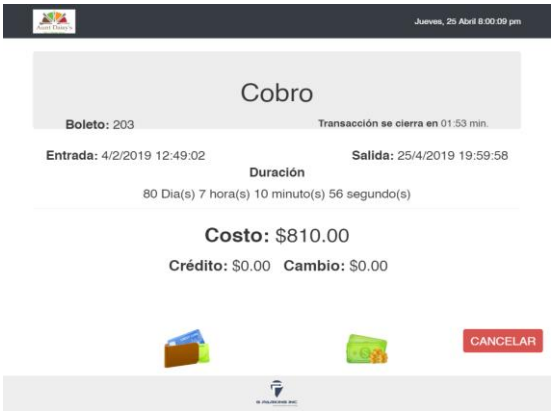


Figura 7. Interfaz de cobro. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 8 se muestra el dashboard del sistema, que es capaz de informar de forma general los movimientos en cada zona del estacionamiento. A la vez, proporciona diferentes servicios, por ejemplo, la generación de reportes y una bitácora de la operación de los equipos de monitoreo y de control de acceso, así como la información de clientes que ingresan y salen de las instalaciones del estacionamiento.

Algunas de las funciones adicionales del sistema son, como cliente contar con acceso por medio de tarjetas RFID, siendo capaz el sistema de leer las placas de los vehículos por medio de las cámaras LPR para los clientes que pagan una cuota mensual y registrar la matrícula de cada vehículo que ingresa por cuestión de seguridad.

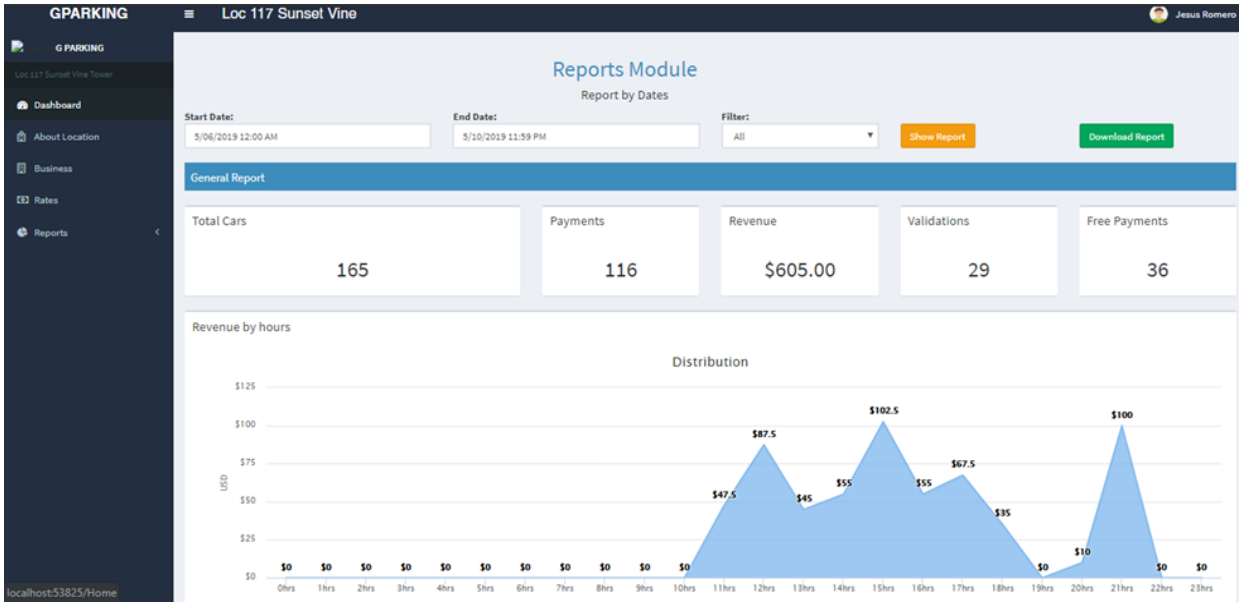


Figura 8. Interfaz de administración. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Nuestra solución presenta diferencias competitivas con respecto a Sotelo *et al.*, [2018], Cuasquer *et al.*, [2016] principalmente porque tiene un costo reducido al utilizar tecnologías de desarrollo de acceso libre y la posibilidad de acceder de forma ubicua a la información, utilizando dispositivos móviles mediante un portal Web. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad del proyecto y son una fuerte motivación para su continuación, ya que ha permitido gestionar de forma integral, hasta el momento, algunos de los procesos administrativos como la asignación eficaz de espacios, así como mejorar el servicio y atención hacia el cliente mediante la reservación de espacios, cobros automatizados gracias a la incorporación de la tecnología RFID para los clientes frecuentes, entre otros.

6. Conclusiones

En este documento se describe la primera fase en la implementación de un sistema de información destinado a la automatización integral de los procesos involucrados en la gestión de estacionamientos de automóviles. El sistema involucra novedades, tales como, el hecho de que los clientes mediante un dispositivo móvil tienen la posibilidad de reservar espacios, gestionar facturas, habilitar el envío de notificaciones, entre otras. Además, el sistema interconecta dispositivos para el control de acceso, la identificación de vehículos y cámaras para video vigilancia de las instalaciones. Con esta solución de bajo costo, los propietarios de estacionamientos vehiculares pueden contar con un sistema de información integral que optimice sus procesos haciendo su negocio más competitivo y rentable.

7. Agradecimientos

En especial al CONACYT por mantener el Programa Nacional de Posgrado de Calidad e incentivar la formación en maestrías y doctorados, mediante el programa de Becas; al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Colima por ocuparse de la formación de capital humano que brinde soluciones informáticas al sector productivo, gubernamental y de servicios en la región.

8. Referencias

1. Naranjo Silva F., Palaguachi Sumba J., Oleas Lara C., & Llamuca Llamuca J., "Estudio y propuestas para mejorar la gestión de estacionamientos vehiculares en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo", *Ciencia Digital*, n 3, 2019, pp.17-30. DOI: https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.457.

2. Kay Li Ng, Choo W. R. Chiong & Reine R., "Vehicle Recognition System using RFID Technology for Parking Management System", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol.495, n 1, 2019, DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012022.

3. Pérez Miñano M., 2014, Estudio de la gestión dinámica del estacionamiento regulado en vía pública. València, Universidad politécnica de València.

4. Valencia Vinicio R., Vera Ruth B., Cabrera Carmen M., Salazar Guerra J. & Taipe Saltos E., "Propuesta de un sistema de estacionamiento Inteligente con sensores IoT", *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, ISS. E19, 2019, pp. 553-566.

5. Álvarez Salas C. & Vigil Nuñez del Prado J., 2017, Sistema informático de gestión, control y reservas de espacios para un estacionamiento adasa.s.a.c., Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería.

6. Sotelo Martínez S., Arroyo Chávez V., Ocampo Martínez R. & García Mendoza R., "Sistema de estacionamiento vertical automático", *Revista de Ingeniería Mecánica*, vol. 2, n. 6, 2018, pp.12-19.

7. Cuasquer Mora M., Mora Urriago L., Borda Gutiérrez D. & Saavedra Amezquita L., 2016. Control y desarrollo de un parqueadero inteligente, I Congreso Científico Internacional.

8. Huamán Quito E., 2019, Diseño de sistema de parqueo automotor automático en dos niveles para resolver el problema de estacionamiento en el cc El Quinde, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería.

9. León Olivares E., "Estacionamiento Automatizado con Tecnología RFID", *Conciencia Tecnológica*, n. 42, 2011, pp.71-73.

10. Calot E., Maluf M. & Neffa M., 2017, Estacionamiento Inteligente con IoT. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Informática.

11. Cardenas B., Roxana L., & Delgado Rivera J. O., 2015, Sistema web y multiplataforma móvil de disponible de estacionamientos vehiculares, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

12. Microsoft, 2002, Disponible en: https://dotnet.microsoft.com/apps/aspnet.

13. Microsoft, 2019, Disponible en: https://www.microsoft.com/es-mx/sql-server.

14. Ambler Scott W., 2005, The Enterprise Unified Process: Extending the Rational Unified Process, Prentice Hall PTR.

15. Pressman Roger S., 2010, Ingeniería del Software un enfoque práctico, Mc Graw Hill.

16. Postman, 2020, Disponible en: https://www.postman.com.

17. Kendall Kenneth E., 2005, Análisis y diseño de sistemas, Pearson Educación.

18. Fossati M., 2017, Introducción a UML: Lenguaje para modelar objetos, Natsys.

19. Rumbaugh, J., 2005, El Lenguaje unificado de modelado: manual de referencia, Pearson Educación.