

Sistema de estacionamiento vertical automático

Automatic vertical parking system

SOTELO-MARTÍNEZ, Samuel†*, ARROYO-CHÁVEZ, Victor Ventura, OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael y GARCÍA-MENDOZA, Rufino

Universidad Tecnológica de San Juan del Río

ID 1^{er} Autor: *Samuel, Sotelo-Martínez* / CVU CONACYT ID: 684525

ID 1^{er} Coautor: *Victor Ventura, Arroyo-Chávez* / CVU CONACYT ID: 624038

ID 2^{do} Coautor: *Rafael, Ocampo-Martínez* / CVU CONACYT ID: 288191

ID 3^{er} Coautor: *Rufino, García-Mendoza* / CVU CONACYT ID: 470927

Recibido 25 Mayo, 2018; Aceptado 25 Junio, 2018

Resumen

Actualmente se encuentran en el mundo más de 1200 millones de vehículos, se requiere de un espacio de al menos 720 mil hectáreas para estacionar esta cantidad de automóviles. Es necesario plantear soluciones para la demanda de espacio de parqueo, sobre todo en algunas ciudades de Norte América y Europa donde se tienen índices de hasta 7 vehículos por cada 10 ciudadanos. El diseño de estacionamiento vertical automático es una propuesta de ámbito electromecánico, tecnológico y de control de un mecanismo que permite ubicar varios automóviles en la misma área de parqueo. La propuesta incluye un modelado mecánico, el diseño de un proceso de control con PLC y computadora que eficiente el uso de sistema motriz, incluye interfaz gráfica intuitiva de fácil operación para el usuario con una conexión inalámbrica para reducir la necesidad de cableado y un sistema de visión para incrementar la seguridad de resguardo del automóvil. Para las pruebas de funcionamiento y control se realiza un prototipo a escala del proyecto.

Sistema, Estacionamiento, Automático

Abstract

Currently more than 1200 million vehicles are circulating in the world, it requires a space of at least 720 thousand hectares to park this amount of cars. It is necessary to propose solutions for the demand of parking space, especially in some cities in North America and Europe where there are rates of up to 7 vehicles for every 10 citizens. The automatic vertical parking design is a proposal of electromechanical, technological and control system of a system that allows to locate several cars in the same parking area. The proposal includes a mechanical modeling, the design of a PLC and computer control system that efficiently uses the motive system, includes an intuitive graphic interface, easy to operate for the user with a wireless connection to reduce the need for wiring and a system of vision to increase the security of car protection. For the operation and control tests, a prototype is made at project scale.

System, Parking, Automatic

Citación: Sistema de estacionamiento vertical automático. SOTELO-MARTÍNEZ, Samuel, ARROYO-CHÁVEZ, Victor Ventura, OCAMPO-MARTÍNEZ, Rafael y GARCÍA-MENDOZA, Rufino. Revista de Ingeniería Mecánica. 2018. 2-6: 12-19.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ssotelom@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los primeros sistemas de estacionamiento automático se presentaron en la década de 1920 en Estados Unidos, seguido de Japón una década más tarde. El objetivo era optimizar el espacio disponible para el estacionamiento de automóviles con diversos tipos de estructuras para sistemas electromecánicos controlados para el movimiento de las plataformas.

Las estructuras más utilizadas para el aprovechamiento del espacio son las siguientes: (Torres Ch. 2015):

1. Elevadores multiplicadores de nivel, su principal desventaja es que para la disposición de un vehículo se requiere el desplazamiento de los demás.
2. Torre multinivel, su inconveniente es el tiempo de espera para el usuario por la disposición del sistema elevador que se encuentra en constante movimiento para la entrada y salida de autos.
3. Estacionamiento rotatorio vertical, utiliza una jaula giratoria, además de no presentar las desventajas de los dos anteriores, son de fácil instalación, aprovecha al máximo el espacio disponible y puede ser operado directamente por el dueño del vehículo.

El estacionamiento rotatorio vertical consta de una guía, cadenas, grupo tractor, cabina, plataforma por plaza y control eléctrico - electrónico de operación del elevador. Es en esta parte donde se enfoca el presente trabajo.

Un control a través de PLC programado en lenguaje escalera con comunicación inalámbrica ethernet, disposición de lógica programada diseñada para eficientar el consumo energético del sistema elevador con algoritmo que permita el mínimo movimiento del sistema motriz, fácil operación con interfaz gráfica intuitiva para el usuario y seguridad con sistema de visión.

Este sistema de control disminuye significativamente el tiempo para estacionar y recuperar el vehículo lo cual aporta al cuidado del medio ambiente

Componentes del sistema elevador automático

Estructura de estacionamiento rotatorio

Estructura basada en el movimiento rotatorio de una transmisión motriz que genere el desplazamiento de las distintas plazas disponibles para el estacionamiento de los vehículos. Este sistema mecánico automatizado, el cual gira a un ángulo perpendicular al suelo. Es impulsado por un sistema cadena – motor – cadena y se mueve de manera giratoria cada una de las seis cabinas movibles que se desplazan en una trayectoria rotatoria vertical para el aprovechamiento del espacio.

Con este modelo mecánico se pueden estacionar 6, 8, 10, 12, 14 y hasta 16 automóviles en una superficie en la que sólo se podrían estacionar 2 tradicionalmente.

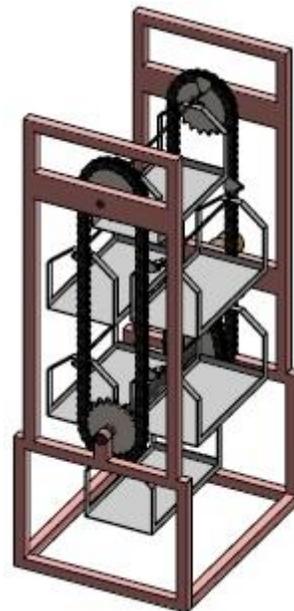


Figura 1 Mecanismo en Solid Works®

Fuente: Elaboración Propia

PLC siemens® S7-1200

Producto de la marca alemana Siemens®, diseñado para tareas de automatización sencillas pero de alta precisión. Cuyas características principales son: alta capacidad de procesamiento, cálculo de 64 bits, interfaz Ethernet, entradas analógicas y bloques de función para programación escalera.



Figura 2 PLC simatic S7-1200

Fuente: www.siemens.com

Protocolo Ethernet inalámbrico

Es una arquitectura de red de área local que presenta distintas subcategorías con base a la velocidad y medio de transmisión. A pesar de tener más de 40 años de existencia se utiliza debido a su flexibilidad y simplicidad para implementar. De uso común por su bajo costo. Comunicación inalámbrica provee los beneficios de reducir la necesidad de usar cables, proporciona una comunicación robusta y confiable.



Figura 3 Ethernet inalámbrico

Fuente: www.depositphotos.com

Interfáz gráfica con Lab View ®

LabVIEW es un programa de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a datos. Utiliza una programación gráfica que permite visualizar diferentes aspectos de una aplicación, como lo es la configuración del programa, datos de medidas y depuración. Su visualización permite integrar dispositivos y representar una lógica compleja de diagramas con algoritmos de análisis de datos con diseño de interfaces de usuario personalizadas.

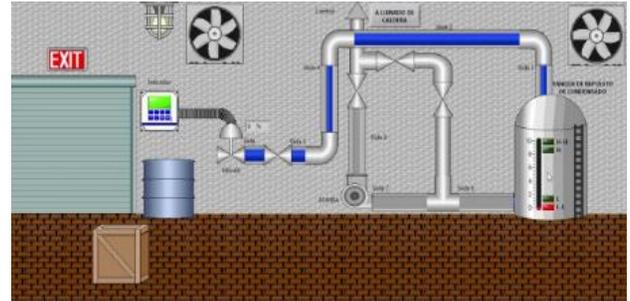


Figura 4 Sistema controlado por LabVIEW

Fuente: www.nationalinstruments.com

Sistema de visión

Es un sistema de control que utiliza como sensor las cámaras de vídeo para la interpretación de escenas del mundo real de forma automática, con presentación y análisis de características de imágenes digitales, información que posteriormente se procesará por un algoritmo almacenado en la memoria de un ordenador. Los sistemas de visión pertenecen al área de la inteligencia artificial y su uso abarca conocimientos como tratamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, gráficos por ordenador, entre otros.



Figura 5 Cámara para control

Fuente: www.imperx.com

Metodología

Se realizó un control eficiente y adecuado del estacionamiento vertical automatizado en base al funcionamiento. En la siguiente imagen se presenta en forma de diagrama de flujo:

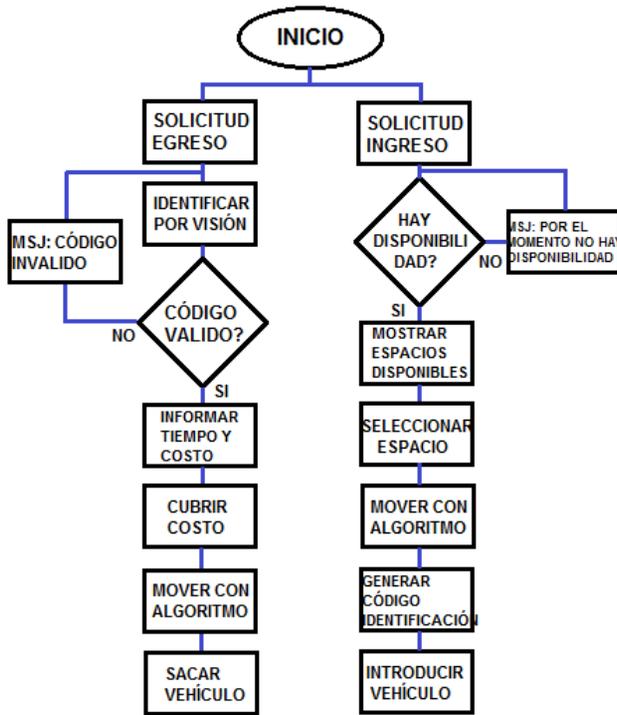


Figura 6 Diagrama de flujo de función
Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento para el uso del sistema es intuitivo. Para el diseño de control del estacionamiento vertical automático se siguió la metodología de proyecto:

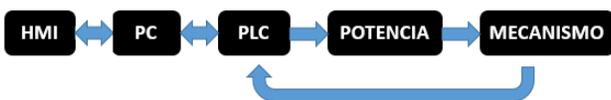


Figura 7 Metodología del proyecto
Fuente: Elaboración Propia

Etapa de enlace con el usuario

Para generar una interacción amigable con el usuario se dispuso de un panel frontal de control a partir del cual el usuario puede realizar cualquiera de las siguientes operaciones:

- Solicitar ingreso del vehículo.
- Verificar disponibilidad de espacios.
- Seleccionar espacio.
- Validar su identificación con sistema de visión.
- Solicitar egreso del vehículo.
- Informarse de tiempo de parqueo.

- Generar, en su caso, la cantidad a pagar.

Se diseñó un enlace gráfico desde el cual se pueda acceder a cada una de las funciones operativas del estacionamiento vertical automático.

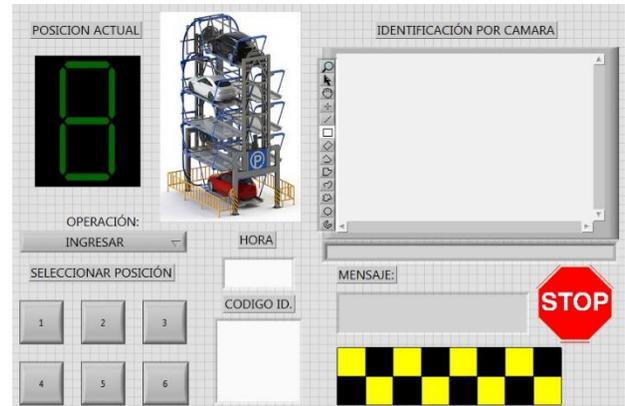


Figura 8 Panel frontal
Fuente: Elaboración Propia

Para el sistema de visión se utiliza una cámara de video para capturar de forma continua e identificar el patrón de imagen que identifique al usuario y la plaza de resguardo del vehículo. Con lectura de códigos o detección por segmentación de rasgos físicos.

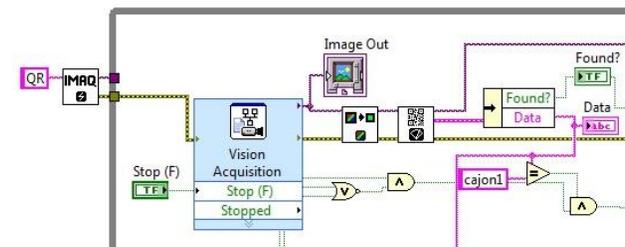


Figura 9 Programa de sistema de visión
Fuente: Elaboración Propia

Etapa de control PC – PLC

Para la vinculación entre PC y PLC se utilizó un servidor modelo OPC a través del cual, con variables globales compartidas se puede monitorear, leer, actualizar, modificar, transferir y compartir datos entre el ordenador y el controlador.

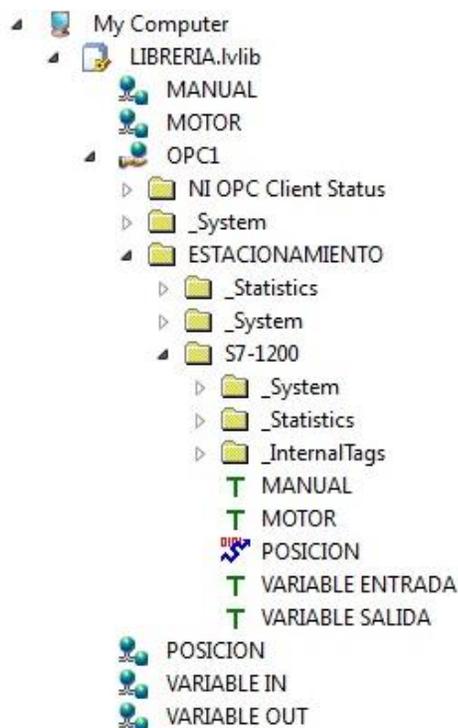


Figura 10 Variables compartidas OPC

Fuente: *Elaboración Propia*

La comunicación entre PC y PLC para el control del estacionamiento vertical automático se realizó de manera inalámbrica, con el protocolo de red inalámbrica, a través de la tarjeta inalámbrica y un router con disposición para comunicación inalámbrica.

La razón para el uso de comunicación inalámbrica es principalmente la menor utilización posible de cables de conducción de señales de control y potencia, el protocolo de comunicación Ethernet inalámbrico es confiable para la transferencia de datos de control utilizado en la industria.

En la configuración se tiene que asignar una dirección IP a la PC y otra dirección de la misma subred al PLC.

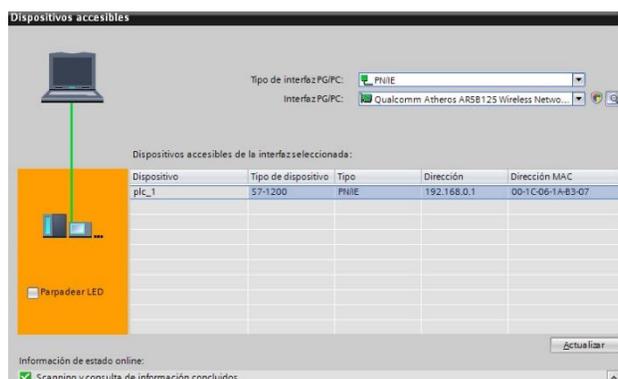


Figura 11 Conexión inalámbrica de PLC

Fuente: *Elaboración Propia*

Al tener dos elementos que pueden ser utilizados para el control del estacionamiento vertical automático y con variables globales compartidas entre ambos elementos, el sistema puede ser controlado directamente desde el PLC o desde la PC o incluso el control puede ser repartido PC – PLC.

Para este proyecto el control del motor que produce el movimiento de las plazas, los indicadores para el usuario y los sensores de posicionamiento del estacionamiento vertical automático se hace con el PLC, lo anterior conectando las entradas y salidas digitales correspondientes.

A continuación, la imagen de la programación del PLC en lenguaje escalera.

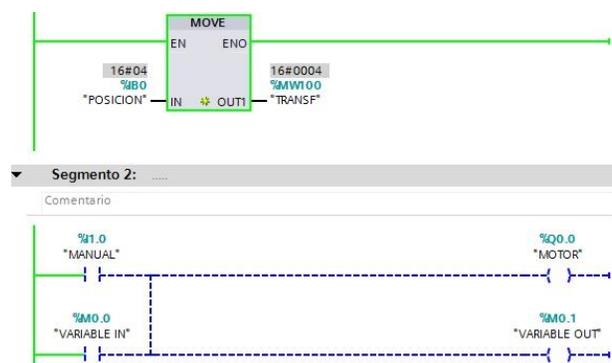


Figura 12 Programa para PLC

Fuente: *Elaboración Propia*

En la programación en el PLC se tiene un algoritmo que permite direccionar de manera eficiente el desplazamiento rotatorio del estacionamiento vertical automático, es decir controlar el giro del motor que permita la localización más rápida y el menor uso del motor para la disposición de la plaza de estacionamiento requerida.

$$| Pa - Pr | - (Np / 2) = Sg \quad (1)$$

Donde:

Pa = Posición actual.

Pr = Posición Requerida.

Np = Número de plazas.

Sg = Sentido de giro.

Sg = + (sentido horario)

Sg = - (sentido antihorario)

Para la interfás gráfica con el usuario se utilizó un diagrama de bloques para la programación de las funciones que dispondrá el cliente desde un panel frontal de control, éste control se realiza en la PC.

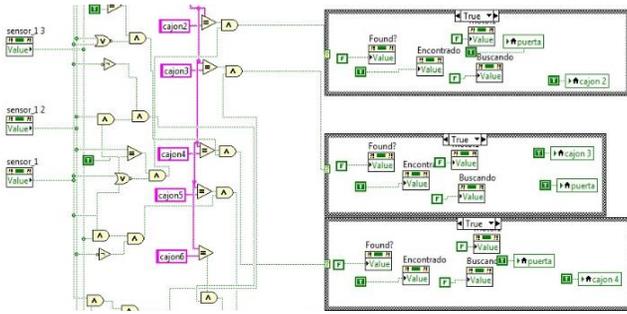


Figura 13 Programa para PC
Fuente: Elaboración Propia

El sistema de visión se controla también desde la computadora, se requiere la instalación de un controlador que habilita las funciones de visión por computadora en el software Labview®, el asistente permite la configuración de la cámara disponible para ser utilizada, el modo de captura y el algoritmo de identificación de código de acceso o egreso de vehículos.

Una función importante en un sistema de estacionamiento es la medición del tiempo de parqueo para obtener la cantidad a pagar por el servicio, se utilizó un algoritmo para la medición del tiempo, a partir del momento de ingreso, este algoritmo permite contabilizar la cantidad de horas, minutos e incluso la cantidad de segundos durante los cuales el vehículo ocupó una plaza del estacionamiento vertical automático. El costo total a pagar por el estacionamiento para el usuario será la multiplicación del tiempo determinado por la tarifa que se desee aplicar.

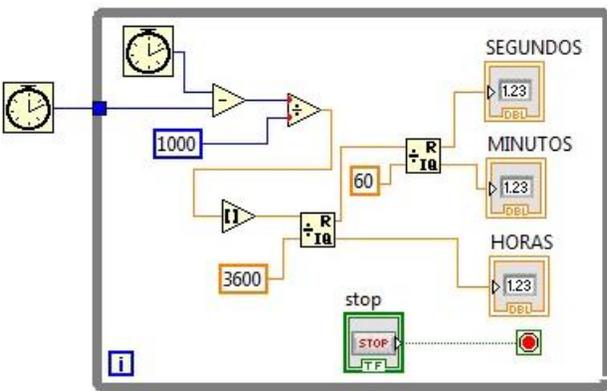


Figura 14 Algoritmo de tiempo
Fuente: Elaboración Propia

Etapa de potencia

Para el control de motor se utilizan dos salidas del PLC, con ello se logra invertir el sentido de giro de motor.

El prototipo utiliza un motor de corriente continua con un sistema de engranaje para incrementar la potencia del motor, sin embargo, con estas mismas dos salidas se puede controlar un motor de corriente alterna a través de variador de frecuencia o también un motor de inducción trifásico a través de contactores.

Adicionalmente el sistema de estacionamiento vertical automático cuenta con dos indicadores luminosos para indicar al usuario el momento en el que puede acceder o sacar el vehículo.

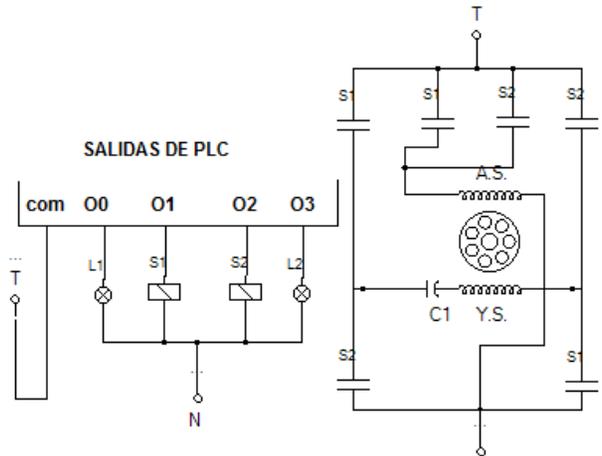


Figura 15 Diagrama de potencia
Fuente: Elaboración Propia

En la base del estacionamiento vertical automático se cuenta con sensores que identifican cada una de las plazas disponibles, las señales de estos sensores llegan directamente a las entradas del PLC para que el sistema de control tenga la ubicación y posicionamiento en cada momento del estacionamiento.

Resultados

En las pruebas realizadas con el prototipo a escala del estacionamiento vertical automático, específicamente en la parte de control se tuvieron los siguientes resultados:

Funcionamiento: La operatividad del proyecto permite una utilización de manera intuitiva, se logra el ingreso y egreso de vehículos eficientemente, con un retraso de 1 a 5 segundos para el procesamiento de la solicitud e identificación del usuario.

El movimiento de la transmisión motriz tiene una velocidad baja de 8 rpm lo cual es adecuado para evitar movimientos bruscos en las plazas del estacionamiento y evitar algún accidente, el tiempo de posicionamiento entre plazas consecutivas es de 5 segundos, esto permite un posicionamiento delicado para el cuidado de la unidad y reduce un momento de inercia para que los sensores identifiquen correctamente la posición del estacionamiento.



Figura 16 Foto de mecanismo prototipo
Fuente: Elaboración Propia

Comunicación inalámbrica: Entre PC y PLC red Ethernet inalámbrica se alcanzó una distancia aproximada de 18 metros con un concentrador inalámbrico doméstico para red (ADSL2), fuera de este alcance se pierde la comunicación, el estacionamiento vertical automático queda sin control.

Sistema de visión: Para la identificación con sistema de visión se requiere que el código o imagen a identificar esté en el área correspondiente asignada frente a la cámara, las mejores lecturas procesadas se lograron a 40 centímetros de la cámara y a un ángulo de desviación no mayor a 15 grados al frente y centro de la cámara.



Figura 17 Panel de control activo
Fuente: Elaboración Propia

Algoritmo de posicionamiento: El control que se logró para el giro del motor permitió reducir el uso del motor hasta un 50%, esto en base a la posición del estacionamiento y la plaza solicitada por el usuario, la reducción del 50% en la utilización del motor, se verá reflejado en menor consumo eléctrico, teniendo en cuenta los picos de corriente que se generan al arranque del motor, a su vez también se reducirá el desgaste mecánico propio del movimiento del mecanismo.

Conclusiones

El presente trabajo validó el control de un estacionamiento vertical automático, de forma eficiente, funcional y amigable para el usuario, éste proyecto, implementado adecuadamente, el sistema de control está diseñado para mantener función de manera autónoma sin necesidad de requerir un operador para el estacionamiento vertical.

Para la implementación de un control con una estructura para automóviles reales se requiere obligatoriamente hacer uso de sistemas de seguridad como frenos de emergencia mecánicos y dinámicos comunes en los elevadores para evitar accidente por movimiento no controlado de sistema motriz provocado por el peso de carga de la estructura con vehículos al interior.

La identificación con el sistema de visión puede mejorar el tiempo de respuesta con un procesador de imagen más potente, y una cámara especial para identificación de patrones. En Relación a la comunicación inalámbrica a pesar de resultar confiable, si se desea incrementar el rango de alcance se puede recurrir a un router inalámbrico de mayor alcance.

Referencias

Álvarez S. M. & Loaiza N. P. (2013). Diseño y simulación de un parqueadero vertical automatizado con capacidad para ocho vehículos. (pp. 1, 2, 70 - 75).

Kareyan T. (2017). Diseño y cálculo de un estacionamiento vertical. ETSEIB

Lajara J. R. & Palagré J. (2018). LabView – Entorno gráfico de programación. Ed. Alfaomega-marcombo.

Miravete A. & Larrodé E. (2007). Elevadores: principios e innovaciones. Ed. Reverté. Barcelona.

Prudente F. (2014) PLC S7-1200. Teoría y aplicaciones. Ed. LTC.

Torres Ch. M. & Nicolalde G. D. (2015). Diseño, simulación y automatización de un sistema multiplicador de aparcamiento de automóviles. Universidad de las fuerzas armadas. (pp. 1, 2.). Ecuador.