

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Prototipo de almacenamiento vertical de vehículos controlado por microcontrolador para uso en parqueaderos públicos.

Julián Palacio Restrepo

Tecnología en electrónica

Director(es) del trabajo de grado

Juan Guillermo Mejía Arango

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2015

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Se realizó un diseño e implementación de un prototipo para almacenamiento vertical de vehículos que permitirá aumentar la capacidad de los parqueaderos en las instalaciones del ITM.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende presentar alternativas que contribuyan a resolver la problemática de congestión de vehículos en los parqueaderos de la institución debido a la alta demanda que estos vienen registrando en los últimos años.

Para la implementación del prototipo se utilizó una estructura física metálica la cual lleva un sistema de bandejas en las cuales van los autos y a su vez van encadenadas a un eje que realiza el procedimiento de rotación de la plataforma de una forma práctica y eficiente, utilizando un sistema de rueda dentada como las cadenas de una bicicleta.

El problema se resolvió después del estudio del estado del arte con respecto a los sistemas de almacenamiento vertical, luego se realizó el diseño e implementación del prototipo del parqueadero vertical y se le hace la adecuación para el sistema de control electrónico por medio de microcontrolador. Por último se realizó la verificación del funcionamiento del sistema.

Palabras clave: Almacenamiento vehicular, automatización, control, parqueadero vertical.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos:

Al ITM especialmente al departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, el cual mediante sus calificados docentes en las áreas de electrónica, me brindó el conocimiento necesario en los diferentes campos para realizar este proyecto.

Agradezco de manera muy especial al profesor Juan Guillermo Mejía, tutor de mi proyecto, por la revisión y verificación que realizó durante el año, guiándome en cada una de las etapas de la presentación de propuesta, puesta en marcha de todo el sistema, y presentación del proyecto de grado.

De mayor importancia a Dios y a mi madre que a pesar que en varias ocasiones pensé en desistir, siempre me dio la energía necesaria para continuar y finalizar el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN
2.	MARCO TEÓRICO.....
3.	METODOLOGÍA
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO
	REFERENCIAS

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Se identificó una problemática en el sistema de parqueo de vehículos en el ITM, el proyecto se justifica debido al excesivo tiempo en el proceso de parqueo y a la imposibilidad de parquear en muchas ocasiones por no haber espacio disponible. El desarrollo de este proyecto puede beneficiar a todos los estudiantes de la institución, profesores y demás funcionarios que tengan vehículos, también la institución podrá realizar una optimización del espacio físico y así aprovecharlo de la mejor manera, tendría un impacto social ya que los vecinos de la institución no tendrían vehículos a las afueras de sus casas y así pueden transitar de forma más fluida.

El problema tiende a aumentar de una manera progresiva debido al aumento de estudiantes y a la facilidad de adquisición vehículos en la ciudad. Este aumento de la demanda de vehículos tiende a afectar la movilidad y el servicio de parqueo dentro de la institución.

OBJETIVOS

Objetivo Principal:

Implementar un prototipo de almacenamiento vertical de vehículos controlado por microcontrolador para uso en parqueaderos públicos.

Objetivos específicos

- Diseño del prototipo físico de parqueadero de vehículos tipo vertical
- Implementar el prototipo físico de parqueadero de vehículos tipo vertical

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Implementar un sistema de control por medio de microcontrolador para el parqueadero tipo vertical
- Verificar el correcto funcionamiento del prototipo desarrollado

Se planteó el diseño e implementación de un prototipo para almacenamiento vertical de vehículos que permita aumentar la capacidad de los parqueaderos en las instalaciones del ITM.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende presentar alternativas que contribuyan a resolver la problemática de congestión de vehículos en los parqueaderos de la institución debido a la alta demanda que estos vienen registrando en los últimos años.

Para la implementación del prototipo se va a utilizar una estructura física metálica la cual lleva un sistema de bandejas en las cuales van los autos y a su vez van encadenadas a un eje que realiza el procedimiento de rotación de la plataforma de una forma práctica y eficiente, utilizando un sistema de rueda dentada como las cadenas de una bicicleta.

Como metodología se comienza por un estudio del estado del arte con respecto a los sistemas de almacenamiento vertical, luego se realiza el diseño e implementación del prototipo del parqueadero vertical y se le hace la adecuación para el sistema de control electrónico por medio de microcontrolador. Por último se realizará la verificación del funcionamiento del sistema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

En Alemania específicamente en la ciudad de Wolfsburg se encuentra localizado el parque de atracciones Autostadt el cual cuenta con toda una arquitectura moderna de gran tecnología contando con dos torres circulares de estacionamientos verticales que son totalmente automáticas, Ver figura 1.

Estas dos torres verticales de almacenamiento vehicular del parque Autostadt, tienen una gran ventaja en especial respecto al terreno físico utilizado en parqueaderos convencionales, ya que son dos torres verticales descritas como majestuosas con acabados perfectos y físicamente muy estética, miden aproximadamente unos 48.77 metros de altura, cada torre tiene 20 pisos y pueden almacenar más de 400 automóviles. Los elevadores internos están bien programados para llevar cada auto y ubicarlos en un cubículo específico.

Este tipo de almacenamiento vehicular es mucho más eficiente que los parqueaderos convencionales, pero inicialmente es mucho más costoso por la tecnología y el equipo que se requiere, pero es bastante viable en lugares donde el espacio físico es muy limitado o donde se necesita aumentar la población de almacenaje de vehículos. (Chaparro, 2008).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 1: Parque de atracciones Autostadt, Wolfsburg Alemania (Autostadt, 2015)

En España existe una importante empresa especializada en parqueaderos automatizados llamada Multiparking Iberia, ya cuenta con más de 10 años de experiencia en el mercado y tiene un objetivo muy claro que es la multiplicación de espacio para mejorar la movilidad, tiene diversos sistemas que aumentan el número de automóviles estacionados en un espacio reducido.

Multiparking Iberia plantea no solo parqueaderos automatizados sino que también le apuesta al medio ambiente ya que mientras el vehículo este menos tiempo encendido, menos emisiones de CO_2 emite y evita que las personas tengan preocupaciones y estrés por buscar un lugar para parquear, ver figura 2. (Iberia, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 2: fMasterVario F2 elevador de transporte horizontal, Multiparking Iberia, España (Iberia, 2015)

En el sector de parqueaderos automatizados una de las empresas más importantes a nivel mundial es la empresa Estadounidense Robotic Parking Systems, fundada en 1994 fue pionera en desarrollar una gran capacidad en el almacenamiento vehicular, ya que en los proyectos realizados optimizaron el espacio de una manera tan considerable que se creó un lugar importante para el desarrollo y la comunidad, beneficiándose de ventajas ambientales.

Esta compañía fabrica cada una de las piezas de los parqueaderos comenzando desde su materia prima, para mantener sus estándares de calidad a un alto nivel, ver figura 3. (Systems, 2013)

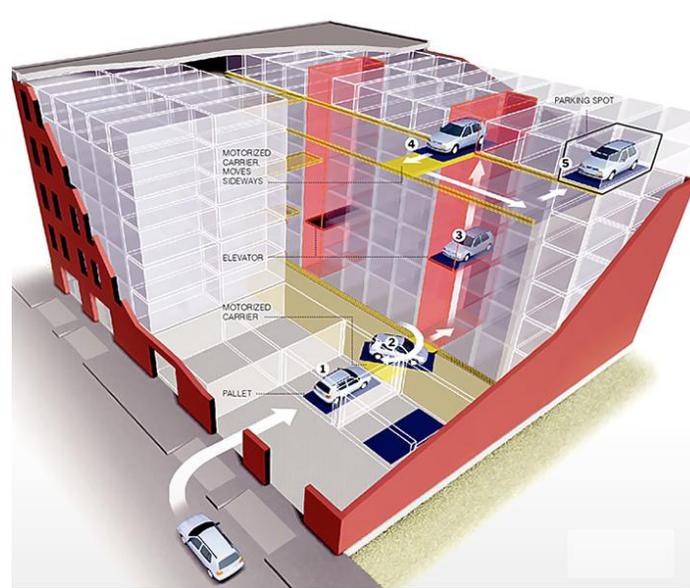


Figura 3: Gran parqueadero automatizado, Robotic Parking Systems. (Systems, 2013)

Para la implementación del proyecto se plantea una estructura metálica ya que es un material fácil de adquirir y le da la resistencia requerida en el prototipo del proyecto. (Industrias AGR, 2010)

Para realizar el montaje físico se toma como referencia material encontrado en la página WEB, por ejemplo en la figura 4 se muestra una estructura utilizada en varias ciudades coreanas y alemanas para solucionar problemas de hacinamiento. (Dysmart, 2009)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 4: Parquadero automatizado (Dysmart, 2009)

En el mecanismo propuesto para almacenamiento vertical de vehículos, las partes que lo conforman son: la estructura metálica ya que físicamente soporta todo el peso de los vehículos y va en la parte de adelante y de atrás, luego se realiza el montaje de los ejes con la rueda dentada, la cadena y el motor, cuando estén acoplados, se instalan las bandejas donde van a estar los vehículos, y finalmente se implementa un control del sistema con el microcontrolador y un panel para la distribución y almacenamiento de los vehículos.

El control del sistema se realizará con microcontroladores ya que se facilita el trabajo, los elementos son más fáciles de adquirir, se puede trabajar desde el hogar y se hace un uso más eficiente del tiempo en la universidad.

Como compilador del lenguaje C se utilizará el Arduino cuyas placas son pequeños ordenadores con los que se puede leer información de diferentes sensores

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las partes principales que deben ser incorporadas en una estructura similar a la mostrada en figura 4 para el almacenamiento vehicular son:

1. Sistema de engranaje con cadenas el cual está conformado con dos ruedas dentadas de ejes paralelos, las cuales realizan movimientos al mismo tiempo gracias a una cadena engranada en ambas ruedas. Ver figura 5 y 6. (drogue, 2014)

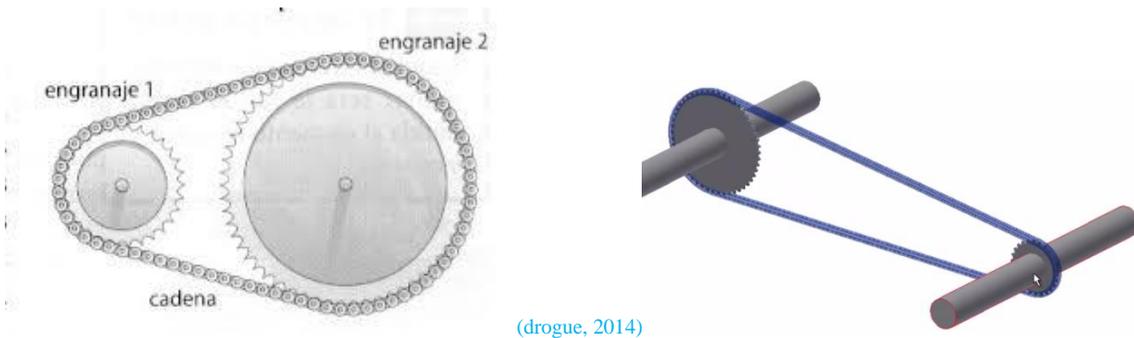


Figura 5: Sistema de engranaje típico para el accionamiento de las bandejas Fuente (drogue, 2014)

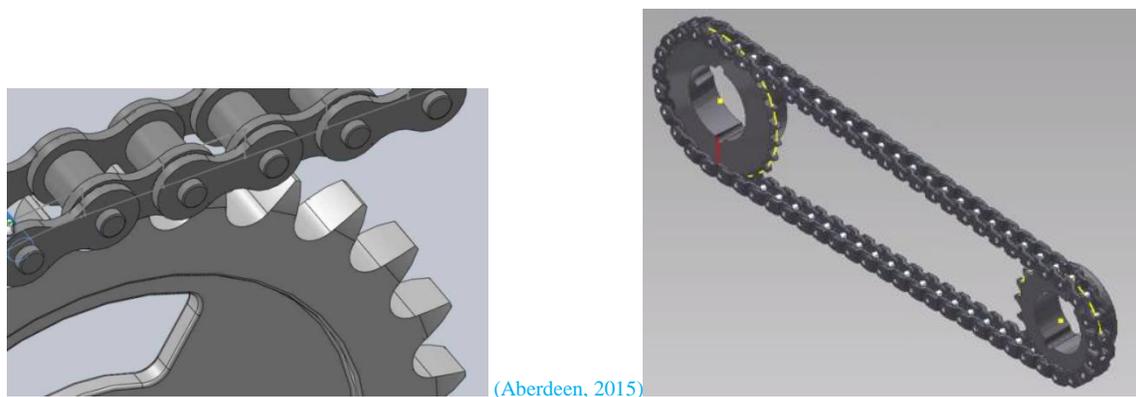


Figura 6: Sistema de cadena con el engranaje (Aberdeen, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Los motores son dispositivos que transforman energía eléctrica en energía mecánica, y en este caso es el encargado de darle movimiento a todo el sistema de engranaje.

Se tiene planeado instalar un motor paso a paso ya que es un dispositivo electromecánico encargado de convertir impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, esto quiere decir que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control, dicho motor se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser administrado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Utilizar Este motor presenta múltiples ventajas de tener alta precisión y de una forma repetitiva en cuanto al posicionamiento, se destacan por ser muy precisos. Ver figura 7



Figura 7: Motor paso a paso que va conectado al engranaje (Wikipedia, 2015)

En este proyecto se empleará para controlar el funcionamiento del almacenamiento vertical de vehículos, debido a su reducido tamaño es muy fácil adaptarlo a la estructura. La programación se realizará con arduino el cual es una placa con un microcontrolador y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

su marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB por medio de este puerto se logra programar el microcontrolador desde cualquier PC, este arduino tiene 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y se pueden conectar a cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V Ver figura 8.



Figura 8: Microcontrolador, para organización de vehículos. (Santamaria, 2012)

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología y el procedimiento que se utilizó para el desarrollo del proyecto en cada una de sus etapas.

A partir de la búsqueda de información para determinar el estado del arte con respecto a los sistemas de almacenamiento vertical en el mundo; en esta etapa estructural componen el esqueleto del sistema muy necesarias para establecer ubicación y manejo de los espacios del proyecto, se realiza el diseño de un parqueadero vertical que incorpore la articulación de los ejes giratorios con un motor, cadenas, engranes y accionamientos eléctricos. Luego se realizará la implementación física del prototipo que incluya dos celdas de carros para almacenar 8 vehículos.

La etapa mecánica comprende la implementación física de un motor que se ajuste a los requerimientos de la estructura y realizar el acoplamiento necesario que permita un óptimo rendimiento.

En la etapa electrónica se implementa un circuito electrónico con microcontrolador que permita controlar los elementos mecánicos y lleve a cabo las funciones necesarias para el prototipo.

Por último se hizo las verificaciones de la operación de todo el sistema de almacenamiento vertical en el prototipo y se harán recomendaciones para un escalado a un sistema de tamaño comercial.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

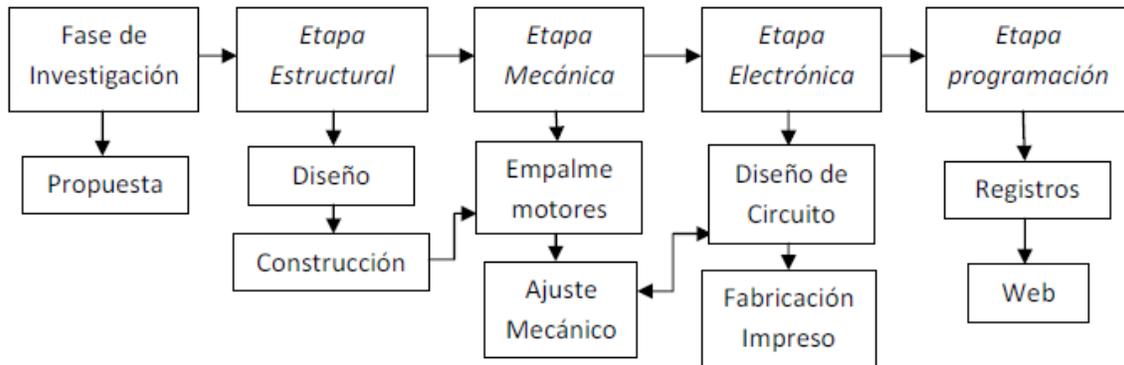


Diagrama de bloques desarrollo del proyecto

Figura 9: Diagrama de bloques de desarrollo del Proyecto (elaboración propia)

RESULTADOS OBTENIDOS

Diseño

Se requirió diseñar e implementar un prototipo a escala y para esto se debe elegir un material y un diseño que se ajuste a los requerimientos del peso, movilidad y velocidad para todas las piezas que se van a acoplar. Encajando todas las piezas se da paso al prototipo el cual está diseñado de la siguiente manera para su presentación final. Ver figura 10.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

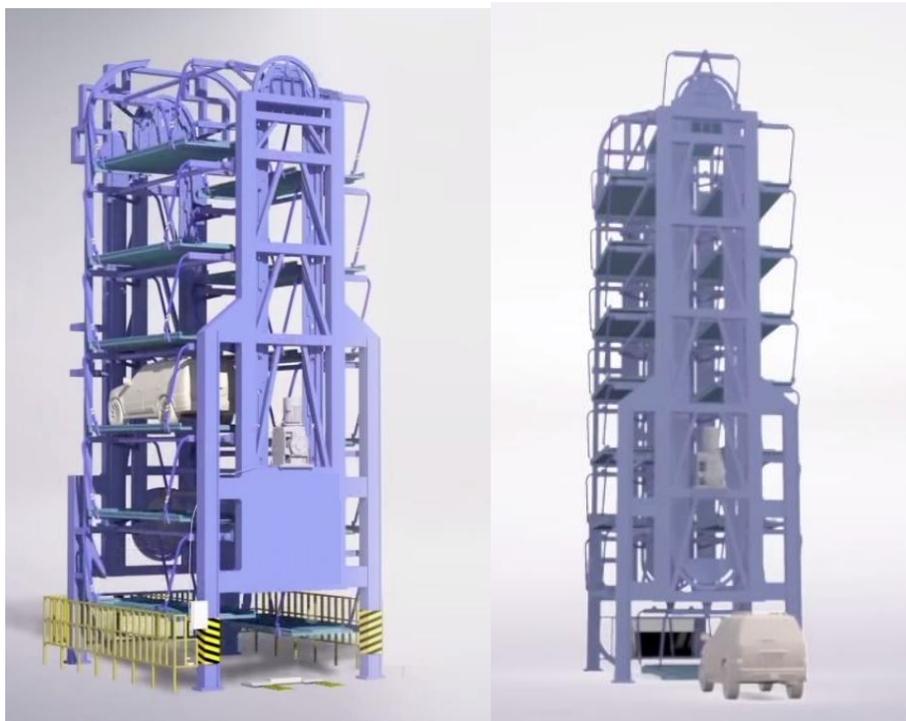


Figura 10: Prototipo planteado (elaboración propia)

Se llega a la conclusión de realizar una estructura de hierro ya que por sus componentes rígidos soporta el peso de todas las piezas que conforman el prototipo. Ver figura 11

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

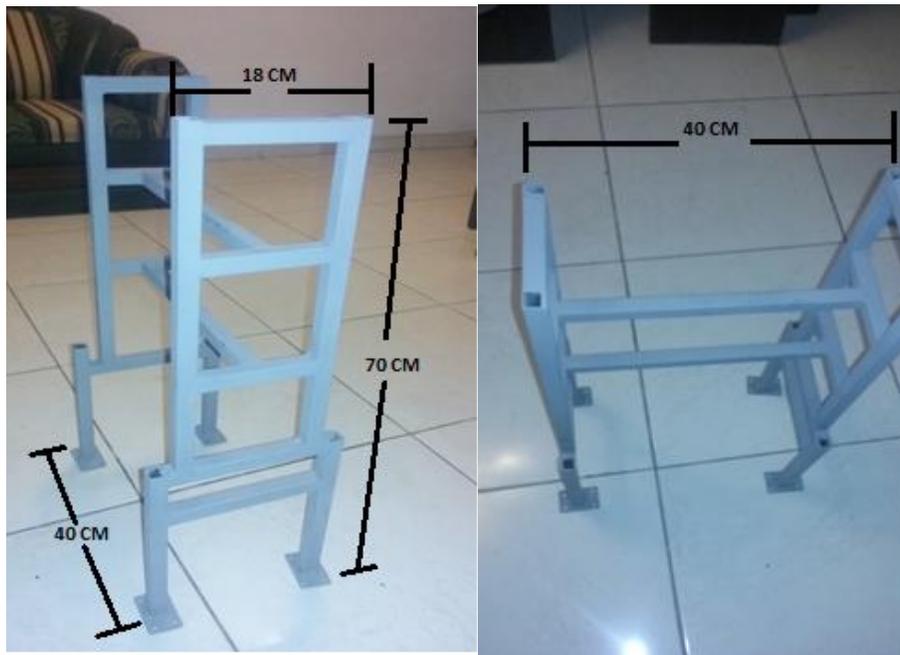


Figura 11: estructura de hierro (elaboración propia).

En el interior de la estructura se realiza la adecuación e instalación del motor encargado de girar el sistema de engranaje por medio de cadenas, el cual está conformado por dos ruedas dentadas de ejes paralelos, las cuales realizan movimientos al mismo tiempo gracias a una cadena engranada a ambas ruedas. Ver figura 12.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 12: Sistema de engranajes adaptado con el motor

En el proceso de rotación de la cadena lleva impulsado 6 cubículos encargados de realizar el almacenamiento de los vehículos, los cuales fueron fabricados en aluminio por su fácil manejo e igualmente su versatilidad al momento de realizar el modelo de cada pieza. Ver figura 13

Si el material se realizará a escala real el material debe ser hierro para que pueda resistir.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 13: cubículo donde está ubicado el vehículo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Etapas Mecánicas

Una vez teniendo todas las partes de la estructura se procede a armar el sistema para ello se debe realizar un ensamble soldando la mayoría de sus partes para que queden fijas a la estructura.

Motor paso a paso rueda giratoria

El diseño de este prototipo está destinado para el almacenamiento de 6 vehículos simultáneamente, por ello se requiere de un motor capaz de ubicar las posiciones en las cuales se encuentran los cubículos de forma muy precisa el cual al realizar el pesaje de todos los componentes que el motor va a mover tienen un peso de 1.2 kg y por factores externos y factor de seguridad se calcula 1.5 Kg.

Se utilizó un MPP encargado de realizar un movimiento muy preciso de acuerdo a los pulsos provenientes de un microcontrolador que tiene entre otras, las funciones de controlar la cantidad de movimiento que debe realizar el motor para posicionar cada uno de los vehículos y la velocidad a la cual se realiza este trabajo.

Ecuaciones dinámicas del sistema

Relaciones entre movimiento lineal y movimiento angular (Sears, 2013), (Hibbeler, 2010):

Velocidad lineal $v = \frac{dx}{dt}$ Ecuación 1

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Donde x es la distancia recorrida en m.

Velocidad angular $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ Ecuación 2

Donde θ es el ángulo recorrido en radianes

Aceleración lineal $a = \frac{dv}{dt}$ Ecuación 3

Aceleración angular $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ Ecuación 4

Se define torque (τ en Nm) como la fuerza de torsión que se aplica a un eje, depende de la magnitud de la fuerza aplicada y de la distancia al eje de rotación.

$\tau = \text{Fuerza aplicada} * \text{distancia perpendicular (entre la línea de la fuerza y el eje de rotación)}$

$$\tau = r * F * \text{sen}\theta \text{ Ecuación 5}$$

Donde T: torque en el eje en Nm

r: radio en m

En la Figura 14 se observa una fuerza aplicada en un punto de la circunferencia de radio r. Solo la componente de la fuerza que es perpendicular a la dirección del radio tiene efecto sobre el torque que puede hacer girar la circunferencia. Observe que si la fuerza es aplicada en la dirección del radio no daría lugar a torque, no hay movimiento.

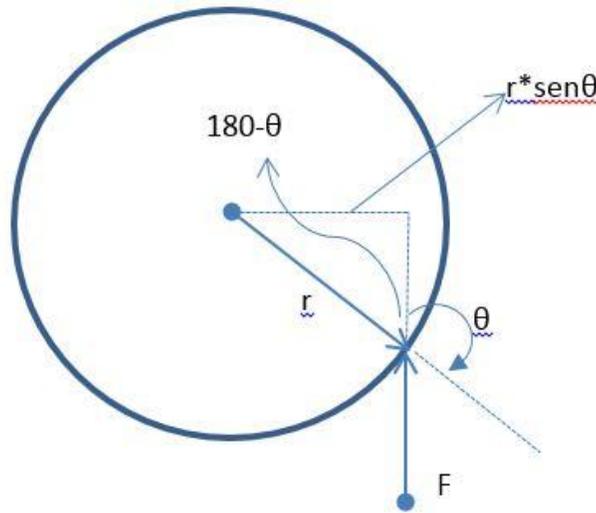


Figura 14. Efecto de la fuerza aplicada en una circunferencia que puede girar sobre su eje

Fuente: (Mejía Arango, 2015)

Si el ángulo es de 90° , entonces el torque se calcula como:

$$\tau = r * F \text{ (Wildi, 2007) Ecuación 6}$$

Dónde: $F = m * a$

Siendo a la aceleración y m la masa en Kg

Como el recorrido es circular

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Donde $v = \frac{dL}{dt}$,

Siendo L el arco recorrido por la circunferencia.

$$L = r * \theta, \text{ Ecuación 7}$$

Entonces

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$v = \frac{d}{dt}(r * \theta) = r * \frac{d\theta}{dt} = r * \omega \text{ Ecuación 8}$$

$$a = \frac{d}{dt}(r * \omega) = r * \frac{d\omega}{dt} = r * \alpha$$

Entonces

$$\tau = r * F \text{ Ecuación 9}$$

Trabajo y potencia

En un movimiento lineal el trabajo está dado por:

$$W = \int F * dx = F * x \text{ Ecuación 10}$$

Mientras que en el movimiento angular

$$W = \int \tau * d\theta = \tau * \theta \text{ Ecuación 11}$$

La potencia es la derivada con respecto al tiempo

Para movimiento lineal y angular se tienen las siguientes relaciones (Wildi, 2007)

$$P = \frac{dW}{dt} \text{ Ecuación 12}$$

$$P = \frac{d}{dt}(F * x) = F * \frac{dx}{dt} = Fv \text{ Ecuación 13}$$

$$P = \frac{d}{dt}(\tau * \theta) = \tau * \frac{d\theta}{dt} = \tau \omega \text{ Ecuación 14}$$

Aplicando estas ecuaciones al sistema a implementar se tiene:

Masa a levantar: 1.5 kg (Se pesaron los elementos que tiene que levantar el prototipo, incluye los cubículos donde se depositan los carros, los carros y la cadena)

Altura: 70 cm (0.7 m)

$$F = m * g \text{ Ecuación 15}$$

Donde F: Fuerza en N

g: gravedad= 9.8 m/s²

De esta forma:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fuerza (peso a vencer) = $(1.5 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2) = \mathbf{14.7 \text{ Newton}}$

El torque para un radio de 2.5 cm será

$$T = F * r = \mathbf{14.7 \text{ Newton}} * 0.025 \text{ m} = 0.3675 \text{ Nm}$$

La velocidad óptima de cada cubículo es de 0.27 m/s que para el sistema de engranajes propuesto equivale a una velocidad angular de 35 rpm aproximadamente

Con esto la potencia requerida por el motor paso a paso será:

$$P = T * W$$

Donde W es la velocidad angular en rad/s y T es el torque en Nm (Chapman, 2005)

De esta forma la potencia da en vatios

$$P = 0.3675 \text{ Nm} * 35 \frac{\text{rev} * 2 * \pi \text{ rad} * 1 \text{ min}}{\text{min} * \text{rev} * 60 \text{ seg}}$$

$$P = 1.34 \text{ W}$$

Para este proyecto se seleccionó un motor SY42STH38-1206A que puede desarrollar un torque de 0.3136 Nm (dato del fabricante, ver figura 15. Donde 3.17kg-cm equivalen a 0.310870805 Nm) de acuerdo a las especificaciones dadas en la figura 15. Este torque resulta ser un poco inferior al de diseño pero se encontró fácilmente en el mercado a un costo aceptable para este prototipo. El torque del motor a instalar en un sistema de movimiento debe ser mayor al torque de diseño, para este proyecto que consiste en un prototipo, se trabaja con un motor de torque menor y durante las pruebas se colocaron cargas que no superaban la masa de diseño. Durante las pruebas realizadas el sistema trabajó adecuadamente sin sobrecalentarse.

Para un sistema a escala real se estaría hablando de vehículos con un peso promedio de 1200 Kg, y lo que se tendría que mover incluyendo los cubículos los automóviles y los

sistemas de transmisión puede ser aproximadamente 8.500 Kg. En este caso la potencia aproximada requerida por el motor sería de 30 KW.

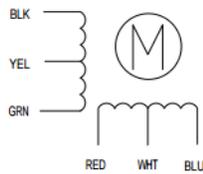
HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	1.2
Ambient temperature (°C)	-20~+50	Resistance Per Phase (±10%)	3.3 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (±20% mH)	2.8
Insulation Resistance	100MΩ, Min (500VDC)	Holding Torque (Kg.cm)	3.17
Insulation Class	Class B	Detent Torque (g.cm)	200
Max. radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Inertia (g.cm ²)	68
Max. axial force (N)	10	Weight (Kg)	0.365

● Pull out torque curve:

VOLTAGE: 24VDC, CONSTANT CURRENT: 1.2A, HALF STEP

● Wiring Diagram:



● Dimensions:
(unit=mm)

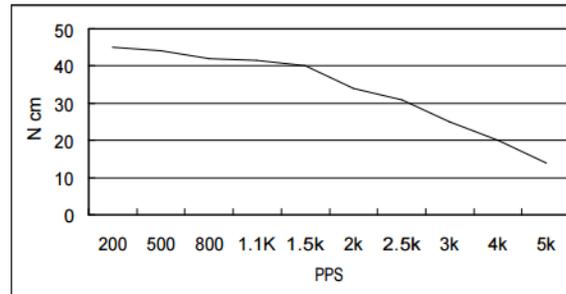


Figura 15: Especificaciones técnicas del motor paso a paso utilizado en el proyecto
(Micropap, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 16 Motor paso a paso (bricogeek, 2015)

Eta­pa Electrónica

La programación se realizó con Arduino el cual es una placa con un microcontrolador y su marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB por medio de este puerto se logra programar el microcontrolador desde cualquier PC, este Arduino tiene 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y se pueden conectar a cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir seña­les digitales de 0 y 5 V. ver figura 17.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 17 Arduino (Santamaria, 2012)

Driver

Para manejar la potencia del motor paso a paso según el control dado por la tarjeta Arduino se utilizó un driver conformado por un puente H según se muestra en la figura 18. Este driver está conformado por un L298N encargado de manejar las cargas inductivas del motor paso a paso. Se puede alimentar con 5V, puede manejar una potencia de hasta 25 vatios con una corriente de 2 amperios por canal.



Figura 18: Puente H para suministrar la potencia del motor (Aztronicas, 2015)

El circuito esquemático del driver se muestra en la figura 19.

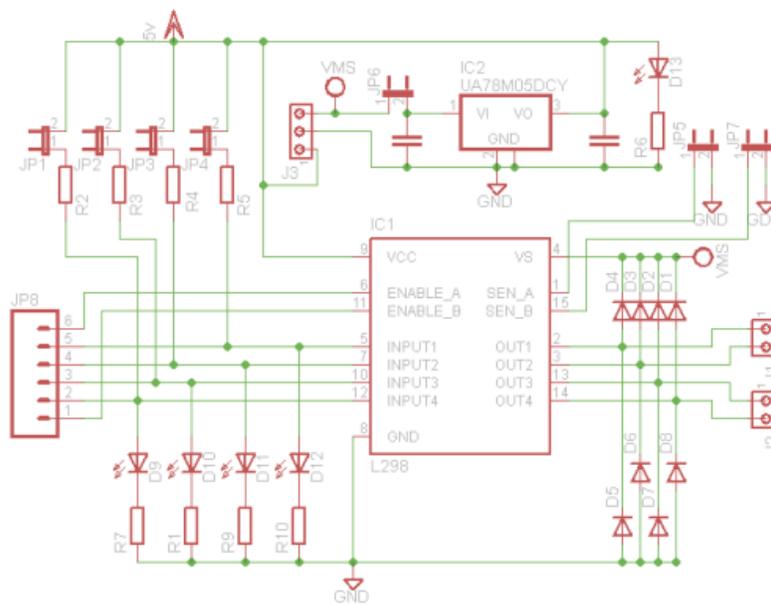


Figura 19: Circuito esquemático del L298 Dual H-Bridge Motor Driver (Aztronicas, 2015)

Diagrama de bloques del sistema

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques del sistema de parqueadero vertical. Como se puede observar el control Arduino coordina la comunicación entre el usuario y el sistema por medio de un teclado matricial y una pantalla de cristal líquido. El control también da una salida al Driver que permite manipular cada una de la bobinas del motor paso a paso. Este motor da la dinámica requerida por la estructura para que los cubículos se ubiquen en la posición requerida de acuerdo a la señal suministrado por un sensor de color, cada cubículo tiene un color que lo identifica, en total se tienen codificados 6 colores.

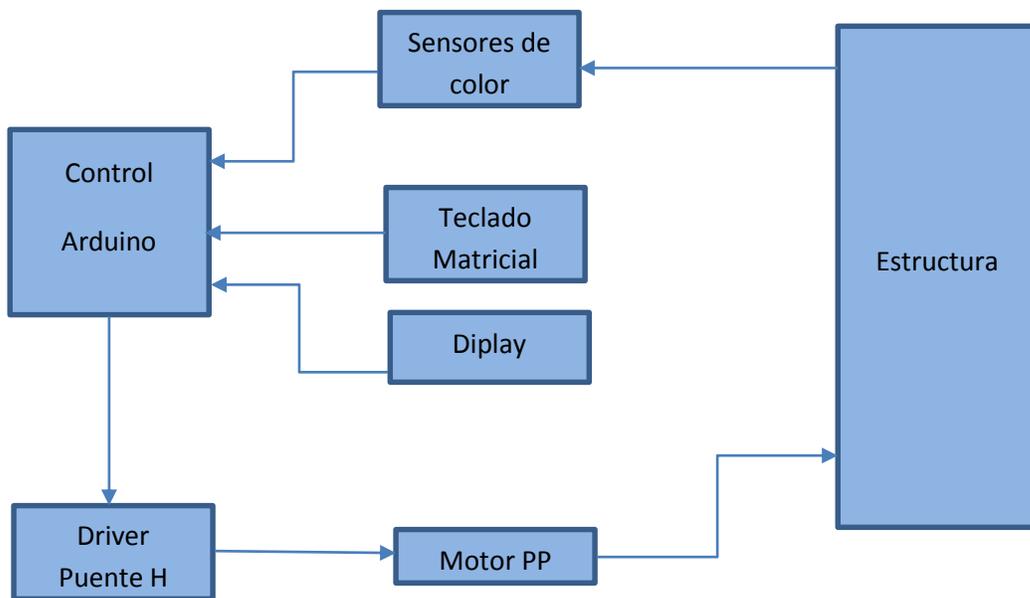


Figura 20: diagrama de bloques que describe el funcionamiento del parqueadero vertical (elaboración propia)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Programación

El programa se realizará usando el entorno de programación propio de Arduino y se transferirá empleando un cable USB. La estructura básica de programación de Arduino es bastante simple y divide la ejecución en dos partes: setup y loop. Setup() constituye la preparación del programa y loop() es la ejecución. En la función Setup() se incluye la declaración de variables y se trata de la primera función que se ejecuta en el programa, este Arduino tiene 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y se pueden conectar a cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V. El Arduino se empleó para controlar el funcionamiento del almacenamiento vertical de vehículos, debido a su reducido tamaño es muy fácil adaptarlo a la estructura, Ver figura 21.

```
#include <Keypad.h>

const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;

char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3'},
  {'4','5','6'},
  {'7','8','9'},
  {'*','0','#'}
};
byte rowPins[ROWS] = {7, 6, 5, 4};
byte colPins[COLS] = {3, 2, 1};
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

struct TSL{double t; double s; double l;};
int out = 10; // definicion de salida
int S2 = 11;
int S3 = 12;
int LED = 13; // pulso de activacion de un led para deteccion de color(opcional)
int sombras_nb = 6;
double sombras_val[] = {30.0,60.0,120.0,180.0,240.0,330.0};
char* sombras_id[] = {"rojo","amarillo","verde","cyan","azul","magenta"};

bool PressKey = false;
int piso = 0;
int tecla = 0;
int motor = 9;
```

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 21: Parte de la programación en Arduino

Cuando un usuario desea ingresar su vehículo a un cubículo el proceso es el siguiente:

En la pantalla (display) se muestra un mensaje de "ALMACENAMIENTO VERTICAL" "digite su código" el usuario debe digitar su número de carnet previamente matriculado y finaliza con la tecla *, para dar inicio al proceso.

Después de iniciar el proceso, automáticamente el sistema le ubica su cubículo en la parte inferior, entonces el usuario puede ingresar el vehículo.

A continuación el vehículo queda almacenado y quedan disponibles los otros 5 cubículos para ser utilizado por las personas que están previamente matriculadas.

Los cubículos se desplazan sin problemas para atender cada persona pero solo si se ingresa el código adecuado.

Sensor de color.

Se plantea para identificar cada cubículo, realizar la adecuación de un sensor de color TCS3414 el cual cuenta con cuatro conversores analógico a digital (ADC) en paralelo, y estos transforman las corrientes a una salida digital. Ver figura 22.

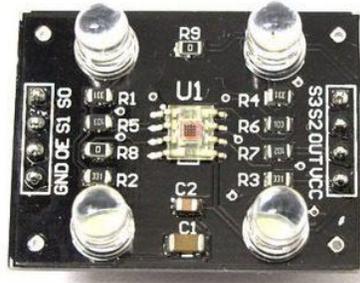


Figura 22 Sensor de color (seedstudio, 2015)

LCD y Teclado (Keypad)

En el proceso de interacción entre el usuario y el manejo del almacenamiento vertical por medio del teclado y del LCD se guía al usuario por medio de mensajes para que este indique la acción que desea llevar a cabo y secuencialmente ingrese o retire su vehículo.

El proceso se realiza mediante una LCD de 20 caracteres por 2 líneas de 16 pines, conectados al puerto del Arduino configurado para ello, se alimenta con 5V y se ajusta el contraste de los textos con una resistencia de 3.3 KΩ en el pin 3 a tierra de igual forma los pines 15 y 16 deben ser conectados a 5V y 0 respectivamente para la iluminación. Ver figura 23.

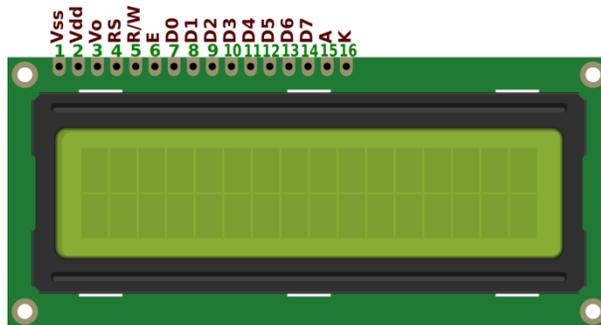


Figura: 23 LCD (micropinguino, 2013)

Para ingresar los datos como usuario y contraseña, que son obligatorios para almacenar y extraer un vehículo, se emplean mediante un teclado matricial 4x4 de 8 pines. Ver figura 24.

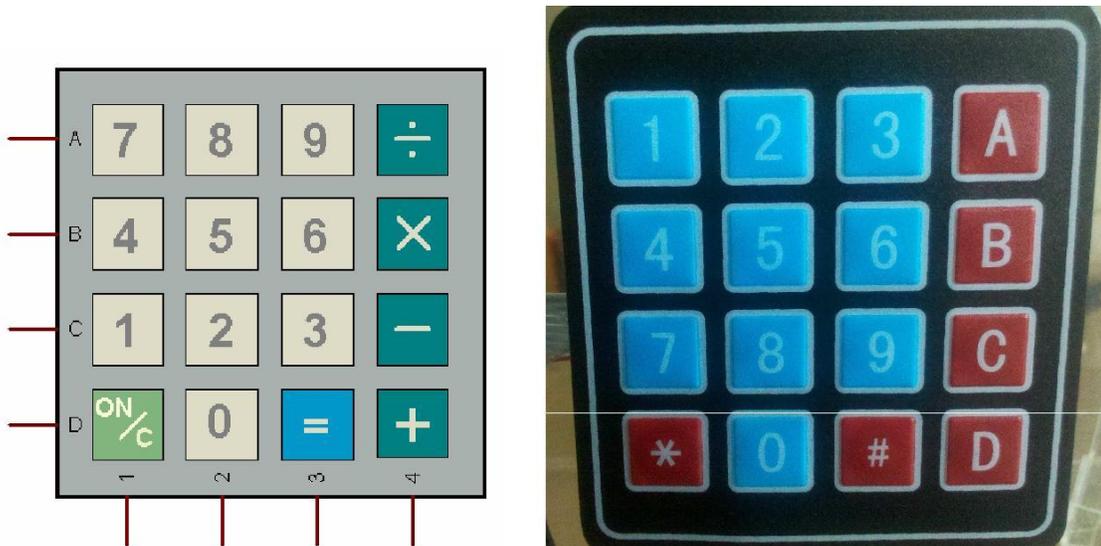
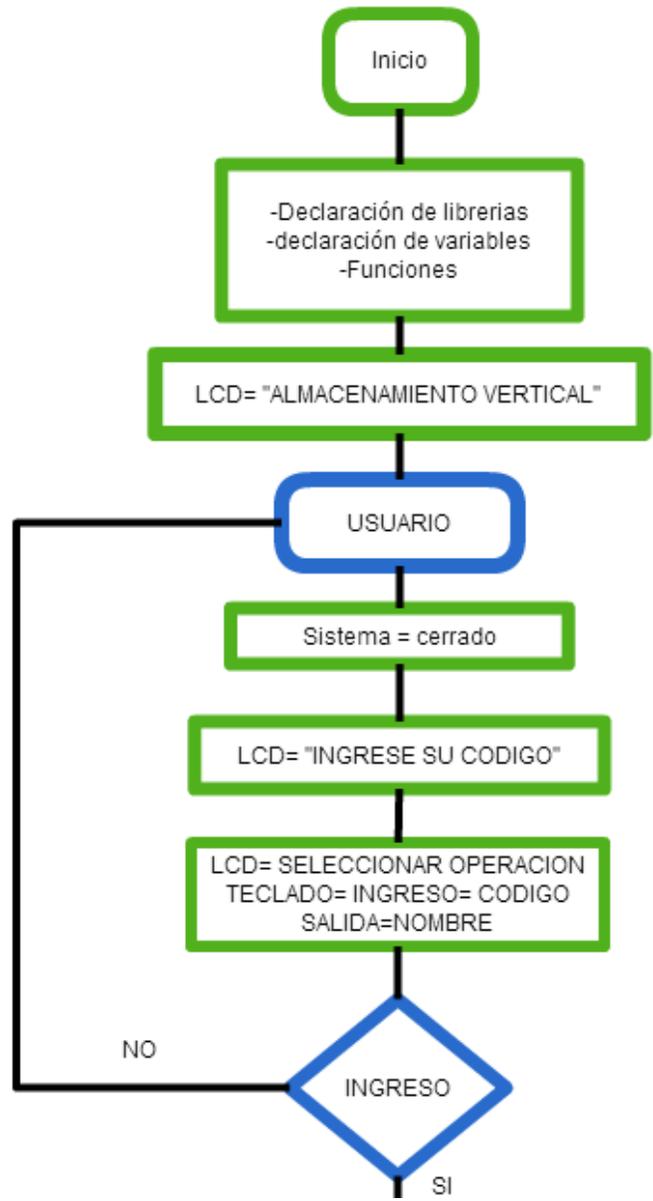


Figura 24: Teclado matricial

Para que cada persona utilice el almacenamiento vehicular, primero se van a seleccionar y a matricular en la programación con su número de carnet para que las 6 personas que almacenaran su vehículo, para que el usuario utilice el servicio simplemente ingresan su número de carnet y luego oprimen la tecla * y en la pantalla se reflejara el nombre y su cubículo correspondiente.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

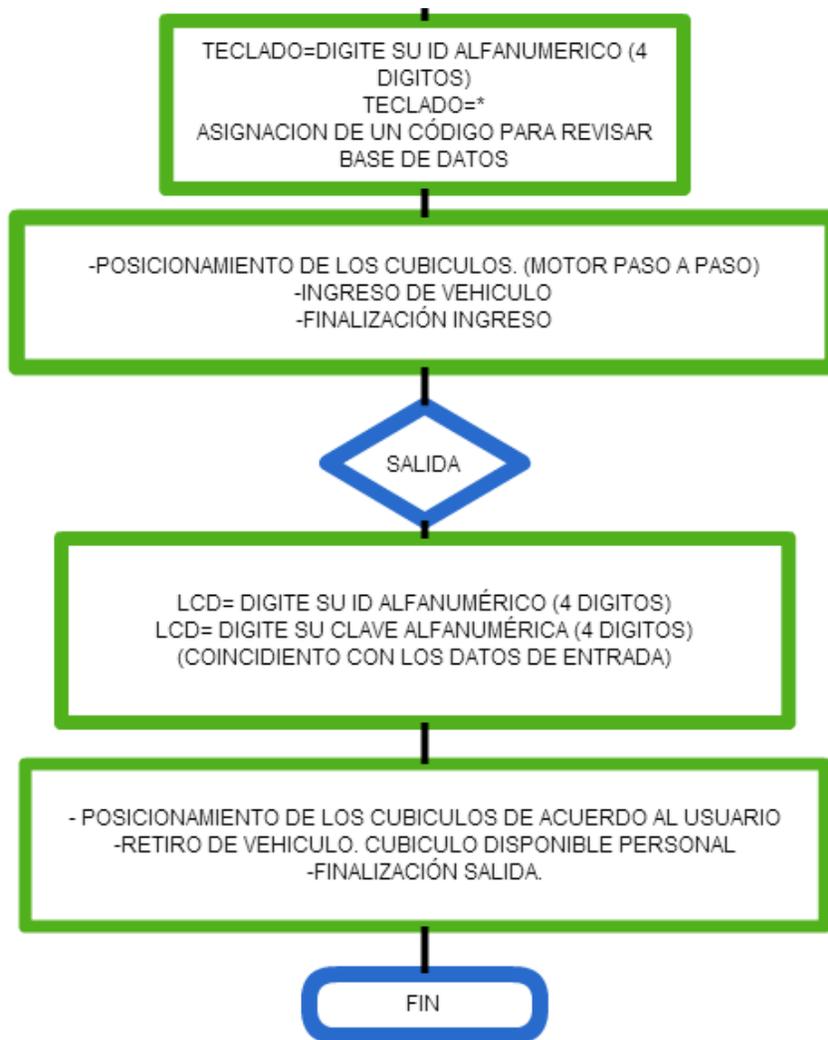


Figura 25: diagrama de flujo (Programación Etapas Mecánica y Electrónica)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio del desarrollo de este proyecto se pudo evidenciar los siguientes aspectos:

- Se logró Diseñar e implementar el prototipo físico de parqueadero de vehículos tipo vertical
- Se estableció, implementó y desarrollo un sistema de control por medio de microcontrolador para el parqueadero tipo vertical
- Se verificó el correcto funcionamiento del prototipo planteado. Ver figura 26, 27 y 28.
- Una vez comprobada la operatividad del prototipo se puede pensar en la construcción de un sistema a escala real en los parqueaderos de la sede Fraternidad del ITM. De esta forma muchas de las celdas disponibles podrían albergar hasta 6 vehículos en lugar de uno, ayudando así a la solución de la problemática de parqueaderos en la institución.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

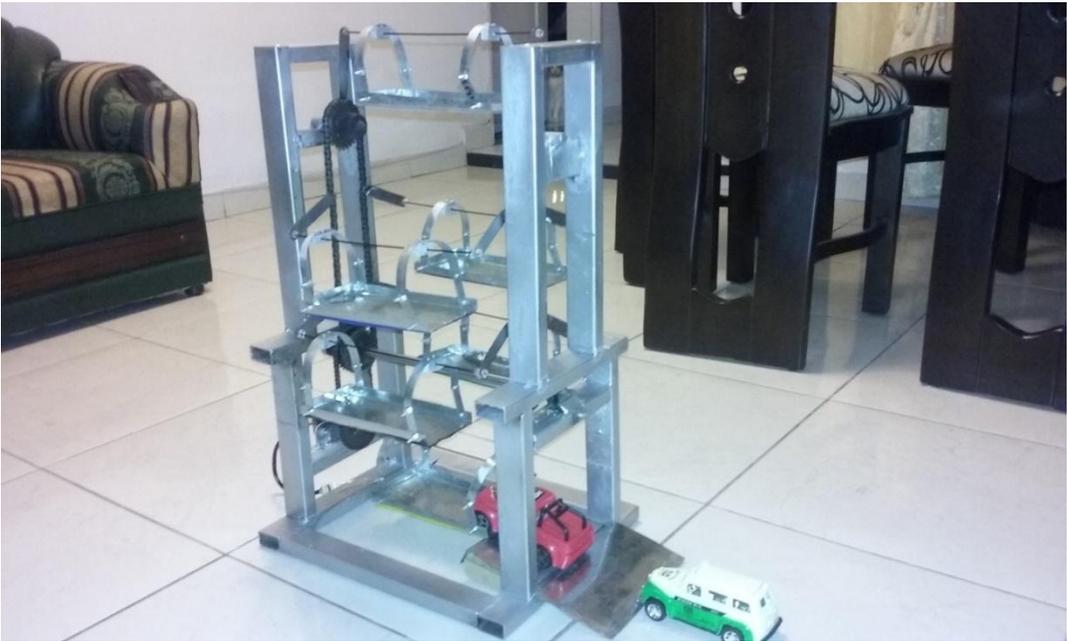


Figura 26: Estructura final del prototipo

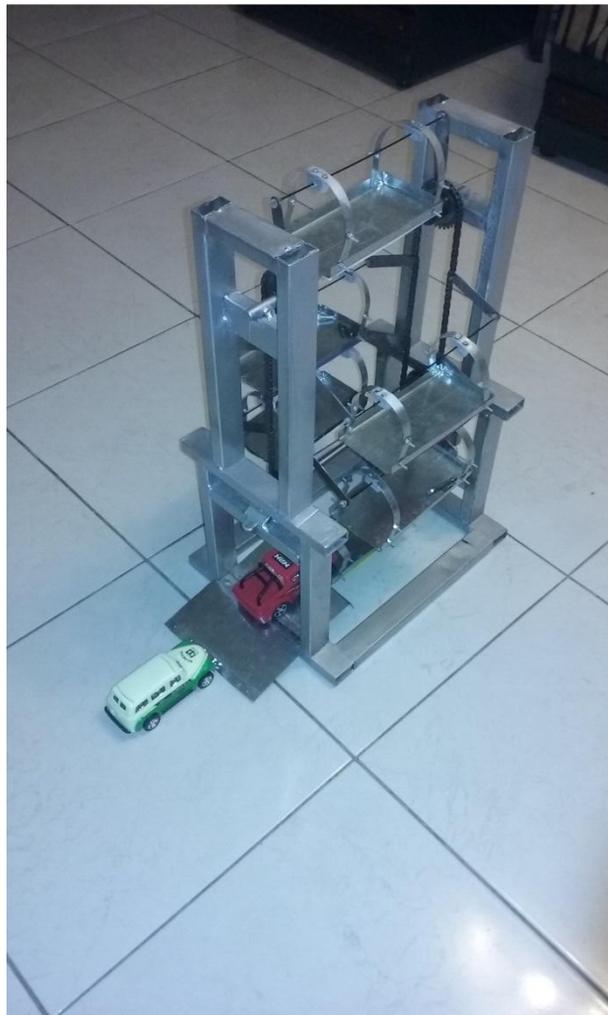


Figura 27: estructura con cubículos de colores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 28: Cubículos con su respectivo color

Videos del funcionamiento del proyecto en los siguientes link:

<https://www.youtube.com/watch?v=fYMRuf333Tg>

<https://www.youtube.com/watch?v=AjaZ1ADwgQI>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Conclusiones

- Esta propuesta permite a un ciudadano que se moviliza en automóvil resguardar su vehículo en un espacio seguro, automatizado y con un sistema confiable.
- El concepto de una nueva generación de parqueaderos y seguridad en el área de transporte se evidencia con la inclusión de un entorno y un sistema mecanizado.
- La base de datos consta de dos modos de operación, administrador quien registra el carnet del estudiante y usuario que permite utilizar estos datos al momento de utilizar el almacenamiento vehicular.
- El sistema propone una solución al problema de parqueo de vehículos, gracias a que presenta funcionalidades poco comunes en parqueaderos para este tipo de vehículos y su implementación podría generar un cambio en el sistema de movilidad.
- Con la implementación de este sistema de parqueaderos se supone que las personas tendrán que hacer menos recorridos dentro del parqueadero. Esto contribuye a la disminución de emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero al medio ambiente.
- La incorporación de varios campos de la ingeniería como electrónica, mecánica, programación de integrados, posibilita la creación de un sistema tecnológicamente completo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Recomendaciones

Siendo el parqueadero de vehículos automatizado un sistema que encierra varias técnicas y manejos por parte de usuarios y administrador se recomienda:

- Este proyecto tiende a un desarrollo propio y social por ello se sugiere continuar con el proceso ya que se establecen alternativas de solución ante la situación de movilidad y seguridad cotidianos.
- Implementar el proyecto en zonas de espacio públicos concurridos en la ciudad como universidades, centros comerciales, hospitales y parques entre otros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Aberdeen. (01 de 02 de 2015). *ebay*. Recuperado el 20 de 25 de 2015, de <http://www.ebay.es/itm/HIZO-Vx-X-Cadena-Circular-Jt-Juego-Engranaje-Herramientas-Bmw-G650-Moto-/151393960701>
- alfacepei. (05 de 10 de 2013). *alfacepei.wordpress.com*. Recuperado el 20 de 05 de 2015, de <https://alfacepei.wordpress.com/2013/11/13/plataforma-de-desarrollo-para-procesadores-freescale-mediante-herramientas-libres-o-al-menos-gratuitas-parte-i/>
- Autostadt. (15 de 01 de 2015). *parques tematicos*. Recuperado el 10 de 08 de 2015, de <http://www.motorpasion.com/otros/parques-tematicos-de-coches-cuales-hay>
- Aztronics. (17 de 11 de 2015). *User's Guide, L298 Dual H-Bridge Motor Driver*. Obtenido de <http://shop.aztronics.com.au/download/ARD-MOTORDRIVER.pdf>
- bricogeek. (20 de 01 de 2015). *bricogeek*. Recuperado el 11 de 06 de 2015, de bricogeek: <http://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/546-motor-paso-a-paso-nema-17-32kg-cm.html>
- Chaparro, J. (14 de abril de 2008). *maravillas modernas*. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de <https://maravillasmodernas.wordpress.com/2008/04/14/torre-de-autos-totalmente-automatizadas-en-el-autostadt-de-wolfsburg-alemania/>
- drogue, k. (12 de 05 de 2014). *Engranajes con cadena*. Recuperado el 26 de 05 de 2015, de <https://sites.google.com/site/mecanismoscircuitos/mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/transmision-por-engranajes/engranajes-con-cadena>
- Dysmart. (03 de julio de 2009). *3 Introduction of SMART PARKING video*. Recuperado el 29 de agosto de 2014, de <https://www.youtube.com/watch?v=tPljttQaONA>
- galco. (15 de 08 de 2013). *galco.com*. Recuperado el 20 de 05 de 2015, de <http://www.galco.com/comp/prod/moto-dc.htm>
- Hibbeler, R. (2010). *Ingeniería Mecánica Dinámica* (Decimosegunda ed.). (Pearson, Ed.) Mejico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Iberia, M. (15 de 01 de 2015). *multiparking*. Recuperado el 25 de 05 de 2015, de <http://www.multiparking.es/index.php?Multiparking-Iberia-Compania-1>

Industrias AGR. (27 de marzo de 2010). *Elevador Estacionamiento*. Recuperado el 29 de agosto de 2014, de <https://www.youtube.com/watch?v=D370WEJ95RA>

Mejía Arango, J. G. (2015). *Notas de clase Máquinas eléctricas*.

Micropap. (17 de 11 de 2015). *Motores paso a paso*. Obtenido de <http://www.micropap.com/index.php/virtuemart/motores/sy42sth38-1206a-detail?showall=1#tabla-comparativa-nema-17-1-8º>

micropinguino. (05 de 05 de 2013). *micropinguino*. Recuperado el 22 de 07 de 2015, de micropinguino: <http://micropinguino.blogspot.com.co/2013/05/como-hacer-menus-en-pinguino.html>

Santamaria, P. (2012 de 06 de 2012). *Xataka Smart Home*. Recuperado el 25 de 05 de 2015, de Xataka Smart Home: <http://www.xatakahome.com/domotica/que-es-un-arduino-en-xataka-smart-home-te-lo-explicamos>

Sears, F. (2013). *Física universitaria Volumen 1* (13 ed.). Mejico.

seedstudio. (06 de 30 de 2015). *seedstudio*. Recuperado el 22 de 07 de 2015, de seedstudio: http://www.seedstudio.com/wiki/Grove_-_I2C_Color_Sensor

Systems, R. P. (29 de 08 de 2013). *Robotic Parking Systems*. Recuperado el 25 de 05 de 2015, de http://www.roboticparking.com/robotic_parking_about_us.htm

Wikipedia. (17 de 07 de 2015). *Motor paso a paso*. Recuperado el 2015 de 09 de 2015, de Motor paso a paso: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso

Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia* (Sexta ed.). Mejico: Pearson.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES Julian Palacio Restrepo

FIRMA ASESOR 

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____