

Elevador Matrix

*Anderson Fabián Rivera
Gilberto Forero Sandoval**

Resumen

En este artículo se explicará el uso de un microcontrolador que tiene como objetivo controlar un elevador. Tras seleccionar la opción de piso en un teclado matricial 4x4, se pretende que en la pantalla LCD se muestre, por un lado, el número del piso a donde se dirige el usuario y, por el otro, en dónde va la cabina de ascensor. El éxito del sistema depende de la configuración del microcontrolador y particularmente de la orden que direcciona el motor paso a paso, pues este, a su vez, se encarga de arrastrar la cabina dentro de la estructura por medio de un juego de poleas. Adicionalmente, en concordancia con la reglamentación vigente que rige dentro de la ciudad de Bogotá y en Colombia, en este texto se presentará una idea para mejorar la seguridad y comodidad de los elevadores.

Palabras clave: cabina, elevador, estructura, LCD, microcontrolador, motor, poleas, reglamentación, teclado

Abstract

This paper focuses on explaining the use of a microcontroller that aims to control an elevator. After selecting the floor option on a 4x4 matrix keypad, the LCD screen is intended to show, on one hand, the number of the floor where the user is headed and, on the other, where the elevator car is going. The success of the system depends on the configuration of the microcontroller and particularly on the order that directs the motor *step by step*, as this, in turn, is responsible for dragging the cabin into the structure supported on a set of pulleys. Additionally, in accordance with current regulations governing the city of Bogotá and Colombia, this text will present an idea to improve the safety and comfort of elevators.

Keywords: Cabin, Elevator, Keyboard, LCD, Microcontroller, Motor, Pulleys, Regulation, Structure

* Estudiantes de Ingeniería de Sistemas, sexto semestre, de la Corporación Unificada de Educación Superior-cun.

Introducción

El complejo sistema de elevadores para personas en conjuntos residenciales está principalmente centrado en el sistema mecánico y la programación, cuya cualificación haría más eficientes los tiempos de espera. En la construcción y montaje del sistema mecánico están involucrados la importación de equipos, el mantenimiento y la instalación. Con esto en mente, vale la pena pasar revista a algunas de las empresas que se encargan de los procesos anteriores.

Otis S. A., empresa que diseña, instala y realiza mantenimiento de elevadores, cuenta también con una amplia gama de servicios adicionales, así como con una experiencia de más de 150 años en el mercado. Otis construye los ascensores de acuerdo a las necesidades del cliente, tanto físicas como de programación, y ofrecen sistemas para que el usuario pueda sentirse comfortable dentro de la cabina.

Mitsubishi Electric, empresa fabricante de elevadores, andenes móviles, escaleras mecánicas, etc., es una organización que cuenta con varios años en el mercado y se ha caracterizado por su confiabilidad y buen servicio. Dentro de su catálogo se destacan: ascensores de alta velocidad,

domésticos, sin sala de máquinas, montaplatos, entre otros.

Thyssenkrupp, otra empresa dedicada a la fabricación, instalación y mantenimiento de elevadores, cuenta con varios servicios dentro de su catálogo. Entre ellos, se destaca su apuesta por ofrecer a sus clientes y usuarios experiencias únicas en el transporte vertical, motivación que la llevó a convertirse en líder en diseños de cabina, particularmente por su propuesta de crear “atmosferas” dentro de ellas, creadas con elegancia y criterios de exclusividad que buscan maximizar la comodidad del usuario durante su viaje.

Como se puede ver, las empresas anteriormente señaladas, y muchas otras, tienen un catálogo muy amplio en productos y servicios que propenden por mejorar la experiencia de los usuarios en las cabinas de los elevadores, minimizar los tiempos de espera, garantizar el correcto mantenimiento periódico de las estructuras, así como certificar la idoneidad de los técnicos a quienes se encomiendan los arreglos locativos y sus equipos de trabajo. Todo esto con el fin de brindar seguridad y mantener los elevadores en óptimo funcionamiento.

Planteamiento del problema

Los ascensores son sistemas complejos que integran elementos estructurales, mecánicos y eléctricos. Hoy en día, los ascensores más utilizados en Colombia cuentan, como mínimo, con una serie estándar de equipos: cabina, contrapeso, sistema de rieles, cables, absorbedores de choque y poleas (Machado y Nepas, 2014).

Este proyecto se enfoca en explicar la utilización de un microcontrolador que ejecuta órdenes para que el elevador vertical de uso residencial cumpla con las necesidades y las normas de seguridad que actualmente están vigentes en el país, así como con las exigencias de su implementación.

El núcleo del sistema que aquí presentamos es el microcontrolador PIC 16f788A (Microchip Technology Inc., 2003). Este ejecuta las ordenes introducidas en el teclado matricial, que, a su vez, simula el teclado que encontramos en ascensores de tamaño real. El microcontrolador da la orden para que el motor paso a paso arranque de acuerdo con la solicitud del usuario. Este motor, por medio de poleas, sube o baja la cabina por el foso mediante una cuerda anclada de forma segura y en puntos estratégicos para mantenerla en su posición.

El motor paso a paso que usamos, de referencia HY200 2220 0100 APO8, es un motor híbrido de inercia de rotor bajo, con 200 revoluciones a 1 Amperio (Servo Control Technology, s. f.). Su gran fiabilidad de funcionamiento lo hace ideal para aplicaciones de sistemas de posicionado a bucle abierto.

El motor se mantendrá sujeto a la cabina y en equilibrio en el foso mediante el uso de poleas distribuidas en diferentes puntos de la estructura. Es necesario que los puntos de anclaje a la cabina estén bien distribuidos, de manera que garanticen la seguridad y eficiencia de la operación con respecto a la carga de la cabina. El contrapeso también cumple una función esencial para mantener el equilibrio de la cabina, pues ejerce estabilidad y fuerza.

Como nuestro propósito es minimizar tiempos de espera y mejorar la velocidad de paso entre los pisos de forma eficiente, segura e inteligente

mediante algoritmos, nuestra propuesta de elevador personaliza cada requerimiento del usuario para que el transporte sea sencillo, eficaz y seguro. La principal ventaja que se decanta de nuestra concepción de manejo del elevador es que el uso de un motor paso a paso confiere confiabilidad y eficiencia al sistema, y hace que el frenado sea muy preciso. Además, presentamos una interfaz gráfica amigable con el usuario e inteligente que atiende realmente a las necesidades de tiempo del usuario. Si bien, el ahorro de tiempo no se podría evidenciar con un solo ascensor, el valor diferencial será notable, por ejemplo, en el caso de edificios que requieran un aproximado de 5 ascensores. Las pruebas realizadas con distintas versiones de la programación del microcontrolador nos permiten estimar que los tiempos de espera se podrían reducir hasta 0,5 s, una ganancia significativa si se piensa en tiempos prolongados de uso.

El problema al que nos enfrentamos es que se debe calcular y programar muy exhaustivamente el motor paso a paso. De lo contrario, y si la frecuencia es muy elevada, el motor puede reaccionar erráticamente. La solución parcial de este inconveniente es iniciar el motor con una frecuencia baja.

Por otro lado, es de advertir que por ahora no incluimos dentro de la programación una interfaz de audio para personas con deficiencia visual. Dada la importancia de este asunto, se tratará de la optimización del sistema que pensaremos más adelante en una próxima versión de nuestra propuesta.

Marco teórico

Elisha Graves Otis inventó en el año 1853 el primer ascensor para personas. Hasta ese momento, los seres humanos solo se transportaban por medio de poleas, aparejos o grúas a lugares con difícil acceso y de orientación vertical (Miravete y Larrodé, 2007). El elevador o ascensor es un medio de transporte para personas o cargas, diseñado para ascender o descender de un edificio entre pisos de forma rápida y segura. Dentro de sus aplicaciones se prioriza el transporte de personas y cargas: en los edificios este es el único medio para que las personas en condición de discapacidad puedan llegar a su destino, por ejemplo.

Los elevadores cuentan con varias partes de naturaleza mecánica, eléctrica y electrónica. De acuerdo a su integración, estas configuran un sistema que ofrece al usuario seguridad, tranquilidad y comodidad para transportarse. Dentro de las normas y directrices que rigen su instalación, mantenimiento, capacitación y operación encontramos normas internacionales que buscan garantizar al usuario tanto seguridad como comodidad a la hora de usar este medio de transporte vertical. Algunas de ellas son:

- Norma Internacional ISO 4190/1 (1999). Selección de ascensores de personas y montacargas para edificios residenciales (Icontec, 2011).
- Norma Europea EN 81-1 (1998). Normas de seguridad para la construcción e instalación de

ascensores de personas, montacargas y montaplatos. Parte I: ascensores eléctricos (Icontec, 2011).

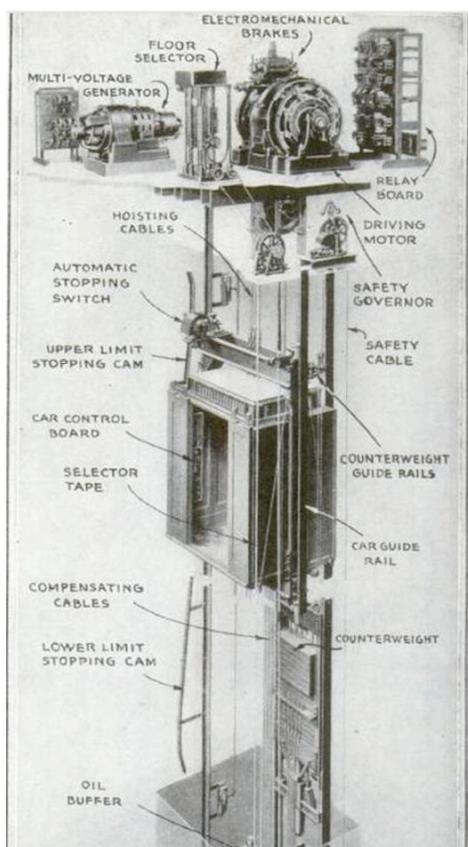
- Norma Europea EN 81-2 (1998). Normas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores de personas, montacargas y montaplatos. Parte II: ascensores hidráulicos (Icontec, 2011).
- Norma Internacional ISO 4190/1 (1999). Ascensores de personas, montacamillas y montacargas (Icontec, 2011).

En Colombia rige la norma creada por el Icontec NTC 5926-1, 5926-2 y 5926-3 para la instalación de ascensores electromecánicos, hidráulicos y de puertas eléctricas. No obstante, esa certificación no es obligatoria para todo el territorio nacional y solo se ha implementado en las ciudades principales. Por ejemplo, para la ciudad de Bogotá, la reglamentan: la Resolución 092 del 03 de abril del 2014 (Fopae), el Decreto 663 del 28 de diciembre del 2011 y el Acuerdo 470 del 14 de marzo del 2011.

Al respecto, es fundamental tener claro que el artículo 50 de la Ley 675 de 2001 señala que “los administradores responderán por los perjuicios que, por dolo, culpa leve o grave, ocasionen a la persona jurídica, a los propietarios o a terceros”.

Principales partes de un elevador

Figura 1. Partes del elevador o ascensor



Fuente: *Popular Science* (3 de abril del 2013)

Un ascensor está constituido por equipos eléctricos, electrónicos y piezas mecánicas que deben estar integradas para brindar un servicio de transporte vertical que garantice la seguridad del usuario (Machado y Nepas, 2014). Según el "Informe sobre el funcionamiento del mercado de mantenimiento de ascensores en España" (2011), los dispositivos que actúan para su funcionamiento son: "las guías, poleas, cabina, cables, amortiguador y puertas exteriores. Asimismo, el elevador debe poseer elementos mecánicos para la seguridad de los transportadores, como puertas de cabina y apoyamanos, elementos de energía (baterías) y accesorios de embellecimiento" (Comisión Nacional de la Competencia, 2011, p. 12)

De acuerdo a Aguilar (2015, pp. 26-29), las partes esenciales de los elevadores son las siguientes:

- Hueco del ascensor: es el espacio por el que se desplazan la cabina y el contrapeso. No puede emplearse para otra instalación que no sea el ascensor.
- Cuarto de máquinas: es la sección especialmente adecuada para instalar la máquina de tracción, sus cuadros de maniobra, poleas de desvío y el limitador de velocidad.
- Cabina: es el elemento fundamental del ascensor, pues allí viajan los pasajeros. Se trata de un conjunto cerrado formado por las paredes, el suelo, el techo y las puertas. Tanto la cabina, el contrapeso o masa de equilibrado son soportadas por una estructura metálica que se denomina chasis.
- Contrapeso: equilibra la carga de la cabina para disminuir el peso que debe arrastrar el grupo tractor. De esta manera, reduce la potencia requerida para elevar la cabina.
- Poleas de desvío: se usan para situar los cables de suspensión de la cabina y del contrapeso a una distancia correcta, de tal manera que se garantiza que el ángulo de abrace de los cables en la polea de tracción sea suficiente para la adherencia requerida.
- Chasis: es la estructura metálica que soporta la cabina o contrapeso y a la que se fijan elementos de suspensión.
- Guías: son componentes rígidos cuyo propósito es dirigir la cabina, el contrapeso o la masa de equilibrado.
- Limitador de velocidad: dispositivo que, ante un exceso de velocidad (ajustada previamente), emite la orden de detenerse a la máquina y, de requerirse, activa el paracaídas.



- Circuito de paracaídas: es el dispositivo mecánico cuyo propósito es detener e inmovilizar la cabina o el contrapeso sobre las guías en caso de producirse un exceso de velocidad al bajar o subir o un rompimiento súbito de la suspensión. Lo conforman el limitador de velocidad, la polea tensora, el paracaídas y el cable de accionamiento del paracaídas.
- Motor eléctrico: encargado de suministrar la potencia al conjunto.
- Reductor de velocidad: reduce la velocidad de giro del motor aproximadamente en 1/10 empleando un reductor de velocidad con tornillos sin fin o helicoidales y se transmite a la polea de tracción de la máquina de tracción.
- Freno electromecánico: freno con capacidad de detener la máquina cuando la cabina baja a su velocidad nominal con su carga nominal aumentada en un 25 %.
- Polea de tracción: va incorporada al grupo tractor. Debe ser capaz de soportar los esfuerzos que le transmiten los cables de suspensión y, a su vez, de transmitirle la tracción necesaria por medio de adherencia.
- Elementos de suspensión: la cabina y el contrapeso deben estar suspendidos por cables de acero, correas o cadenas de acero de eslabones paralelos o de rodillos. El número mínimo de cables o cadenas es dos (2) y estos deben ser independientes.
- Instalación eléctrica: conjunto de cables y canalizaciones eléctricas para asegurar la conexión entre los diferentes componentes eléctricos.

El factor de seguridad

El factor de seguridad es la capacidad que tiene una estructura o material de soportar una determinada carga. Este factor se obtiene a partir de la carga última entre la carga permisible. De acuerdo con Beer *et al.* (2010), "la carga última de un elemento estructural o componente de maquinaria dado es la carga a la que se espera que el elemento o componente falle" (p. 28). Además, "deberá ser considerablemente mayor que la carga permisible, es decir, aquella que soportará el elemento o componente en condiciones normales" (p. 28). El factor de seguridad, según Beer *et al.*, "es una de las tareas más importantes para los ingenieros, pues si se elige demasiado pequeño la posibilidad de falla es muy alta y si se elige demasiado grande el resultado puede ser un diseño costoso o poco funcional". (Aguilar, 2015, pp 34-35)

De acuerdo a la indagación realizada por Aguilar (2015, pp. 45-47), la deflexión máxima permitida en cualquier pieza que conforme el chasis deberá ser de:

$$\delta_{\max} = 1960 \cdot l$$

Donde

l = largo de la pieza.

Para cabinas con una superficie útil menor o igual a 4,65 m²:

$$W = 35 \cdot A + 325 \cdot A \quad (5.2)$$

Donde:

W = Carga nominal (kg).

A = Es la superficie útil de cabina (kg).

$$N = W/75 \text{ kg} \quad (5.3)$$

Donde:

N = Máximo número de pasajeros permitidos.

W = Carga nominal (kg).

Ahora bien, con el fin de determinar el esfuerzo normal máximo y el esfuerzo cortante máximo del elevador, es preciso utilizar las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{\max} = |M| \cdot c / I \quad (5,9)$$

Donde:

σ_{\max} = es el esfuerzo máximo debido a la flexión (N/mm²).

M = es el máximo momento flector (N m), calculado en el paso 8.

c = es la mayor distancia del eje neutro a un punto de la sección (mm)

I = es el momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro (mm⁴). (Aguilar, 2015, p. 51)

Acto seguido, es preciso determinar el factor de seguridad utilizando el esfuerzo máximo, según el criterio de Mohr. Para esto se calcula el factor de seguridad con la siguiente ecuación:

$$F. S = \sigma_y / \sigma_{\max} \quad (5,16)$$

Donde:

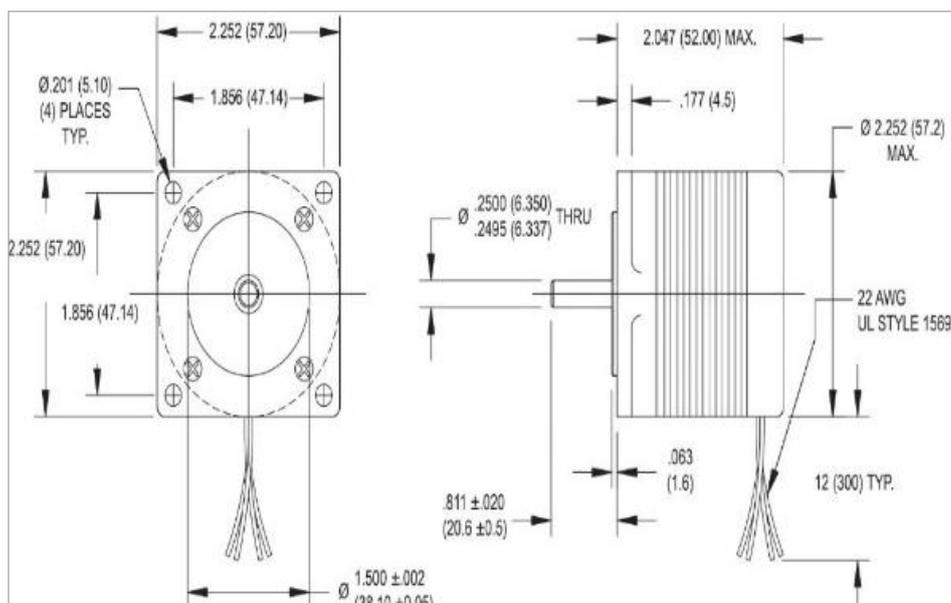
σ_y = es el esfuerzo de fluencia del material que conforma el chasis (N/mm² o MPa).

σ_{\max} = es el esfuerzo máximo según el criterio de Mohr (N/mm² o MPa). (Aguilar, 2015, p. 55)

El motor

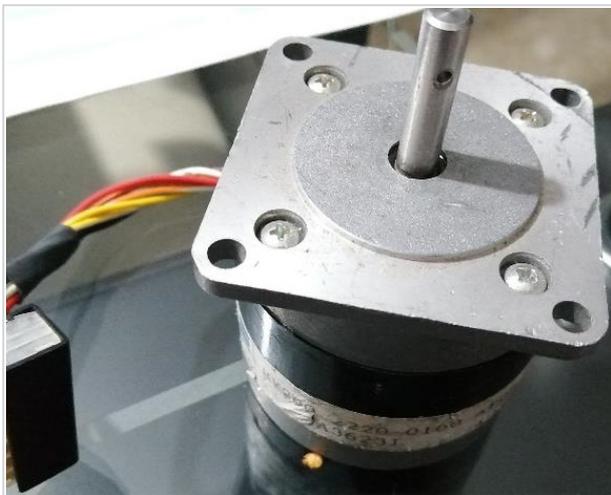
Para nuestro prototipo usamos un motor paso a paso de referencia HY200 2220 0100 APO8. Se trata de un motor híbrido de inercia de rotor bajo, con 200 revoluciones a 1 amperio (Servo Control Technology, s. f.).

Figura 2. Estructura física de motor paso a paso



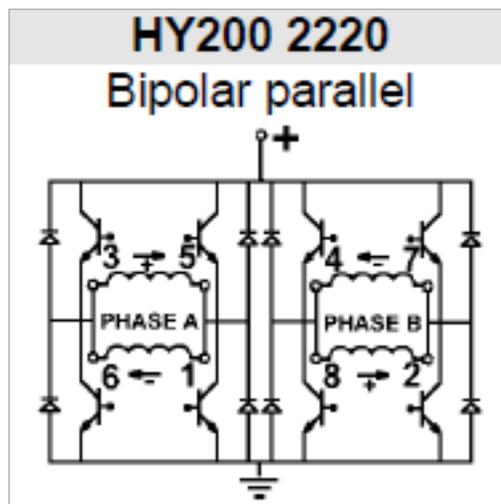
Fuente: Servo Control Technology (s. f., p. 7)

Figura 3. motor paso a paso



Fuente: archivo personal de los investigadores

Figura 4. Conexión de motor paso a paso de referencia HY200 2220



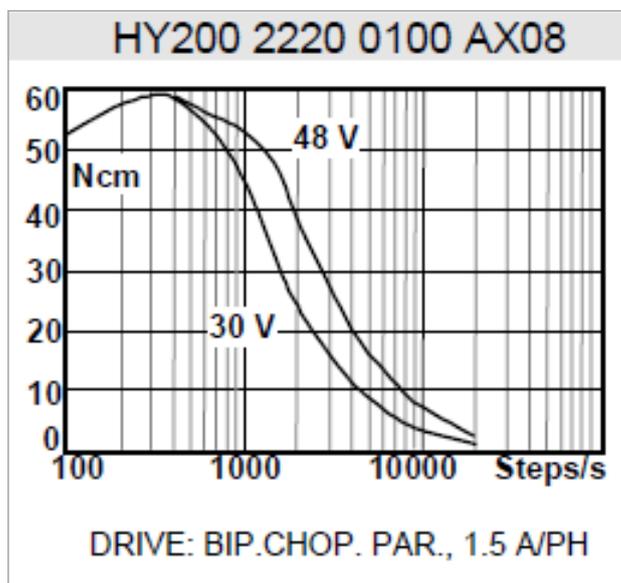
Fuente: Servo Control Technology (s. f., p. 13)

Tabla 1. Características del motor paso a paso con referencia al torque

HYBRID MOTORS	HOLDING TORQUE	
	UNIPOLAR (Ncm)	BIPOLAR (Ncm)
HY 100 1613	9	11÷13
HY 200 1607		8,7
HY 200 1713	11,2	13÷23,4
HY 200 1717		23,1÷24,6
HY 200 2215	25÷27	31÷34
HY 200 2220	52÷53	64÷69
HY 200 2226	87÷89	109÷114
HY 200 2240	111÷113	145÷148
HS 200 2216	37	47

Fuente: Servo Control Technology (s. f., p. 15)

Figura 5. Curva de funcionamiento del motor con referencia a los voltios, los pasos y su inicio

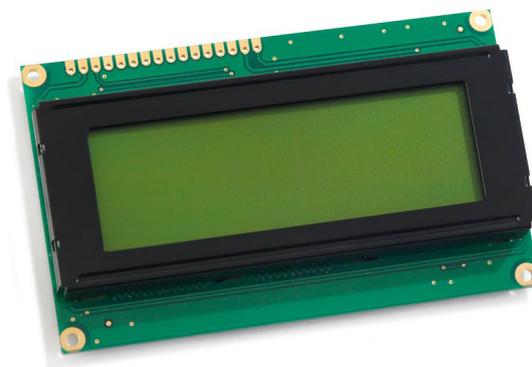


Fuente: Servo Control Technology (s. f., p. 5)

LCD 4*20

Esta es la LCD que se utilizó en nuestro prototipo. Los tres pines iniciales son de voltaje y ajuste de contraste. Los pines del 4 al 6 se conectan al microcontrolador con el fin de configurar el puerto. Los pines del 7 al 14 van al microcontrolador y llevan la información para ser mostrada. Los pines 15 y 16 son los leds incorporados en la LCD.

Figura 6. LCD 4*20



Fuente: Polabs (s. f.)

Descripción

- Formato de visualización: 20 x 4 caracteres
- Controlador incorporado: ST 7066 (o equivalente)
- Ciclo de trabajo: 1/16
- 5 x 8 puntos incluyen cursor
- Fuente de alimentación de + 5 V (también disponible para + 3 V)
- El LED puede ser controlado por el pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 o A y K
- N.V. opcional para fuente de alimentación de + 3 V (11)

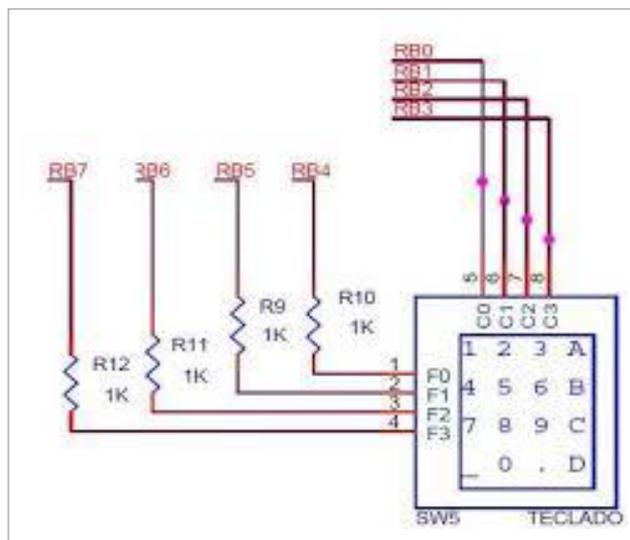
Tabla 2. Conexión de los pines al voltaje y al PIC 16f788A

INTERFACE PIN FUNCTION			
PIN NO.	SYMBOL		FUNCTION
1	V_{SS}		Ground
2	V_{DD}		+ 3 V or + 5 V
3	V_0		Contrast adjustment
4	RS		H/L register select signal
5	R/\bar{W}		H/L read/write signal
6	E		H → L enable signal
7	DB0		H/L data bus line
8	DB1		H/L data bus line
9	DB2		H/L data bus line
10	DB3		H/L data bus line
11	DB4		H/L data bus line
12	DB5		H/L data bus line
13	DB6		H/L data bus line
14	DB7		H/L data bus line
15	A		Power supply for LED (4.2 V)
16	K		Power supply for B/L (0 V)
17	NC/ V_{EE}		NC or negative voltage output
18	NC		NC connection

Fuente: Vishay (2012, p. 2)

Teclado matricial 4x4

Figura 7. El teclado matricial 4x4 y su conexión al microcontrolador

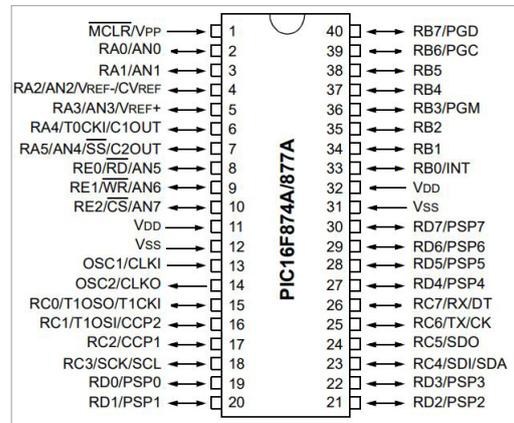


Fuente: PicManía (27 de diciembre del 2008)

Microcontrolador PIC 16f788A

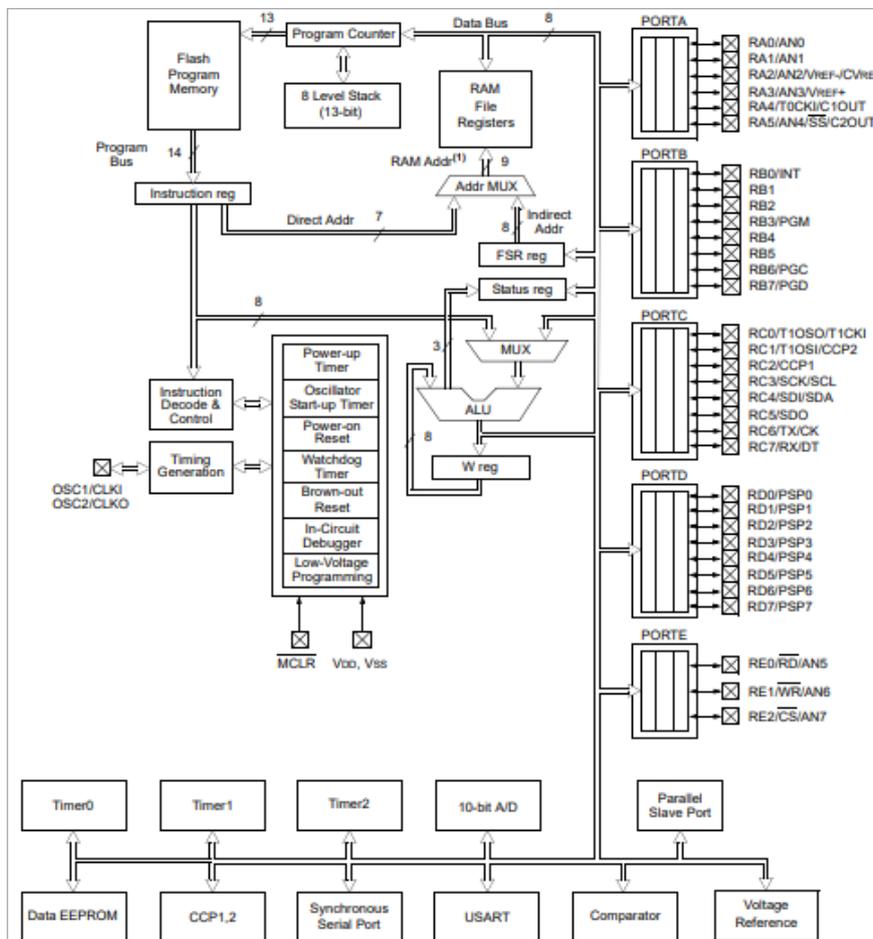
El microcontrolador que se utilizó en nuestro prototipo fue el microchip de referencia PIC 16f788A (Microchip Technology Inc., 2003).

Figura 8. 40-Pin PDIP (diagrama de pines)



Fuente: Microchip Technology Inc. (2003, p. 3)

Figura 9. PIC16F873A/876A (diagrama de bloques)



Fuente: Microchip Technology Inc. (2003, p. 6)

Nuestra propuesta

Durante el tiempo invertido en la fase de pruebas experimentales, se pudo comprobar que nuestro prototipo ofrece ventajas frente a otros elevadores relativas a disminuir los tiempos de espera. En esencia, logramos reducir 0,5 s, ganancia tal vez imperceptible cuando se trata solo de un ascensor, pero notable cuando hablamos de un sistema integrado de varios ascensores

para personas. Los ajustes incorporados en la programación del microcontrolador redujeron el tiempo de espera, a lo que se suma la integración de la pantalla LCD y el teclado matricial, elecciones que hicieron más amigable y fácil de comprender la interfaz de interacción con el usuario gracias a su visualización.

Figura 10. Montaje en protoboard de microcontrolador, teclado y LCD



Fuente: Archivo fotográfico personal de los investigadores



Figura 11. Polea que sujeta la cabina



Fuente: Archivo fotográfico personal de los investigadores

Figura 12. Motor paso a paso en funcionamiento



Fuente: Archivo fotográfico personal de los investigadores

Figura 13. Montaje inicial del elevador



Fuente: Archivo fotográfico personal de los investigadores

Figura 14. Script de las posiciones del motor

```
void Pos1()
{
  dest=0;
  if(dest<=pasos)
  {
    if(dest==pasos)
    {
    }
    else
    {
      secuencia2();
    }
  }
}
void Pos2()
{
  dest=10; //Antes tenia un
  if(dest>=pasos)
  {
    secuencia1();
  }
  else
  {
    secuencia2();
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Durante el proceso experimental encontramos varias ventajas al momento de la puesta en marcha. Después de intentar diferentes técnicas para programar el microcontrolador, encontramos que podíamos simplificar procesos y líneas para que el programa fuera eficiente a la hora de su funcionamiento.

Por otro lado, la ubicación del motor en la estructura del ascensor nos resultó muy práctica,

en especial, por el hecho de que reduce el esfuerzo y genera más velocidad.

La disposición de las poleas que van ancladas a la cabina se concibió de manera que el hilo que usamos generara menos fricción, con lo que se disminuyen los tiempos de paso entre piso y piso.

Conclusiones

- La programación implementada para manejar el motor paso a paso en las diferentes aplicaciones en las que podemos usar un microcontrolador, desde el proyecto más básico hasta el complejo, debe ser precisa.
- El motor paso a paso nos arroja una curva con la que debemos analizar los cálculos.
- Las conexiones del motor paso a paso para producir el movimiento siempre se guiaron por el datasheet y con la experimentación.
- Durante el proceso de experimentación ubicamos el motor en diferentes posiciones del ascensor con el fin de generar menos esfuerzo y mayor velocidad.
- La definición de puntos estratégicos para ubicar las poleas, que fuimos descubriendo mediante la experimentación, ayuda a que el motor no pierda torque.
- Para las conexiones tanto del motor como del teclado 4x4 y la LCD 4x20 nos guiamos por el manual. Esto ayudó a que la programación fuera más asertiva.

Referencias

- Aguilar, M. (2015). *Diseño mecánico del chasis de un ascensor para personas aplicando las normativas de la Ley 7600 sobre "Igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad"* [trabajo de grado]. Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Beer, P., Johnston, R., Wolf, T. y Mazurek, F. (2010). *Mecánica de materiales*. Quinta Edición. Ciudad de México: McGraw Hill. Recuperado de <https://bit.ly/2wKR2Rf>
- Comisión Nacional de la Competencia (CNC). (2011). *Informe sobre el funcionamiento del mercado de mantenimiento de ascensores en España*. Recuperado de <https://bit.ly/2v7FcQZ>
- Congreso de Colombia. (4 de agosto del 2001). Ley 675 de 2001: Por medio de la cual se expide el régimen de propiedad horizontal. DO: 44 509. Recuperado de <https://bit.ly/2wQbH6A>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2011). *Norma Técnica colombiana NTC 2769: aparatos de elevación. Código de seguridad para la construcción e instalación de los ascensores eléctricos*. Bogotá: Icontec.
- Machado, D. y Nepas, W. (2014). *Diseño de un elevador para personas con discapacidad y la elaboración de un prototipo controlado por un PLC en base a la infraestructura de la facultad de educación ciencia y tecnología FECYT* [trabajo de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de. <https://bit.ly/2Vy22fp>
- Microchip Technology Inc. (2003). PIC16f87xA Datasheet. 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers [manual de uso]. Recuperado de <https://bit.ly/2w1ADHZ>
- Miravete, A. y Larrodé, E. (2007). *Elevadores: principios e innovaciones*. Ciudad de México: Reverte.
- PicManía. (27 de diciembre del 2008). Hardware de experimentos [recurso en línea]. Recuperado de <https://bit.ly/3caxKoQ>
- Polabs. (s. f.). Alphanumeric LCD 4x20 with illumination [recurso en línea]. Recuperado de <https://bit.ly/3a4IWBh>
- Popular Science*. (3 de abril del 2013). 9 Revolutionary Elevators from the Otis Elevator Company. Recuperado de <https://bit.ly/3a62Zj0>
- Servo Control Technology. (s. f.). *Hybrid stepping motors HY / HS / HN Series* [manual de uso]. Recuperado de <https://bit.ly/2HRJdvw>
- Vishay. (2012). Datasheet LCD-020N004L, 20*4 character LCD. Recuperado de <https://bit.ly/2wahXFJ>