

**“ADAPTACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA  
ELEVADOR DE SILLA DE RUEDAS PARA OMNIBUSES A SER UTILIZADO  
COMO EQUIPO PARA PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE  
AUTOMATIZACIÓN – DECEM”**

**De Vacas Espín German Alexis, Villacís Flores Jean Pierre**

**Ing. Fernando Olmedo, Ing. Melton Tapia**

Departamento de Energía y Mecánica – Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Sangolquí, Ecuador

### **RESUMEN**

La iniciativa de la realización del presente proyecto nace con una necesidad, que las personas con capacidad limitada en Ecuador no tienen acceso al uso del transporte público, una vez planteada la necesidad se buscó una solución, la cual consistió en diseñar un elevador de silla de ruedas para omnibuses. Es allí donde nace la idea del proyecto, al ser muy elaborado no se lo pudo completar en una sola etapa, a continuación se presenta el diseño de la segunda etapa que consiste en corregir errores estructurales, diseñar un mecanismo de leva seguidor, uno de seguridad y el control del sistema mediante un PLC y una placa PCB controlada por un arduino.

**Palabras clave:** Elevador, silla de ruedas, control, PLC, arduino.

### **ABSTRACT**

The initiative for the implementation of this project started with a need, people with limited capacity in Ecuador do not have any access to public transport use, once raised the need a solution was found, which was to design a wheelchair lifter for omnibuses. This is where the project idea was born; it is very complicated to be completed in a single step, then the design of the second step consists of correcting errors presented in the structural design, a cam follower mechanism, a safety one and a control system by a PLC and a PCB controlled by a microcontroller.

**Key words:** wheelchair lifter, control, PLC, microcontroller.

## Introducción

Existen muchos tipos de elevadores de silla de ruedas pero la particularidad del presente proyecto es que se lo realiza con mecanismos, todo el movimiento y accionamiento de la plataforma de conexión es accionada mediante un mecanismo leva-seguidor y para la parte del mecanismo de seguridad para que no se caiga la silla de ruedas de la plataforma es accionada también por un mecanismo el cual se explicará a detalle más adelante. Todo el control de subida y bajada del sistema elevador de silla de ruedas será realizado ya sea mediante un PLC o una placa controlada por un arduino, para que el estudiante pueda realizar controles mediante el uso de dos diferentes controladores con dos diferentes lenguajes de programación.

## Mecanismo inverso leva-seguidor

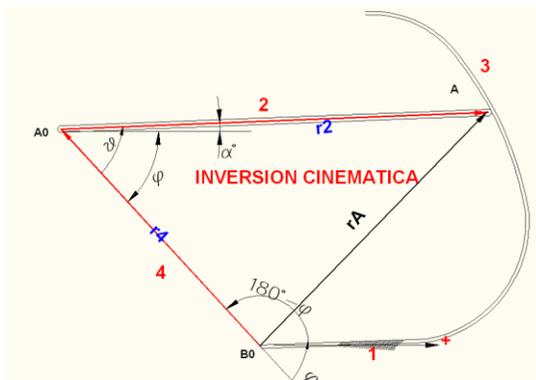


Figura 1. Circuito Vectorial leva-seguidor

De la figura 1 se plantea el siguiente lazo definido:

$$rA = r4 \cdot e^{(180-\phi) \cdot i} + r2 \cdot e^{(\theta-\phi) \cdot i}$$

Donde  $r4 = A0B0$  y  $r2 = A0A$ .

Para el diseño de la leva se necesita del ángulo inicial del brazo cuando la plataforma esta abajo, figura 2 y del ángulo de rotación total del pivote calculado mediante el software Working Model como se observa en la figura 3.

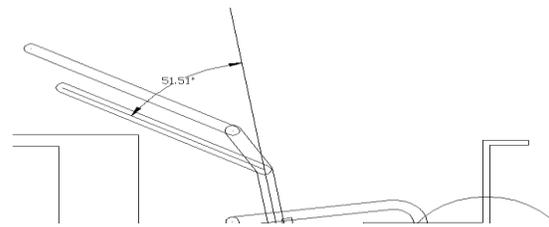


Figura 2. Angulo referencial plataforma abajo

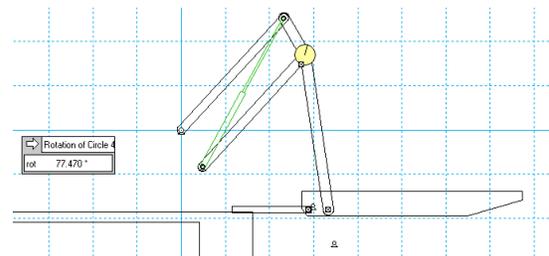


Figura 3. Angulo rotación pivote leva

Para calcular el ángulo  $\beta_1$  se restan de  $180^\circ$  los  $77.47^\circ$  del ángulo de rotación del pivote de la leva menos los  $51^\circ$  del ángulo referencial menos  $10^\circ$  que comprende el ascenso y descenso de la plataforma de conexión, obteniendo:

**Tabla 1. Ángulos para la generación de la leva**

$\beta_1=41.53^\circ$  (ángulo calculado anteriormente)

$\beta_2=5^\circ$  (ángulo de descenso de la plataforma pequeña)

$\beta_3=5^\circ$  (ángulo de ascenso de la plataforma pequeña)

$\beta_4=15^\circ$  (ángulo de reposo)

Para corregir una pequeña colisión que surgió con la plataforma de conexión al utilizar los valores de la tabla 1, se tuvo que utilizar un ensayo de prueba y error para determinar los nuevos parámetros que se observan en la tabla 2.

**Tabla 2. Ángulos óptimos para generar la leva**

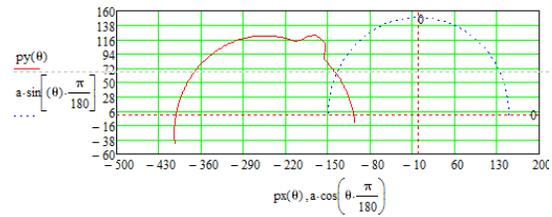
$\beta_1=41.53^\circ$  (ángulo calculado anteriormente)

$\beta_2=6^\circ$  (ángulo de descenso de la plataforma pequeña)

$\beta_3=6^\circ$  (ángulo de ascenso de la plataforma pequeña)

$\beta_4=12^\circ$  (ángulo de reposo)

Resolviendo en MathCad las ecuaciones del cálculo del perfil de la leva se obtiene su perfil tal como se observa en la figura 4.



**Figura 4. Perfil de la leva**

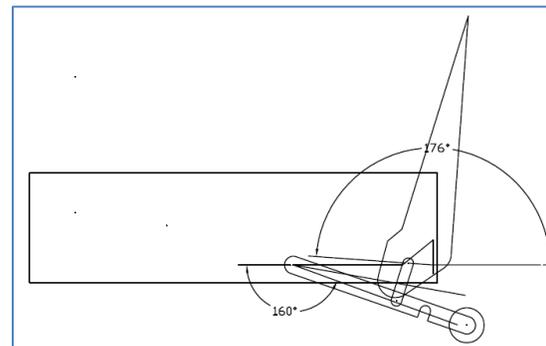
Una vez obtenido el perfil de la leva, se procede a maquinar el mismo en una fresadora CNC, figura 5.



**Figura 5. Maquinado de las levas**

### Diseño del mecanismo de seguridad

Para el diseño del mecanismo de seguridad se usó una síntesis gráfica de coordinación de tres ángulos de salida con tres ángulos de entrada.



**Figura 6. Ángulos  $\theta_{21}$  y  $\theta_{41}$**

De la figura 6 se observa que  $\theta_{2I}=340^\circ$  y  $\theta_{4I}=176^\circ$

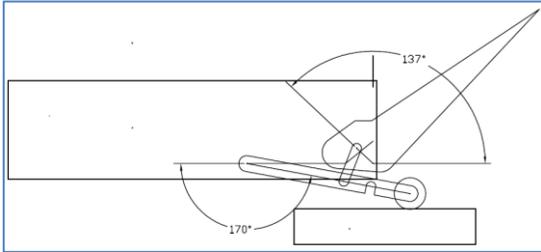


Figura 7. Ángulos  $\theta_{2II}$  y  $\theta_{4II}$

De la figura 7 se observa que  $\theta_{2I}=350^\circ$  y  $\theta_{4I}=137^\circ$

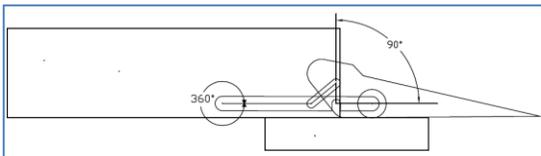


Figura 8. Ángulos  $\theta_{2III}$  y  $\theta_{4III}$

De la figura 8 se tiene que  $\theta_{2III}=360^\circ$  y  $\theta_{4III}=90^\circ$ . Así de esta manera se obtuvieron los tres ángulos de salida para los tres ángulos de entrada respectivamente. Resolviendo las ecuaciones en MathCad:

$$\theta_{21} := 340 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \theta_{41} := 176 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$\theta_{22} := 350 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \theta_{42} := 137 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$\theta_{23} := 0 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \theta_{43} := 90 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$M := \begin{pmatrix} \cos(\theta_{41}) & -\cos(\theta_{21}) & 1 \\ \cos(\theta_{42}) & -\cos(\theta_{22}) & 1 \\ \cos(\theta_{43}) & -\cos(\theta_{23}) & 1 \end{pmatrix} \quad C1 := \begin{pmatrix} \cos(\theta_{41} - \theta_{21}) \\ \cos(\theta_{42} - \theta_{22}) \\ \cos(\theta_{43} - \theta_{23}) \end{pmatrix}$$

$$k := M^{-1} \cdot C1 \quad k = \begin{pmatrix} 1.243 \\ 4.615 \\ 4.615 \end{pmatrix}$$

Es importante que los valores de k sean positivos caso contrario debemos cambiar los ángulos iniciales  $\theta_{41}$  y  $\theta_{21}$ .

$$k1 := k_0 \quad k2 := k_1 \quad k3 := k_2$$

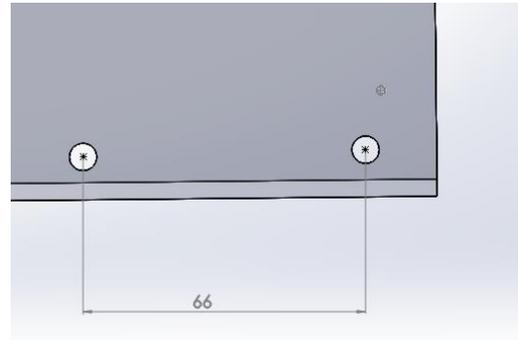


Figura 9. Eslabón r1

$$r1 := 66$$

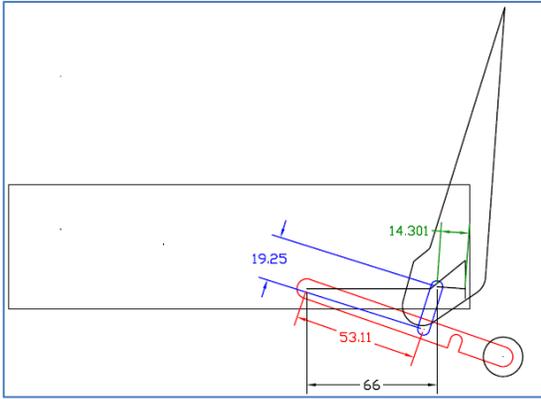
$$r2 := \frac{r1}{k1} \quad r2 = 53.114$$

$$r4 := \frac{r1}{k2} \quad r4 = 14.301$$

$$r3 := \sqrt{r1^2 + r4^2 + r2^2 - 2 \cdot k3 \cdot r2 \cdot r4}$$

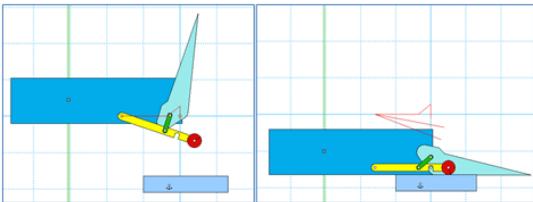
$$r3 = 19.25$$

Ya con los eslabones calculados queda finalizado el mecanismo de seguridad tal como se observa en la figura 10.



**Figura 10. Medidas finales Mecanismo de seguridad**

La simulación del correcto funcionamiento del mecanismo se lo observa en la figura 11.



**Ilustración 11. Simulación Mecanismo de Seguridad**

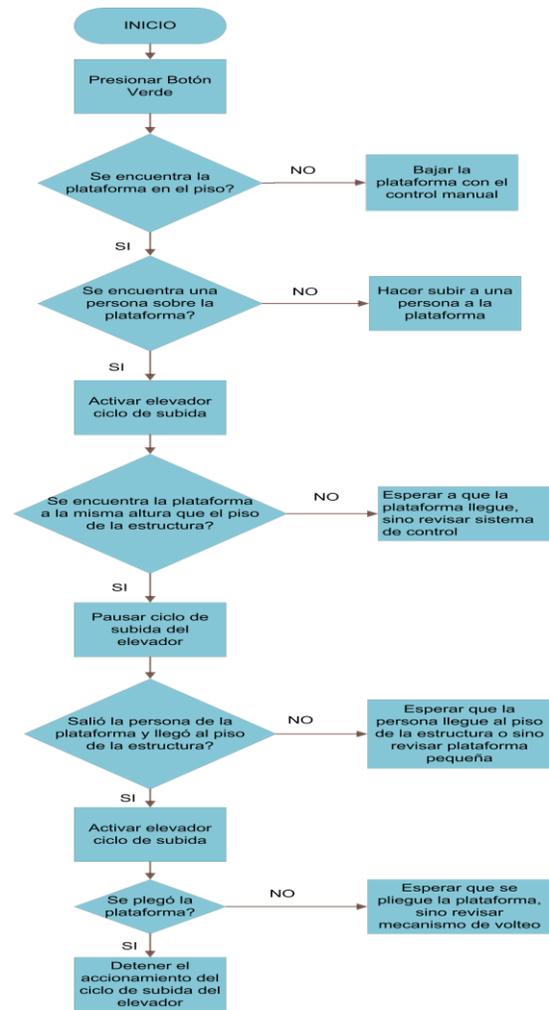


**Figura 12. Implementación del mecanismo de seguridad**

**Diseño del sistema de control**

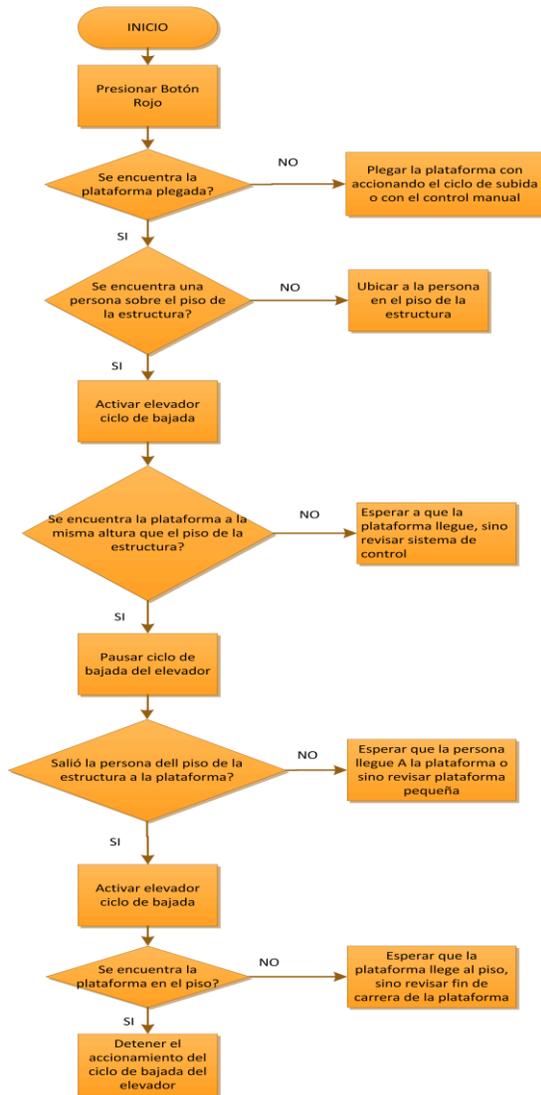
Se van a utilizar dos tipos de controladores para realizar el control del

proceso de subida y bajada del sistema elevador de silla de ruedas, el primer tipo de controlador es uno que se utiliza más para procesos industriales ya que es de mayor confiabilidad y es el PLC y el otro que es un arduino UNO que va a hacer la misma función del PLC pero a través de una placa PCB para acondicionar la señal de 24 voltios DC de los sensores y para lograr tener salidas tipo relé y de 110 voltios AC.



**Figura 13. Lógica de programación para proceso de subida**

En la figura 13 se puede observar la lógica de programación para el proceso de subida tanto para el programa realizado en el PLC como para el programa realizado en el arduino.

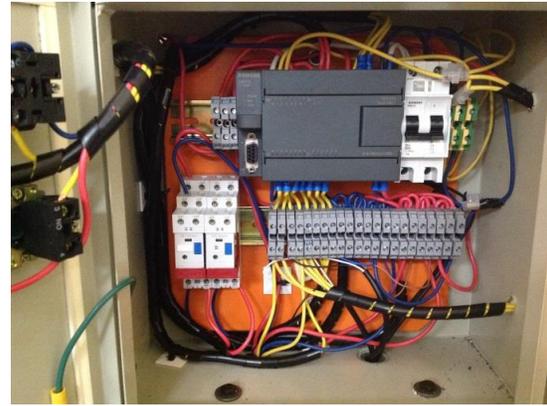


**Figura 14. Lógica de programación para proceso de bajada**

En la figura 14 se puede observar la lógica de programación para el proceso de bajada tanto para el programa

realizado en el PLC como para el programa realizado en el arduino.

### **Control mediante un PLC**



**Figura 15. Tablero de control del PLC Siemens s7-200 CPU 224**

Como se observa en la figura 15 se implementó un PLC Siemens S7-200 CPU224 para que realice las secuencias de subida y bajada del elevador de silla de ruedas.

### **Control mediante un arduino UNO a través de una placa PCB**



**Figura 16. Placa PCB controlada por arduino**

La placa PCB que se observa en la figura 16 posee dos fuentes DC, una de 24 voltios para alimentar a los sensores y

otra de 5 voltios para alimentar al arduino. Se utilizaron optoacopladores para acondicionar la señal de 24 voltios a 5 voltios y relés para poder tener las salidas de 110 V AC y una salida tipo relé para el accionamiento de la bomba hidráulica.

### **Resultados**

Se logró obtener con éxito todos los movimientos deseados con los mecanismos antes descritos, cabe mencionar que para la leva hubo un cambio del 1.5% en la medida de los ángulos mediante ensayo de prueba y error para poder mejorar el movimiento deseado.



**Figura 17. Implementación final del elevador de silla de ruedas.**

De esta manera se observa en la figura 17 la implementación final del elevador de silla de ruedas, el cual funcionó de

manera correcta con todos los mecanismos diseñados.

### **Conclusiones y recomendaciones**

- Se pudo demostrar que pese a que hay modelos de elevadores de sillas de ruedas en el mercado, los cuales tienen un accionamiento de las rampas y plataformas de conexión con motores eléctricos, se puede hacer lo mismo con mecanismos de forma mecánica.
- El control para términos didácticos es preferible hacerlo mediante un arduino con una PCB y para procesos industriales mediante un PLC ya que es más confiable y tiene una vida útil mayor.

### **Referencias bibliográficas**

- [1] Olmedo, J. F. (2011, Abril 28). Diseño del mecanismo de accionamiento de la plataforma de acceso del sistema de elevación para personas con movilidad limitada. Sangolqui, Pichincha, Ecuador.
- [2] Puma, A., & Santos, S. (2011). Sangolqui, Ruminahui, Ecuador: Tesis.
- [3] *Ricon Corporation*. (2014). Retrieved abril 3, 2014, from [www.riiconcorp.com](http://www.riiconcorp.com)

