

CAPÍTULO 3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

En este capitulo se abarcaran temas respecto al sistema mecánico o planta que se utilizó, se expondrán los cálculos necesarios para obtener el punto deseado en un plano XY, así como la descripción del proceso de construcción, tanto matemática como mecánica. Como se mencionó en un principio, se utilizaron bloques de lego para construir el sistema mecánico. Hubo dos etapas de construcción, la primera abarca la parte del sistema mecánico que se encarga del movimiento angular, la segunda es sobre el movimiento acimutal.

3.1 Cálculos

Para este apartado, hay que considerar una serie de factores iniciales. Tenemos primero que pensar en lo que va a hacer el sistema mecánico o planta. Para esto, partimos de las coordenadas, ya que se tiene que hacer un monitoreo en un plano XY, entonces, tenemos que hacer que la cámara apunte hacia el punto deseado. Para esto se utilizó simple geometría analítica. Tomando esto en consideración podemos a empezar a describir el proceso del diseño de la planta.

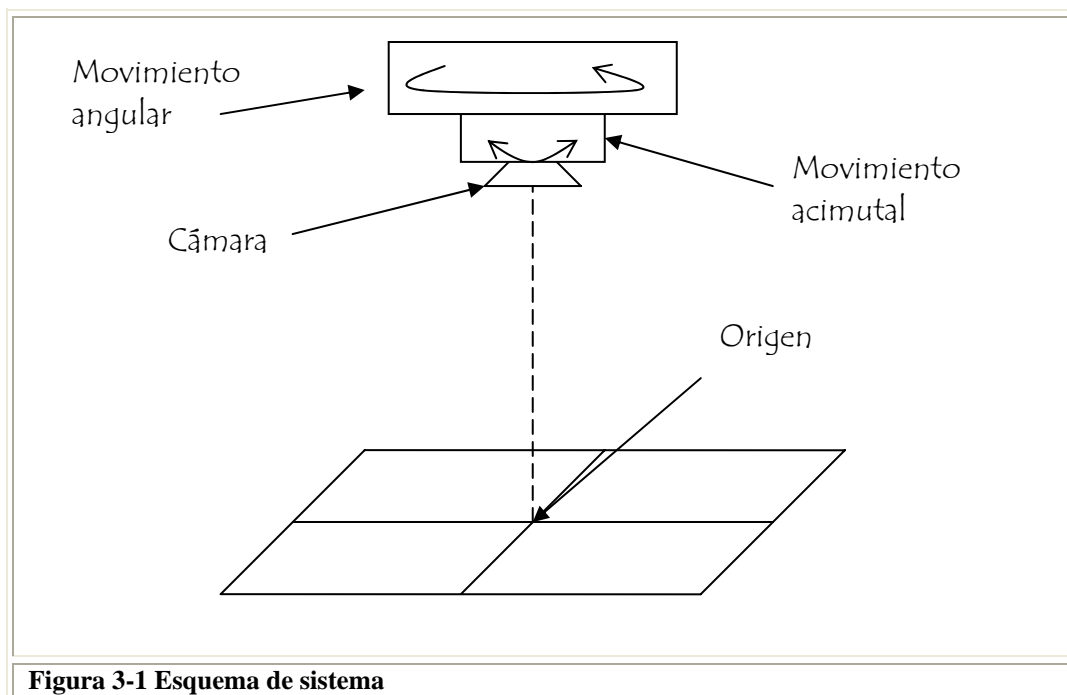
3.1.1 Plano XY

Como bien sabemos, un plano coordenado es una herramienta matemática que se utiliza para representar los comportamientos de ecuaciones en forma de graficas. Tiene un origen, una dirección en X y otra dirección en Y. También lo utilizamos como

herramienta para ubicar objetos o cosas, como los mapas geográficos con longitud y latitud. Una ecuación al ser graficada en un plano XY está mostrando todas las soluciones posibles de la misma con respecto a las variables. Con lo anterior y una ecuación correcta podemos hacer un seguimiento de una función

3.1.2 Detección de coordenadas

Entonces, hay que pensar, ¿Cómo vamos a empezar a monitorear las coordenadas?, la respuesta a esto genera otra pregunta que es ¿En que punto se va a colocar el sistema mecánico con la cámara? La respuesta es muy simple, se puede colocar en cualquier lugar, en una pared o en un techo, lo importante aquí es que el punto señalado en su estado inicial será considerado nuestro origen del sistema coordenado. Como lo muestra la Figura 3-1



Ahora pensemos en las coordenadas. El sistema recibirá unas determinadas coordenadas, una para X y otra para Y . Ahora, como es un sistema que se va a montar en un lugar apropiado para realizar el monitoreo, hay una variable muy importante que

se tiene que considerar, a la cual llamaremos A , esta es la distancia entre la cámara y el punto de inicio del monitoreo, cuando se instale este sistema en un lugar apropiado la variable se vuelve una constante. Teniendo en consideración todo lo anterior el sistema mecánico debe apuntar hacia un punto determinado, utilizando los movimientos angular y acimutal. Entonces, al estar en el punto inicial $(0,0)$ tenemos un movimiento angular de 0° y un movimiento acimutal de 0° . En otras palabras, con unas coordenadas iniciales obtendremos dos ángulos, uno para cada movimiento, de aquí lo aplicaremos al sistema mecánico para la localización del punto deseado.

3.1.3 Movimiento Acimutal

El primer paso es determinar este movimiento, pues como lo muestra la Figura 3-2, el ángulo que debe desplazarse la parte del sistema mecánico que se encarga del movimiento acimutal está determinado por la distancia entre el punto deseado y el origen, misma que hay que determinar.

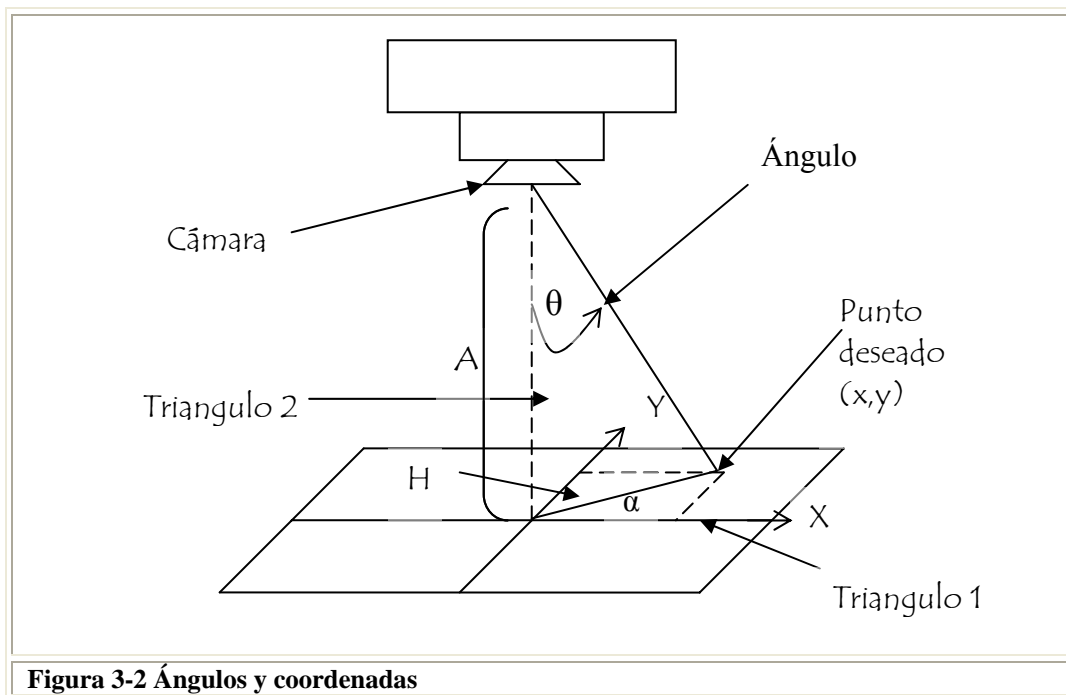


Figura 3-2 Ángulos y coordenadas

Para esto, utilizamos el teorema de Pitágoras [3] en el triángulo que se forma en el plano, al que denominamos triángulo 1.

$$\text{Hipotenusa}^2 = \text{ladoA}^2 + \text{ladoB}^2$$

Sustituyendo los valores conocidos tenemos:

$$H^2 = X^2 + Y^2$$

Ahora para determinar el ángulo θ del triángulo denominado 2 utilizamos la fórmula:

[3]

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{opuesto}}{\text{adyacente}}\right)$$

Donde el cateto opuesto es la distancia determinada en el triángulo 1; la hipotenusa, el adyacente es la variable A, de la que se habló en un principio. Sustituyendo estas variables tenemos lo siguiente:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{A}\right)$$

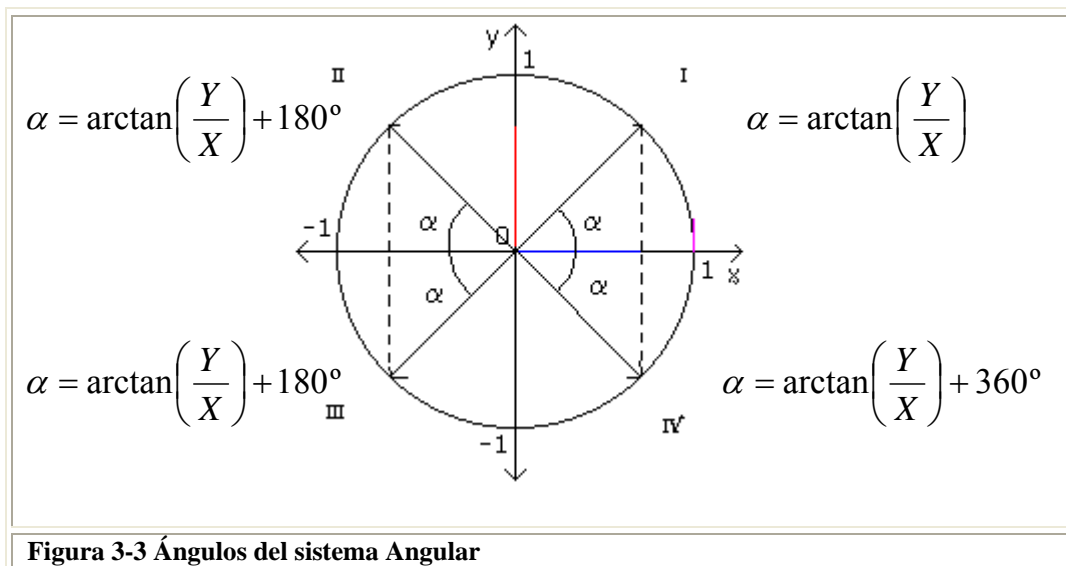
Hay que tomar en consideración que sólo determinamos el ángulo del triángulo 2, la distancia entre el origen, donde situamos la cámara y el punto deseado.

3.1.4 Movimiento angular

Este movimiento está relacionado con el ángulo α que se forma en el triángulo 1 de la figura 3-2 y es el que va a complementar el monitoreo a través del plano XY. Ahora, normalmente un ángulo se posiciona con el vértice en el origen de un plano coordenado, en este caso un plano XY, sobre el eje de las X se pone su lado inicial. Cuando giramos el lado inicial de un sentido contrario al de las manecillas de un reloj se dice que se tiene un ángulo positivo, o un ángulo agudo. Cuando giramos en sentido de las manecillas de un reloj se dice que se tiene un ángulo negativo o ángulo obtuso. [3]

Tomando esto en consideración y dependiendo de en que cuadrante del plano coordenado se encuentra nuestro ángulo se sumó una compensación en grados a la formula de arc tangente para tener el ángulo correcto.

Para los ángulos ubicados en el primer cuadrante no hubo necesidad de hacer una compensación, puesto que son positivos, en el segundo cuadrante se sumaron 180°, pues al aplicar la formula el ángulo obtenido es obtuso, el tercer cuadrante sólo hay que aumentarle los 180° de los dos primeros cuadrantes, este ángulo es agudo, para el último a 360° se resta el ángulo negativo. La Figura 3-3 muestra lo anterior



Para seleccionar el ángulo que vamos a utilizar y para casos indeterminados como lo es el punto (0,0) se siguieron las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}
 X \geq 0 = Y &\rightarrow \alpha = 0^\circ \\
 X \geq 0 > Y &\rightarrow 0^\circ > \alpha \leq 90^\circ \\
 X < 0 > Y &\rightarrow 91^\circ > \alpha < 179^\circ \\
 X < 0 \leq Y &\rightarrow 180^\circ \geq \alpha \leq 269^\circ \\
 X \geq 0 < Y &\rightarrow 270^\circ > \alpha < 360^\circ
 \end{aligned}$$

Con todo lo anterior ya podemos decir que tenemos un diseño conceptual de lo que queremos que realice la planta, podemos ver que con simple trigonometría podemos modelar los movimientos de un sistema dado, existen muchas técnicas que se pueden utilizar, como lo son los teoremas de los cosenos y senos. Pero por las características de este sistema no fue necesario utilizar lo anterior.

El paso siguiente es llevar este modelo conceptual a un plano real, en otras palabras, la construcción del sistema mecánico.

3.2 Construcción del sistema mecánico

En un sistema mecánico podemos tener movimientos de objetos, con ayuda de engranes, poleas y motores, podemos generar movimientos horizontales, verticales angulares y acimutales, con estas características anteriores podemos hacer un modelo con las especificaciones requeridas para este trabajo.

Para facilitar el trabajo, la construcción del sistema mecánico se dividió en dos etapas, una fue la encargada del movimiento angular, la otra se encargó del movimiento acimutal, los materiales para la construcción fueron bloques de lego, pues como se mencionó en un principio esta compañía se á enfocado al desarrollo de un nuevo sistema que ellos denominan “jugar aprendiendo”. Se hará una breve mención de esto antes de empezar describir las etapas de construcción.

Ya para finalizar la construcción del sistema mecánico se montará una WebCam con puerto USB, en un lugar apropiado, para tener un monitoreo completo.

3.2.1 Lego Mindstorm

Lego system, a lo largo del tiempo ha venido evolucionando como lo que muchos denominan el mejor juguete el mundo, quién no recuerda haber tenido un “lego” en su infancia, los que recuerden esto sabrán en que consistía este concepto de lego, con unos cuantos bloques de plástico se podían construir una gran cantidad de cosas. Desde un carrito, hasta un avión, sólo había que imaginar y crear. Pues hace algunos años se lanzó un juguete que está revolucionando del método de enseñanza tecnológico, este es *Lego Mindstorms*, con las mismas bases del lego, sólo que esta línea dentro de su inventario incluye una diversidad de elementos mecánicos y electrónicos, como lo son sensores de posición, detectores de colores, motores de DC, piezas mecánicas como poleas, engranes, ejes, sistemas electrónicos para controlar estos elementos, un software especializado con ambiente muy amigable, en fin, todo un método para el desarrollo creativo de las personas, no sólo niños, sino también jóvenes y adultos.

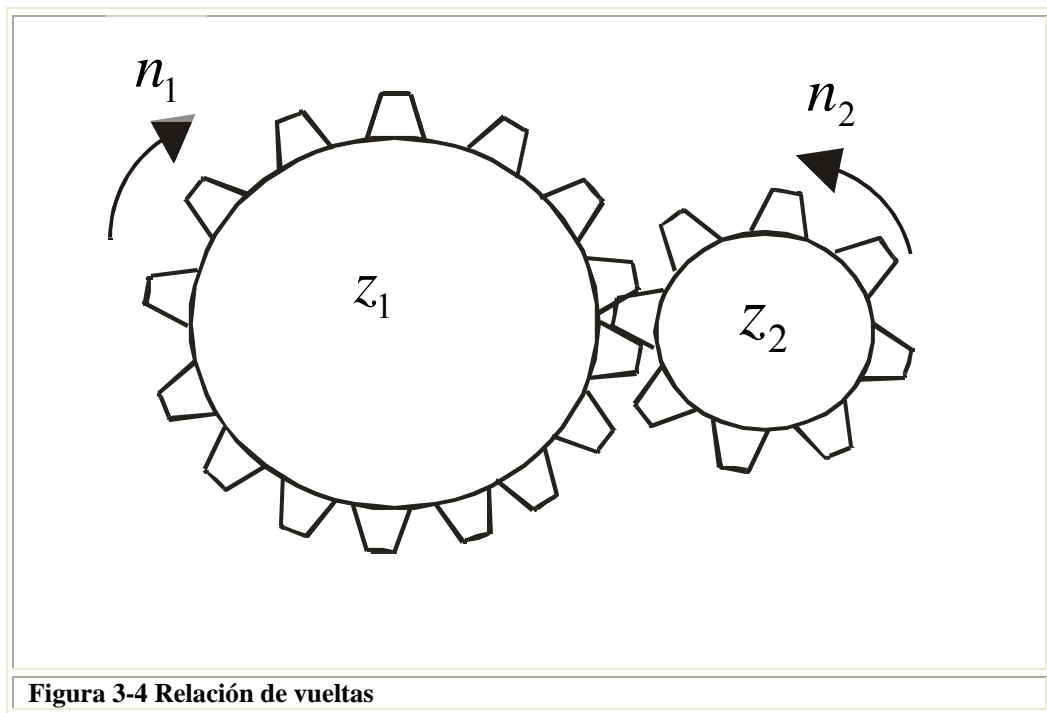
Para este proyecto sólo se tomaron los elementos mecánicos y motores. Para mayor información al respecto de lego Mindstorms se puede consultar el libro “Creative Projects With Lego Mindstorms” de Benjamín Edwin. [2]

3.2.2 Etapa 1 construcción del sistema mecánico con movimiento angular

EL objetivo en esta etapa es construir un sistema mecánico con características específicas; que gire una base 360°, que lo haga a una velocidad moderada y tener un lugar apropiado para hacer un acondicionamiento de instrumentación.

El motor lego es un dispositivo de DC a 9volts, trabaja a 350rpm, que en conjunto con los engranes, que son ruedas con dientes, es capaz de transmitir su movimiento a través de todo el sistema mecánico, así como cambios de velocidad, entre otras características.

Tomando en consideración que si a un engrane pequeño se le encaja un engrane más grande tenemos una disminución en la velocidad del sistema, por el contrario, si en el engrane grande se le monta uno menor tenemos una velocidad mayor en el sistema. La forma para determinar la relación de vueltas de un engrane a otro se muestra en la Figura 3-4.



Donde “n” es el número de vueltas y “z” el número de cada uno de los dientes del engrane, con esto obtenemos la siguiente relación:

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2 \quad [10]$$

Con todo lo anterior se construyó un sistema como el que muestra la Figura 3-5, al que se le denomina tren de engranes.

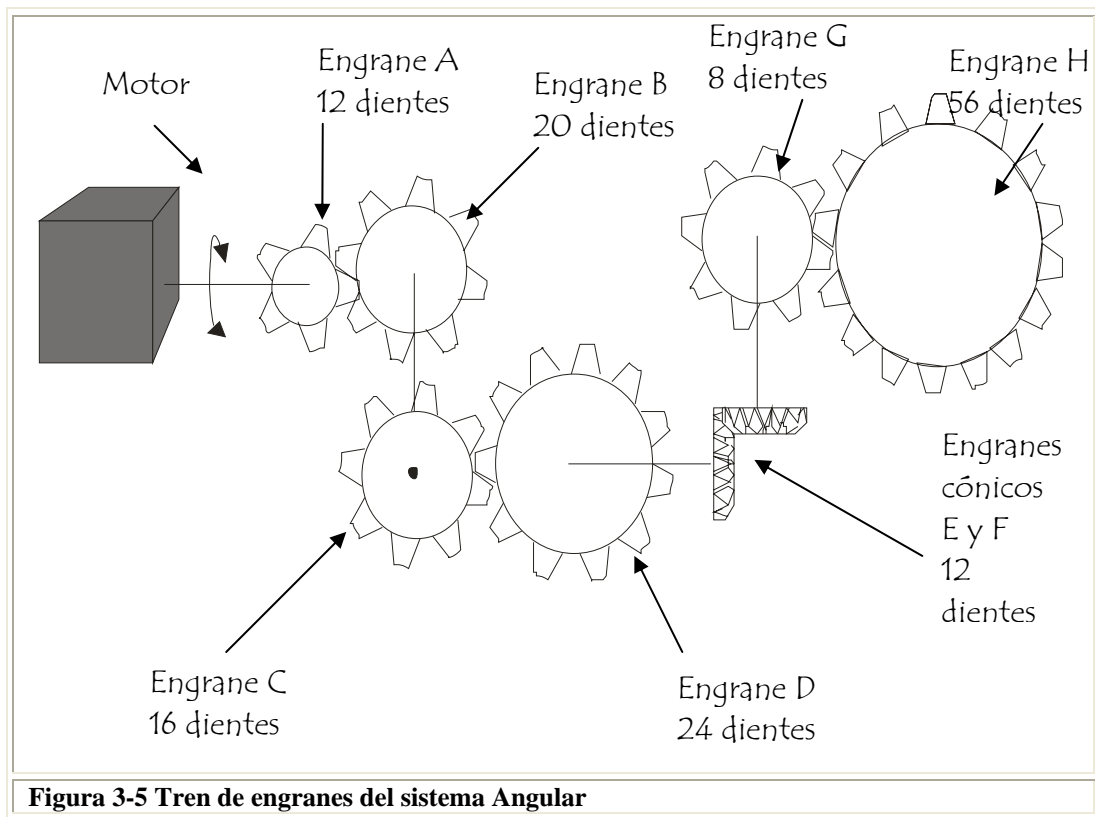


Figura 3-5 Tren de engranes del sistema Angular

La relación de vueltas entre cada par de engranes se muestra en la Tabla 3-1, los valores se obtuvieron tomando como referencia el engrane H ya que es aquel que dará el movimiento de 360° a nuestro sistema.

Tabla 3-1 Relación de vueltas entre los engranes del sistema angular

Par de Engranes	Relación de vueltas
A y B	1.6667 : 1
C y D	1.5 : 1
E y F	1 : 1
G y H	7 : 1

La relación de vueltas entre el primer engrane y el último es de 17.5 por 1 vuelta y se determinó con la formula:

$$n_A = n_H \frac{z_H \cdot z_D \cdot z_B}{z_G \cdot z_C \cdot z_A} \quad [10]$$

El porqué de esta relación de vueltas tiene que ver con el acondicionamiento de la planta, ya que los potenciómetros utilizados como transductores de posición son multi—vueltas y su rango de carga es de 18 vueltas.

Como se mencionó en un principio se utilizaron legos para hacer la construcción del sistema mecánico, con los datos anteriormente enumerados, se pasó a la elaboración física de la misma, se armaron varios modelos pero por su ineficiencia se desecharon, en la Figura 3-6 muestra una imagen del último prototipo de la planta.

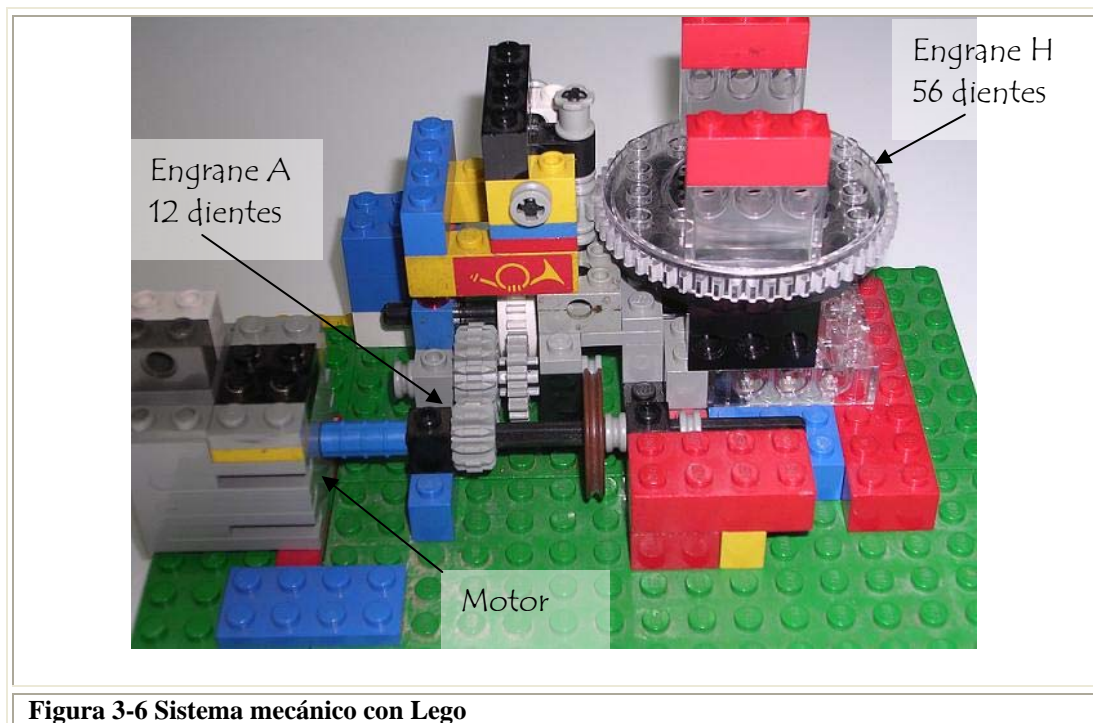


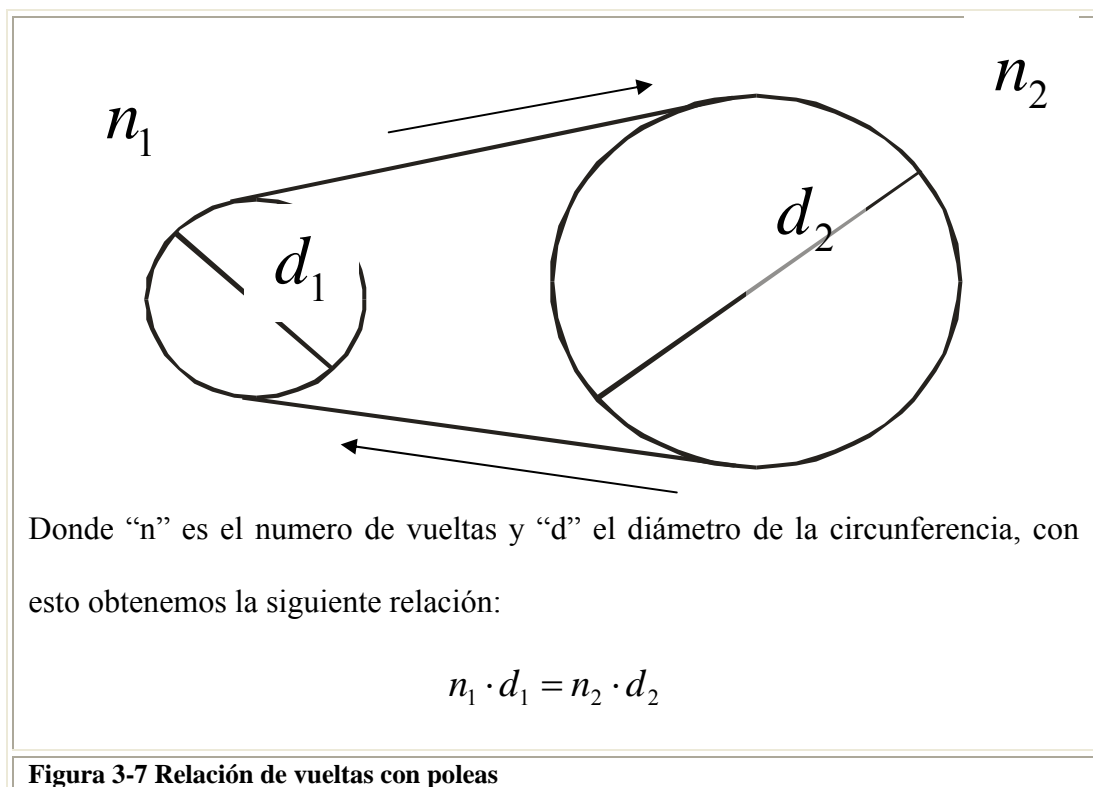
Figura 3-6 Sistema mecánico con Lego

Hay que recordar que esta parte del sistema mecánico sólo realiza el movimiento angular de nuestra planta, en las siguientes páginas se describirá la construcción del movimiento acimutal.

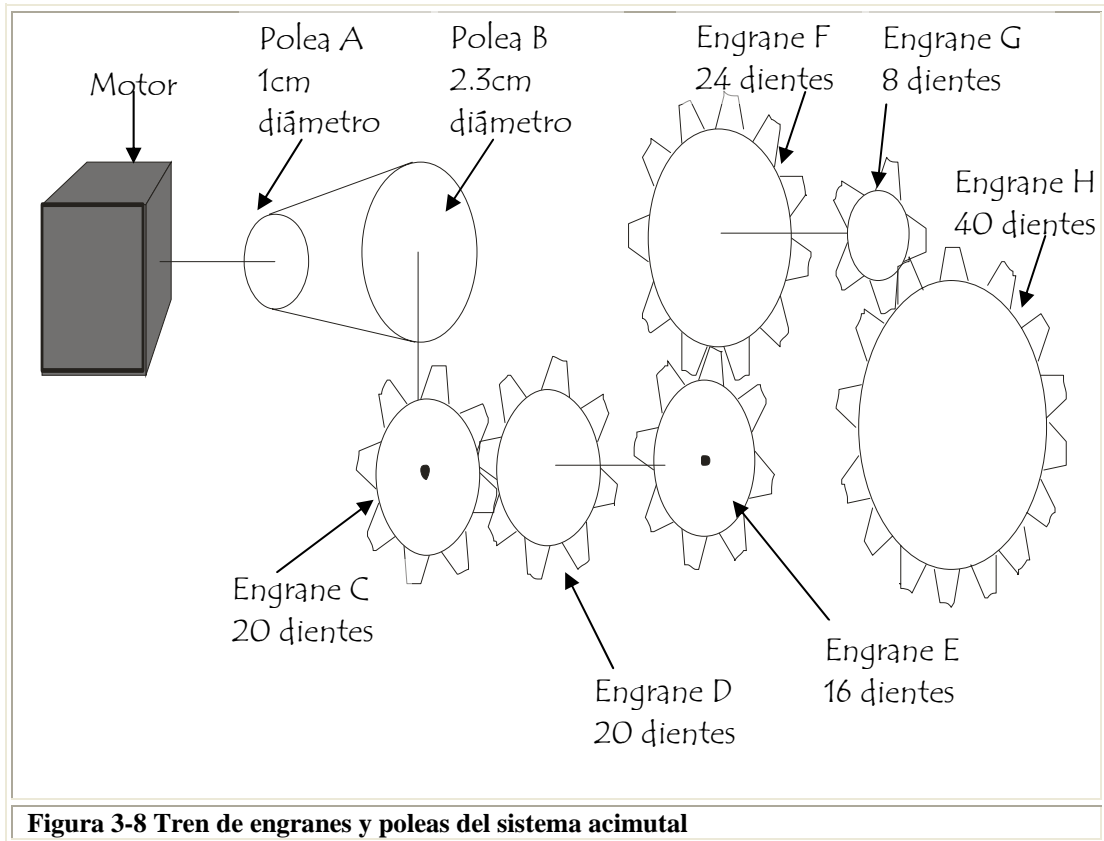
3.2.3 Etapa 2: Construcción del movimiento acimutal

Los objetivos a seguir en esta etapa son los siguientes: Construir un sistema mecánico capaz de realizar un movimiento acimutal, que vaya de 0° a 90°, que el diseño sea apto para el acondicionamiento electrónico y para el montaje de una WebCam.

Este diseño estuvo más austero que el anterior, pues el material disponible ya era escaso. Se incluyeron engranajes y poleas, estas ultimas para no forzar al motor de DC, ya que se le puso un tope de paro en la parte superior, así no corremos el riesgo de que el motor se quemé, la relación de vueltas entre estos dispositivos mecánicos se muestra en la Figura 3-7.



Con lo anterior y con lo mencionado en la etapa 1 sobre engranajes y relaciones de vueltas y velocidad se diseñó el siguiente sistema mecánico, mostrado en la Figura 3-8, que complementará la planta para el monitoreo en un plano XY.



En la Tabla 3-2 se muestra la relación de vueltas en cada uno de los pares de engranes y de las poleas, igual que en el sistema anteriormente diseñado la referencia fue el engrane H, sólo que para este caso, no se necesita una vuelta sino un cuarto de vuelta, o lo que serían 90° .

Tabla 3-2 Relación de vueltas entre los engranes y poleas del sistema acimutal

Par de Engranes	Relación de vueltas
A y B	2.3 : 1
C y D	1 : 1

E y F	1.5 : 1
G y H	5/4 : 1/4

Entre la polea A y el engrane H hay una relación de vueltas de 4.3 a $\frac{1}{4}$, para determinar lo anterior solamente se tuvo que utilizar la formula anteriormente descrita y su resultado multiplicarlo por $\frac{1}{4}$. En la Figura 3-9 se muestra terminado el sistema.

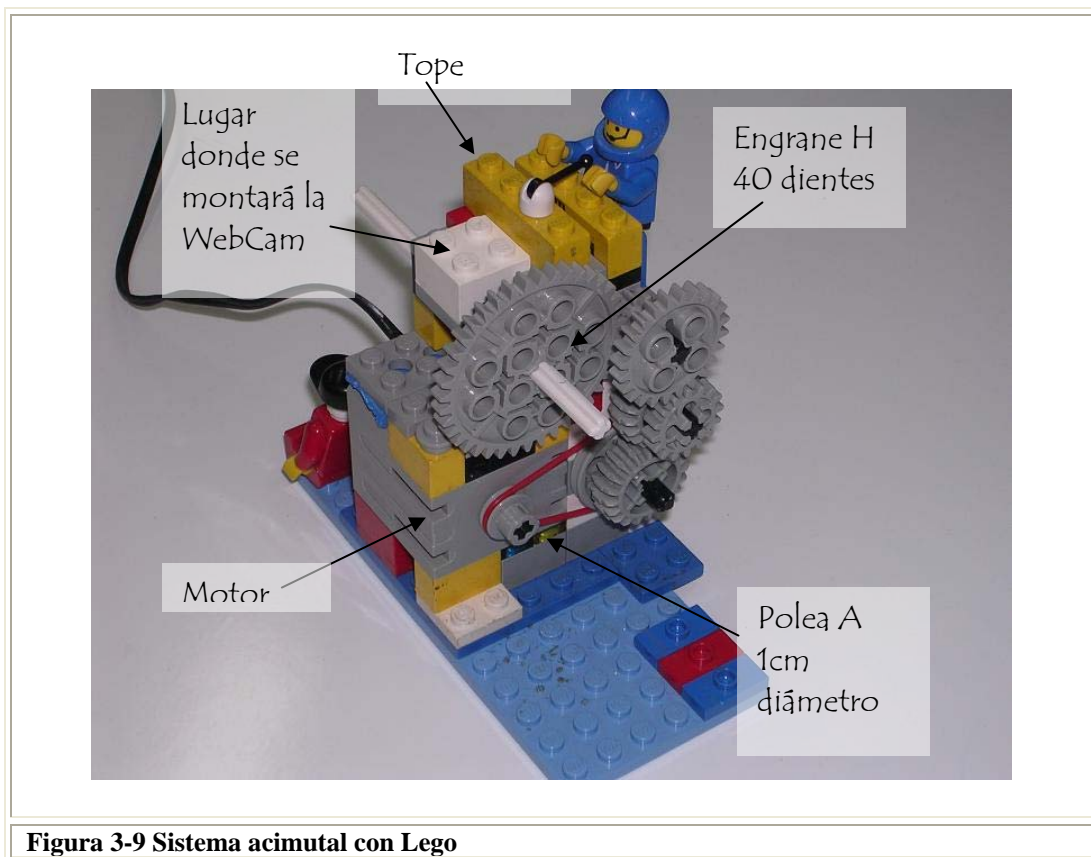


Figura 3-9 Sistema acimutal con Lego

El cubo blanco que se encuentra en la parte superior de la planta, está alineado con el centro del engrane H del sistema mecánico que realiza el movimiento angular.

Teniendo esta parte lista, nuestro sistema mecánico para el monitoreo en un plano XY sólo necesita la WebCam para estar finalizado.

3.2.4 Montaje de la WebCam

En esta parte se construyó una base para montar la WebCam, con la debida alineación con el centro del engrane H antes mencionado. Debido a que el cascaron de la WebCam hubiese dificultado el montado de la misma se desecho. En la Figura 3-10 se muestra la base construida y la WebCam montada en la misma.

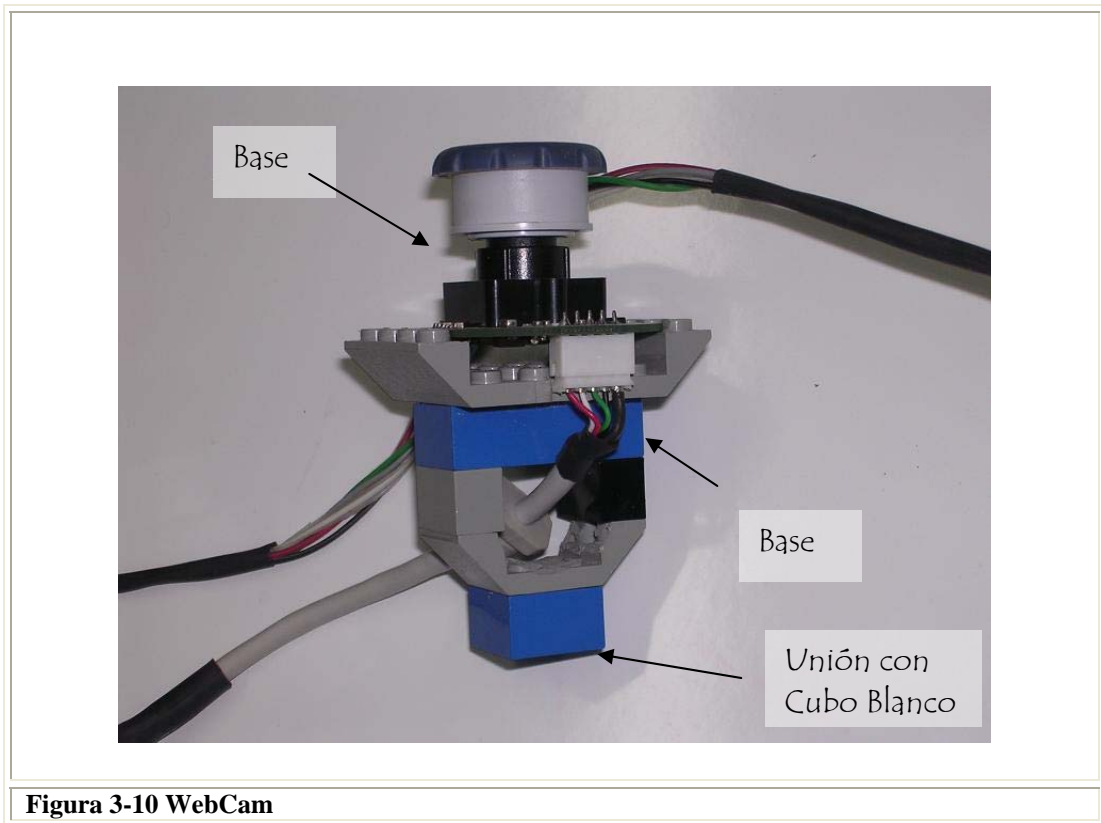


Figura 3-10 WebCam

Ya para finalizar este capítulo en la Figura 3-11 se muestra la planta terminada, con los dos sistemas mecánicos unidos para el monitoreo, así como con la WebCam montada y lista para funcionar. A modo de nota, se hizo también una base similar a la mostrada en la WebCam, sólo que en esta última se hizo el montaje de un láser, esto con el motivo de hacer pruebas de calibración. Pero hay que mencionar que con este láser se pueden hacer algunas aplicaciones, como hacer un dibujo en papel fotográfico. Incluso se podrían hacer extensiones para que este sistema simulara un brazo mecánico.

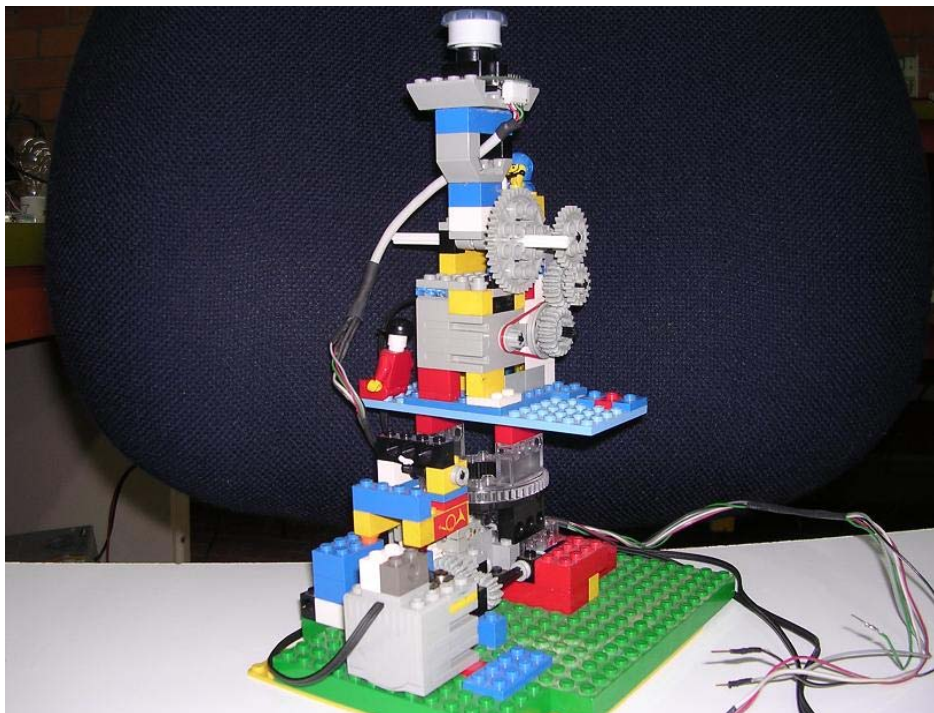
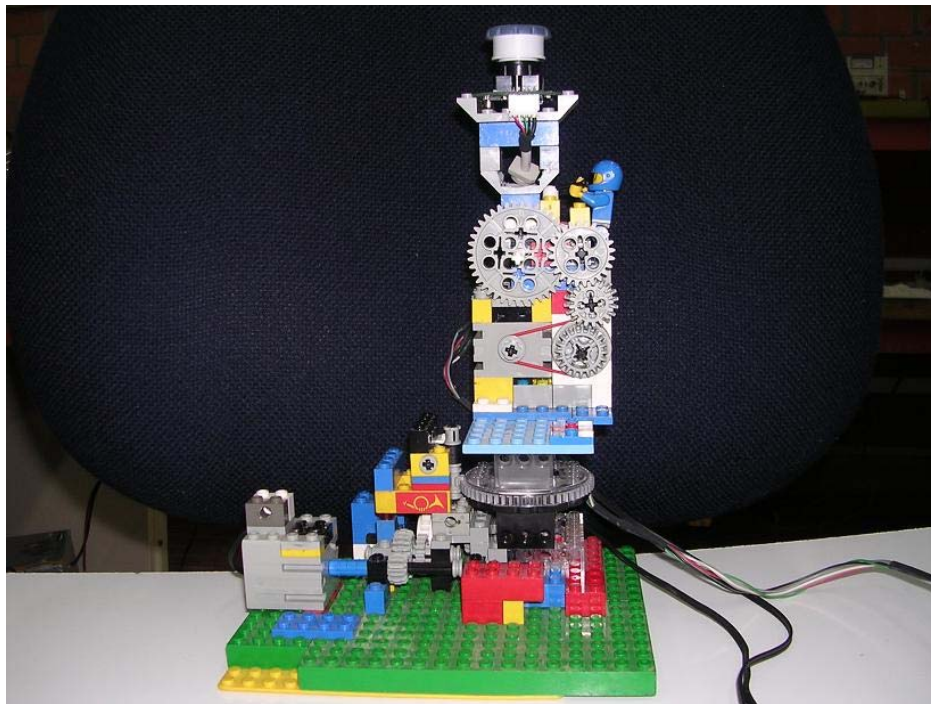


Figura 3-11 Sistema mecánico completo