



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

TESIS

**“SILLA–BANCO CON ALTURA AJUSTABLE Y
PROGRAMABLE”**

**ASESOR DE TESIS
ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA**

**ALATRISTE CARBALLO ENRIQUE ALEJANDRO
ARIAS CABELLO HÉCTOR**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ÍNDICE

CAPITULO I “Silla-Banco con altura ajustable y programable”

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivo
- 1.3 Metas
- 1.4 Planteamiento del Problema

CAPITULO II “Propuestas de Solución”

- 2.1 Propuestas de solución
- 2.2 Evaluación de propuestas
- 2.3 Matrices de decisión
- 2.4 Decisión

CAPITULO III “Desarrollo y diseño de la propuesta final”

- 3.1 Componentes del diseño
- 3.2 Sistema de elevación
- 3.3 Sistema de variación de ángulo
- 3.4 Sistema de control
- 3.5 Análisis de las partes críticas del diseño
- 3.6 Lista de materiales y costo aproximado

CONCLUSIONES

APÉNDICES

APÉNDICE A “PLANOS”

APÉNDICE B “PROGRAMACIÓN”



Introducción

Es muy común ver personas de la tercera edad siendo ayudadas para levantarse de las sillas, camas o sillones, en general de cualquier asiento y esto es debido a la dificultad que se les presenta para hacerlo por sí mismos. Esta falta de capacidad se debe a la pérdida gradual de la fuerza en sus músculos responsables para esta tarea por el envejecimiento natural de los mismos, obligando así a este sector de la población a ser dependientes de otras personas para poder realizar sus actividades.

Bajo estas razones, y mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecatrónica, proponemos una solución a este problema con el desarrollo conceptual de una “**Silla-banco con altura variable**” que les permita valerse un poco más por sí mismos, sobre todo al momento de levantarse.

La “**Silla-banco con altura variable**” es diseñada bajo dos propósitos principales: el primero, es que sea utilizada como una silla de descanso o de uso común, con la ventaja de que está diseñada para levantar a las personas cuando estas lo deseen; el segundo, es utilizar este mismo sistema en su forma de banco, para ayudar a levantarse cuando las personas estén sentadas en cualquier otro tipo de asiento.

Este tipo de productos ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas de la tercera edad, disminuyendo la dependencia que se tiene con otras personas para llevar una vida más autónoma, y por lógica inercia plena.



CAPITULO I

“Silla-Banco con altura ajustable y programable”

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivo
- 1.3 Metas
- 1.4 Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes:

La primera silla de ruedas registrada que se ha construido fue para el rey Felipe II de España, quien tenía un trastorno motriz que le imposibilitaba disfrutar de desplazamiento normal y adecuado.

La primera patente es del año 1869. Era un modelo bimanual, que se impulsaba por ruedas traseras. Luego surgieron otros modelos con tres ruedas que fueron incorporando otras modificaciones. Por ejemplo, las ruedas se fueron adaptando para poder ser utilizadas monomanualmente o trimanualmente.

El primer modelo que se conoce impulsado por electricidad es de 1924, sin embargo no tuvo éxito por la cantidad de ruido que producía. La silla de ruedas como se la conoce actualmente fue construida en el año 1932 por Harry Jennings que fundo la compañía Everest & Jennings.

Hoy en día, la Geriátrica estudia la prevención, curación y rehabilitación de enfermedades en la tercera edad; y la Gerontología estudia los aspectos psicológicos, sociales, económicos y demográficos relacionados con los adultos mayores. Hoy en día existen especialidades como la gerontología psiquiátrica (o psiquiatría gerontológica), que incluyen variables como la calidad de vida y otros fundamentos científicos. Se ha desarrollado también una tecnología social como apoyo e industrialización de avances científicos.



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Una forma de contribuir a disminuir el gran consumo de recursos de salud de la población anciana consiste en reducir en lo posible el período de morbilidad terminal. Para ello hay que mantener a las personas lo más activas posible y capaces de cuidarse a sí mismas casi hasta su muerte. Con ello, disminuirá la duración, aunque no necesariamente la intensidad, de la atención médica que necesitan. Por otra parte, se reducirá evidentemente el sufrimiento y se combatirá la sensación de deterioro de los ancianos y de los familiares que los cuidan.

En resumen, las personas mayores tienen muchas oportunidades, a menudo pasadas por alto tanto por la sociedad como por el individuo, para contribuir económica, social o interpersonalmente a las necesidades de sus familias y sus comunidades.

Las personas que se encuentran en la 3^o edad ya no cuentan con la suficiente fuerza motriz en las extremidades inferiores, por lo cual su movimiento va decreciendo conforme pasa el tiempo, esto les dificulta cualquier actividad cotidiana, se cansan muy rápido, sienten dolor, etc. En caso de las personas con alguna discapacidad física o mentalmente, se presenta la misma problemática ya que se tiene una función básica muy limitada respecto de la media o en casos más severos esta capacidad llega a ser nula.

Sillas de ruedas

La silla de ruedas es una ayuda técnica pensada para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida consistente en una silla adaptada generalmente de cuatro ruedas. Básicamente existen los siguientes tipos:

Eléctricas: Son sillas de ruedas que se mueven por medio de un motor eléctrico y controles de navegación electrónicos / eléctricos.



Manuales: Existen varios tipos: impulsadas por asistente, bimanuales impulsadas por ruedas traseras o delanteras.

Deportivas: Diseñadas para deportes como basquetbol, rugby, tenis, carreras y fútbol

Para Playa: Permiten ingresar al agua y brindan una mayor movilidad en la arena.

Independientemente a la clase a la cual pertenezcan, generalmente son plegables para ahorrar espacio y poder ser transportadas en maleteros y otros habitáculos similares y suelen estar construidas con elementos ligeros y resistentes como lo es el aluminio o el acero reforzado. En ciertos casos se utiliza titanio al carbono con un revestimiento de Kevlar para brindarle mayor durabilidad, y sobre todo ligereza, ya que su usuario debería ser capaz de levantarla y guardarla, consiguiendo así cierto grado de autonomía y autosuficiencia.

Sillas de ruedas autónomas

Los ingenieros del Instituto de Tecnología de Massachusetts en Estados Unidos, han desarrollado un nuevo tipo de silla de ruedas autónoma, capaz de aprender todo acerca de las ubicaciones de objetos o sitios concretos, por ejemplo, en el interior de un edificio y posteriormente llevando a sus ocupantes al lugar deseado específicamente como respuesta a un comando verbal personalizado.

Sólo por decir “llévame a la cafetería” o “ir a mi habitación”, el usuario de la silla de ruedas sería capaz de evitar la necesidad de controlar cada giro y vuelta de la ruta, pudiendo simplemente sentarse y relajarse en la silla mientras se desplaza de un lugar a otro basado en un mapa almacenado en su memoria.

El Profesor de Ingeniería Nicholas Roy y co-desarrollador de este proyecto, comenta que: *“La gente tiene diferentes preferencias y formas distintas de referirse a lugares, objetos, etc... con lo cual el objetivo es que cada silla de*



Silla-Banco con altura ajustable y programable

ruedas proporcione la máxima personalización al usuario, para que sea lo más cómoda posible en su uso”.

A diferencia de otros proyectos de similares características de sillas de ruedas u otros dispositivos móviles, los cuales se basan en un intenso proceso de capturas manuales a través de un mapa detallado de un edificio, este nuevo sistema del MIT puede aprender acerca de su entorno en gran parte de la misma manera que lo haría una persona; principalmente adopta y memoriza el entorno a través de una visita guiada, identificando lugares importantes a lo largo del camino. Por ejemplo, la silla de ruedas en una residencia de ancianos puede ser dirigida por el cuidador o el paciente y este puede decir; “este es mi cuarto” o “aquí estamos en el comedor” o “esta es la enfermería”. El sistema irá automáticamente memorizando todo esos datos, de tal modo que no hace falta introducir ningún dato previamente de fábrica sobre las rutas a tomar.

Por el momento, el prototipo de la silla de ruedas se basa en un sistema WiFi para revisar sus mapas y navegar a través de ellos, lo que requiere de la creación de una red de nodos WiFi en torno a la instalación de antemano. Después de meses de pruebas preliminares, han comenzado los ensayos en un entorno real en una residencia de ancianos, concretamente en el “Boston Home” en Dorchester, en el cual cerca de 100 pacientes con pérdida parcial o sustancial del control muscular podrán utilizar este nuevo tipo de sillas de ruedas.

Dado que la investigación sigue avanzando, los ingenieros añadirán sensores mejorados para detectar más eficientemente objetos en movimientos u otros no previstos por el mapeado inicial. Además, se espera añadir brazos mecánicos a la silla con el fin de que los pacientes puedan recoger y manipular objetos, para accionar el interruptor de la luz, coger una taza de la mesa o recoger un lápiz del suelo.

Datos de investigación provenientes del Massachusetts Institute Of Technology.

Silla-Banco con altura ajustable y programable



(Figura 1.1)

<http://www.fierasdelaingenieria.com/sillas-de-ruedas-autonomas/>

Silla elevador personal para discapacitados y obesos

Esta invención se refiere a una silla elevador personal para discapacitados y obesos cuyo objeto es ayudar a subir y bajar escaleras (de un piso a otro) mediante una silla especial para discapacitados, ya que es totalmente diferente a las que existen actualmente en el mercado, tiene una construcción ligera, novedosa, especial para discapacitados y reúne muchas de las ventajas de otras sillas existentes como son, el poder también moverse de manera horizontal (hacia adelante o hacia atrás) Es sencilla de operar y sobre todo económica.

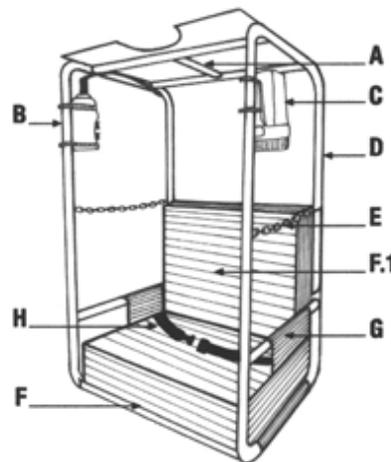


Figura (1.2)

Silla de ruedas con asiento elevable

Se describe una silla de ruedas elevable que tiene una base horizontal y una pluralidad de ruedas delanteras y posteriores para viajar sobre una superficie, un bastidor de soporte vertical desde la parte posterior de la base, una viga en voladizo unida de manera giratoria en su extremo posterior al bastidor por encima de la base, un asiento montado de manera giratoria sobre el extremo delantero de la viga en voladizo, un elevador motorizado unido de manera operativa a la viga en voladizo entre sus extremos, para hacer girar la viga sobre el bastidor para elevar o abatir el extremo delantero de la viga y el asiento y un brazo estabilizador entre el asiento y el bastidor, desplazado verticalmente de la viga y movable con la viga en el asiento para controlar la orientación de giro del asiento y para estabilizar el asiento.

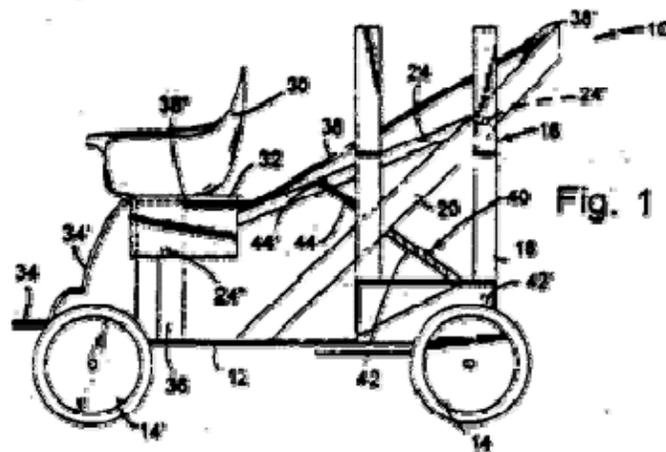


Figura (1.3)

Silla de ruedas eléctrica C300 Corpus Permobil

La estructura modular de la silla Corpus proporciona una mejor funcionalidad gracias al asiento regulable y control eléctrico. Corpus ha sido diseñado por uno de los ergónomos más reconocidos en el mundo. El resultado ha sido una silla que se adapta completamente a la forma natural del cuerpo. La adaptabilidad de la



Silla-Banco con altura ajustable y programable

silla Corpus es infinita. La profundidad, ancho, altura y ángulo de los diferentes componentes de la silla pueden ser ajustados o adaptados. El asiento ergonómicamente diseñado y la regulación eléctrica opcional hacen de la Corpus la silla más deseada en el mundo.

- La suspensión garantiza mejor movilidad y conducción más cómoda.
- La gran estabilidad durante el transporte.
- Sistema eléctrico de regulación del respaldo.
- Reposacabezas regulable en altura y ángulo de profundidad.
- Los reposabrazos plegables hacia arriba facilitan la transferencia.

DATOS TÉCNICOS

	Ancho de asiento 34 - 44 cm		Profundidad de asiento 37.5 - 45 cm		Altura de asiento Frente: 49 - 51 cm Atrás: 40 - 49 cm
	Altura descansabrazos 27 - 48 cm		Longitud de Rodilla a tobillo: 39 - 48 cm		Angulo del asiento: variable, estándar 6 cm
	Angulo del respaldo: -12°, -8°, -4°, 0°, 4°, 8°, 12°		Ancho total: Ancho de asiento +22.5 cm		Longitud total: 75°: aprox. 83 cm 90°: aprox. 76 cm
	Peso total sin carga: aprox. 9.8 kg		Carga máxima: 100 kg		Peso de transporte: Sin ruedas aprox. 6.6 kg

http://es.wikipedia.org/wiki/Tercera_edad#cite_ref-Guijarro_0-0

http://publications.paho.org/spanish/PC_590_Tercera_edad.pdf



Conclusión.

Esta investigación muestra que el prototipo “**Silla-banco con altura variable**” es una buena propuesta, ya que, aunque las sillas de ruedas son un producto común, ninguna ofrece un sistema el cual ayude a levantarse a las personas. Existen sillas que se elevan de manera mecánica para facilitar esta tarea, pero no varían el ángulo del asiento, además, el tamaño de las sillas es muy exagerado para lo que realizan. Considerando todo lo antes descrito nuestro prototipo deberá competir en peso neto, espacio ocupado, precio así como su eficiencia para conformarse como una alternativa muy viable en el mercado actual de este tipo de productos.

1.2 Objetivo

Aplicar los conocimientos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica para desarrollar, mediante un diseño conceptual, un dispositivo que ayude a las personas de la tercera edad a levantarse con el menor esfuerzo posible.

1.3 Metas

- Definir las especificaciones de diseño.
- Generar opciones de solución.
- Evaluar las opciones de solución.
- Definir un requerimiento a cada especificación.
- Desarrollo de la opción de solución mejor evaluada.
- Diseño a detalle de las partes críticas del prototipo.
- Cálculo del tiempo y costo estimado.



1.4 Planteamiento del Problema

El envejecimiento es el conjunto de modificaciones morfológicas y fisiológicas que aparecen como consecuencia de la acción del tiempo sobre los seres vivos. Esto supone una disminución de la capacidad de adaptación en cada uno de los órganos, aparatos y sistemas, esta disminución de la capacidad en el cuerpo humano ha generado preocupación debido a que es una etapa de la vida en que el cuerpo humano deja de ser capaz al 100% de ser independiente, mermando la autonomía del individuo. La presente tesis está enfocada a la aplicación de los conocimientos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica para el desarrollo o integración de tecnología que mejore la calidad de vida de las personas de la tercera edad.

El problema a resolver es la falta de fuerza en las piernas y brazos al momento de levantarse. El objetivo es diseñar una **“Silla-banco con altura ajustable y programable”** que permita auxiliar a este tipo de personas en dos situaciones muy comunes para ellos: el primero es cuando ésta es utilizada como una silla de descanso, con la ventaja de tener una altura variable y una posición del asiento que les auxilie a levantarse con el menor esfuerzo posible y la menor intervención de la persona que les asiste o cuida; la segunda, es utilizarlo como un banco que sea un medio de ayuda cuando la persona de la tercera edad se encuentre sentada en cualquier otro lugar, facilitándole la tarea de traslado de donde se encuentre sentado gracias a sus características muy particulares de abatimiento de antebrazos y respaldo y la facilidad de ajustar la altura e inclinación de su asiento.



CAPITULO II

“Propuestas de Solución”

- 2.1 Propuestas de solución
- 2.2 Evaluación de propuestas
- 2.3 Matrices de decisión
- 2.4 Decisión

2.1 Propuestas de Solución

El siguiente diagrama, figura (2.1), muestra los dos sistemas principales que tenemos que resolver para pasar del estado A que es cuando el usuario está sentado, al estado B que es cuando el usuario está parado.

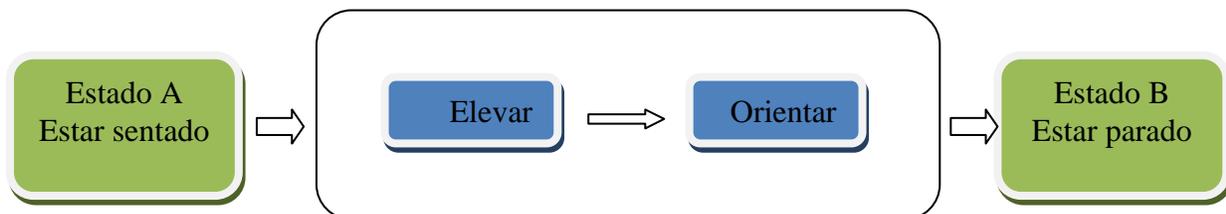


Figura (2.1)

Por lo tanto los cuadros en azul muestran cuales son los sistemas que nos van a permitir pasar de estado, estos sistemas son:

- Sistema de elevación del asiento. (Elevar)
- Sistema de variación de ángulo del asiento. (Orientar)

Sistema de elevación del asiento.

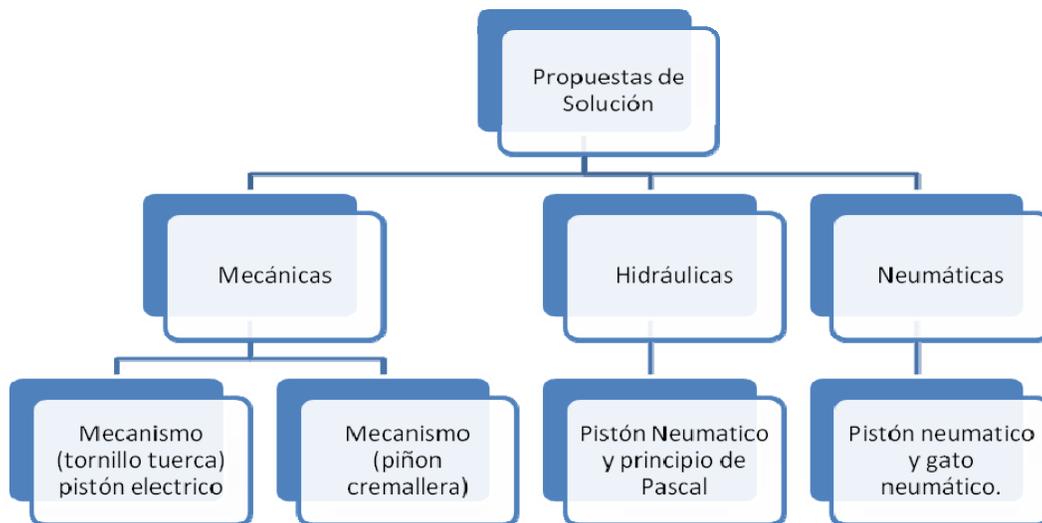


Figura (2.2)

Primera propuesta

MECANISMO: TORNILLO-TUERCA

Este tipo de mecanismo es utilizado en muchas ocasiones donde se pretende convertir movimiento circular en movimiento lineal, es el caso de gato mecánico.

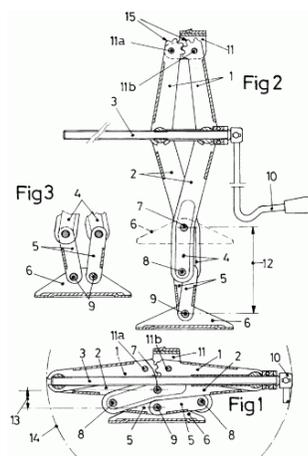


Figura (2.3)

<http://patentados.com/img/1990/gato-mecanico-de-tijera-perfeccionado.png>



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Este tipo de gato es utilizado ampliamente en la industria automotriz y su capacidad de carga se encuentra entre 1 a 3.5 toneladas, dependiendo del material construido.

Si utilizáramos un mecanismo similar para la silla-banco ajustable tendríamos que acoplar un motor al tornillo sin fin con un torque no muy alto pero si con grandes revoluciones ya que este tipo de mecanismos son muy lentos en su conversión de movimientos.

Los elementos críticos de este mecanismo son:

- La velocidad de giro del elemento motriz.
- El paso de la rosca del tornillo, es decir, la distancia que existe entre dos crestas de la rosca del tornillo. Cuando mayor sea el paso, mayor será la velocidad de avance.
- Este mecanismo es irreversible, es decir, no se puede convertir el movimiento lineal de ninguno de los elementos en circular.

Con este mismo mecanismo existen pistones eléctricos que ya tienen motor, tren de engranes y vástago incluido.



Figura (2.4)

<http://www.rk-rose-krieger.com/espanol.html>



Segunda propuesta

MECANISMO: PIÑÓN – CREMALLERA



Figura (2.5)

<http://tecnocamposcalatrava.files.wordpress.com/2009/01/pinoncremallera2.jpg>

Este mecanismo convierte el movimiento circular de un piñón en uno lineal continuo por parte de la cremallera, que no es más que una barra rígida dentada. Este mecanismo es reversible, es decir, el movimiento rectilíneo de la cremallera se puede convertir en un movimiento circular por parte del piñón. En el primer caso, el piñón al girar y estar engranado a la cremallera, empuja a ésta, provocando su desplazamiento lineal, que sería el tipo de desplazamiento buscado para el prototipo silla-banco ajustable.

Este sistema nos daría la capacidad de tener un movimiento más preciso en la dirección vertical al acoplar un motor en el piñón.

Algunos ejemplos de este tipo de mecanismos son los gatos mecánicos, los destapa corchos, las direcciones mecánicas etc.



Figura (2.6)

<http://ua.all-biz.info/img/ua/catalog/small/134739.jpeg>



Tercera Propuesta

GATO HIDRÁULICO

Otro sistema muy común para elevar algún objeto es el que usan los gatos hidráulicos, el cual consiste en el principio de Pascal.

"Un cambio de presión aplicado a un líquido en reposo dentro de un recipiente se transmite sin alteración a través de todo el líquido. Es igual en todas las direcciones y actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen".

El asiento del prototipo estaría en el pistón que se eleva, este sistema requería de una bomba para variar la presión en las cámaras y así poder variar la altura.



Figura (2.7)

http://4.bp.blogspot.com/_udtfw-nvQnA/S0i0s6YGTtI/AAAAAAAAAMs/WRzxjadd7wQ/s400/Gato+hidraulico.jpg

Cuarta propuesta

PISTÓN NEUMÁTICO

La cuarta propuesta es utilizar la Neumática para poder subir el asiento, la neumática, entre varias aplicaciones, es utilizada para controlar pistones, que

Silla-Banco con altura ajustable y programable

sería el caso de nuestro prototipo, este tipo de sistemas tendría muchos componentes si se requiere que sea portable.



Figura (2.8)

http://bp2.blogger.com/_28sX9nWAtPM/SA_b_8haP1I/AAAAAAAAAExk/Y72AibidqNI/s1600-h/gato1.jpg

Sistema de variación del ángulo del asiento

Primera Propuesta

Utilizar dos pistones de diferente longitud para que en su altura máxima la diferencia de alturas describa un plano inclinado donde se encontrará el asiento, es posible lograr que este sistema funcione con un solo motor sin embargo lo más probable es que se tuviera que usar dos motores uno para cada pistón.

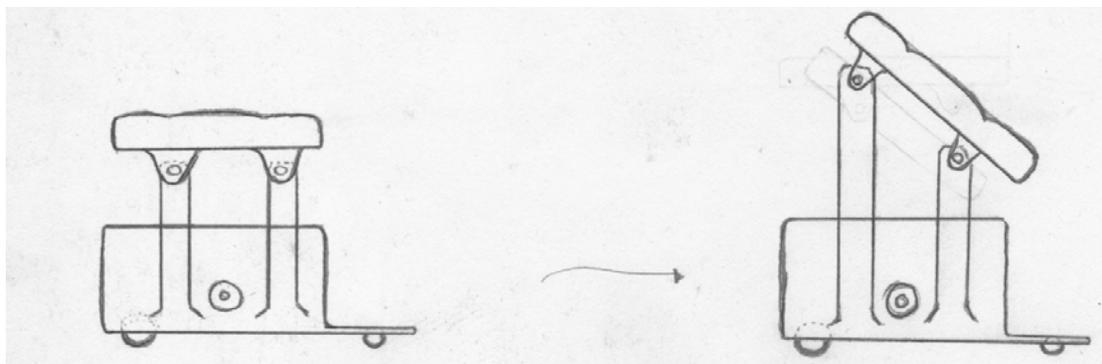


Figura (2.9)

Segunda Propuesta

Un sistema de poleas/engranajes y un motor, el cual recoja el cable de un extremo transmitiéndolo al opuesto provocando así holgura en la parte trasera del asiento, para volver a la posición original basta con girar el motor en sentido contrario.

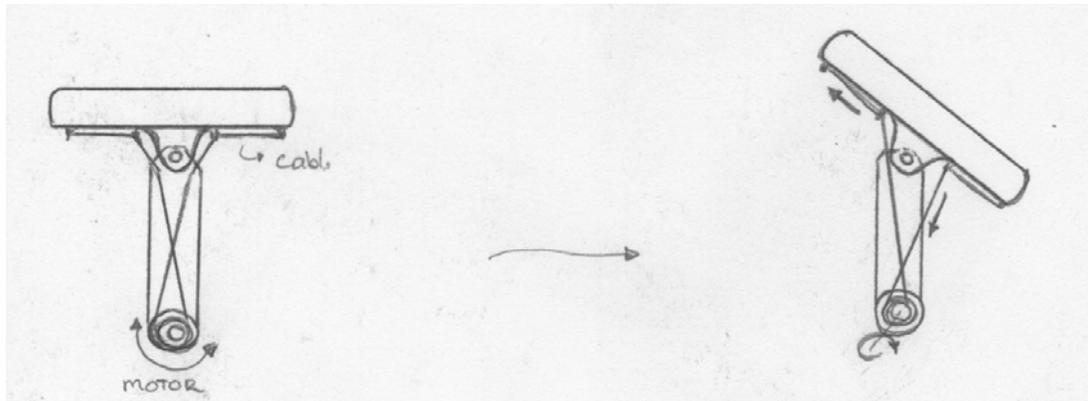


Figura (2.10)

Tercera Propuesta

El sistema de levantamiento va unido a una base la cual a su vez tendrá unida el asiento pero solo del lado delantero mediante una bisagra. En la parte posterior de la base se colocarán dos pequeños piñones cremalleras y un motor con el torque suficiente para lograr el movimiento buscado.

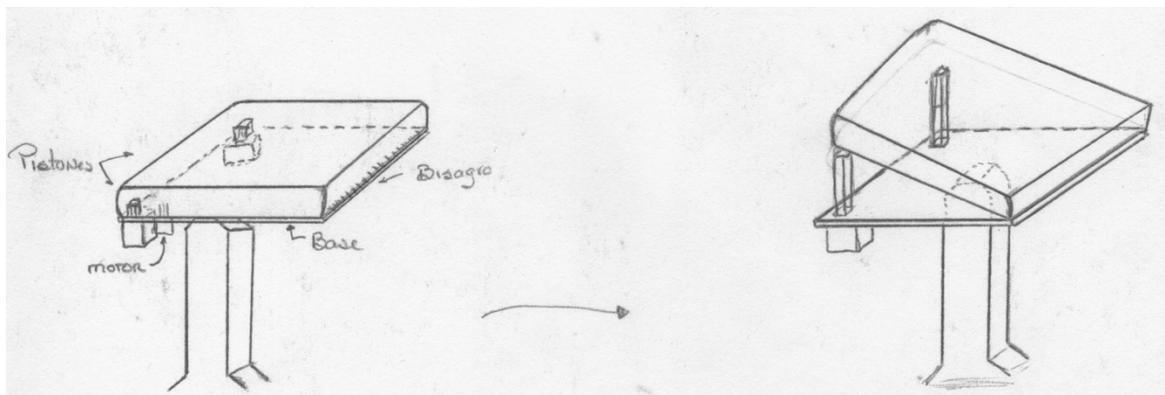


Figura (2.11)



Cuarta Propuesta

Muy parecida a la tercera sin embargo en esta opción tenemos un tornillo sin fin el cual va ligado a una biela y esta al asiento, cuando se haga girar el motor la biela hará que el asiento se incline y girando el motor en dirección opuesta el asiento volverá a su posición actual.

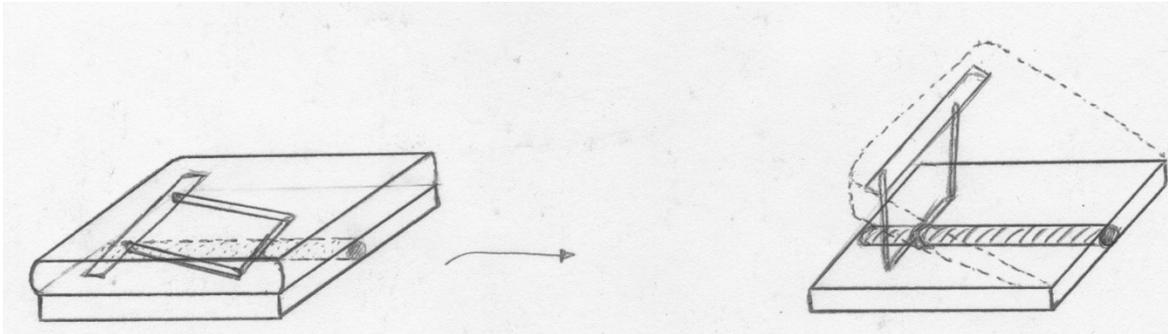


Figura (2.12)

2.2 Evaluación de las propuestas de Solución

Ahora que tenemos las diferentes propuestas de solución, pasaremos a la parte de evaluación de dichas propuestas, para hacer esto utilizaremos nuestros requerimientos como un criterio de evaluación.

REQUERIMIENTOS

Los siguientes requerimientos fueron obtenidos mediante entrevistas y encuestas a nuestros principales consumidores:

- Personas de la tercera edad
- Familiares de las personas de la tercera edad y personal médico

Los requerimientos que se obtuvieron fueron las siguientes:



1. Cómodo
2. Seguro (percepción de seguridad)
3. Buena apariencia
4. Ligero
5. Transportable
6. Movable
7. Fácil de usar
8. Velocidad variable
9. Bajo precio

Una vez conociendo que es lo que quiere nuestro consumidor evaluaremos las diferentes propuestas de solución considerando las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Esta propuesta tiene bajo peso?
- 2.- ¿Esta propuesta hace al prototipo transportable y con buena movilidad?
- 3.- ¿Esta propuesta tendría velocidad variable?
- 4.- ¿Esta propuesta tendría un bajo precio?

Evaluación de las propuestas de solución para el Sistema de elevación del asiento.

Primera propuesta

1.- Esta propuesta si tendría bajo peso ya que el mecanismo para lograr que se levante el asiento solo llevaría un motoreductor y un motor como partes adicionales.



Silla-Banco con altura ajustable y programable

- 2.- El bajo peso de este mecanismo tiene como consecuencia tener buena movilidad cuando el usuario está usando el prototipo o cuando se dispone a transportarlo
- 3.- Este mecanismo va a ser accionado con un motor y su configuración si permite la velocidad variable.
- 4.- Esta propuesta es relativamente económica ya que sus componentes no son muy especializados.

Segunda Propuesta

- 1.- Esta propuesta tiene bajo peso porque tiene muy pocos componentes complementarios como un motor y un motoreductor.
- 2.- Este mecanismo si facilita la movilidad y que sea transportable debido a su bajo peso y pocos complementos.
- 3.- Como este mecanismo va a ser accionado por un motor y es muy preciso su velocidad de ascenso y descenso van a ser satisfactoriamente controladas.
- 4.- Este prototipo tiene pocos componentes (piñón, una cremallera, un motoreductor y un motor) haciendo que su costo sea bajo.

Tercera propuesta

- 1.- Esta propuesta requiere de varios componentes como las cámaras contenedoras, pistón, bomba, líquido hidráulico y mangueras conductoras todos estos componentes causarían que el prototipo tenga un peso elevado.
- 2.- Al tener un peso elevado sería difícil de transportar y de mover, ya que la parte que contendría todos los componentes tendría un volumen grande.
- 3.- Su velocidad podría ser variable pero no muy precisa
- 4.- En esta propuesta el prototipo tiene muchos componentes y su mantenimiento sería complicado por estas razones esta propuesta tendría un costo elevado.



Cuarta Propuesta

- 1.- Esta propuesta tendrá varios componentes como pistones, válvulas, mangueras, compresor y tanque de almacenamiento creando un peso y volumen muy alto.
- 2.- Al tener todos estos componentes la portabilidad y movilidad se ven muy limitados.
- 3.- Es difícil variar la velocidad de los pistones y también es impreciso su funcionamiento debido a la compresibilidad del aire.
- 4.- Debido a sus variados componentes los sistemas neumáticos se vuelven muy caros.

Comentarios de evaluación para el sistema que levanta el asiento

Como pudimos ver en las respuestas de cada pregunta la tercera y cuarta propuestas quedan descartadas ya que aun que son sistemas seguros y con gran fuerza, también son muy complejos y robustos dando puntos negativos en el volumen, peso, control y precio.

La primera y segunda propuesta fueron las mejor evaluadas, ya que ambos mecanismos son sencillos, fáciles de controlar, ligeros y relativamente económicos.

Evaluación del sistema de variación del ángulo del asiento

Primera Propuesta

- 1.- ¿Esta propuesta tiene bajo peso?
No, debido al uso de un doble sistema de piñón-cremallera, el peso se incrementa
- 2.- ¿Esta propuesta hace al prototipo seguro?



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Mucho

3.- ¿Esta propuesta tendría velocidad variable?

Si

4.- ¿Esta propuesta tendría un bajo precio?

No

Sería una propuesta muy segura, ya que sería totalmente estable, sin embargo basándose en nuestros requerimientos no sería viable, ya que el peso se incrementaría debido al doble pistón, lo cual también aumentaría el costo.

Segunda propuesta

1.- ¿Esta propuesta tiene bajo peso?

Si

2.- ¿Esta propuesta hace al prototipo seguro?

No

3.- ¿Esta propuesta tendría velocidad variable?

Si

4.- ¿Esta propuesta tendría un bajo precio?

Si

Sería una propuesta muy económica, ya que solo se necesita un cable y un motor que lo enrolle, también sería muy ligera sin embargo depende del motor que tenga el torque necesario para efectuar la tarea y podría llegar a ser inseguro ya que el sistema literalmente depende un cable.

Tercera propuesta

1.- ¿Esta propuesta tiene bajo peso?

No



2.- ¿Esta propuesta hace al prototipo seguro?

Si

3.- ¿Esta propuesta tendría velocidad variable?

Si

4.- ¿Esta propuesta tendría un bajo precio?

No

Sería una propuesta muy estable, pero muy pesada debido a que son dos pistones y sus motores correspondientes. También tendría un costo elevado.

Cuarta propuesta

1.- ¿Esta propuesta tiene bajo peso?

Si, o al menos no se incrementa en forma desmedida

2.- ¿Esta propuesta hace al prototipo seguro?

Si

3.- ¿Esta propuesta tendría velocidad variable?

Si

4.- ¿Esta propuesta tendría un bajo precio?

Si

Sería una propuesta económica, debido a que solo se necesita el tornillo sin fin y su motor, el sistema hace seguro y estable al asiento, en cuanto al peso es ligero.

2.3 Matrices de decisiones

Nuestro segundo criterio de evolución son las matrices de decisiones



Matriz de requerimientos

Criterio de evaluación:

0= Menor importancia

1= Igualdad

2= Mayor importancia

Por lo tanto el requerimiento con menor valor será el más importante para la elaboración del proyecto.

Consumidor	Cómodo	Seguro	Apariencia	Ligero	Transportable	Movible	Fácil de usar	Velocidad	Precio
Cómodo	1	1	2	0	0	0	1	0	0
Seguro	1	1	2	1	1	1	0	1	1
Apariencia	0	0	1	0	0	1	0	2	0
Ligero	2	1	2	1	1	1	2	2	1
Transportable	2	1	2	1	1	1	1	2	0
Movible	2	1	1	1	1	1	1	2	0
Fácil de usar	1	2	2	0	1	1	1	1	1
Velocidad	2	1	0	0	0	0	1	1	0
Precio	2	1	2	1	2	2	1	2	1
	13	9	14	5	7	8	8	13	4

Resultado: Los requerimientos con mayor importancia son el precio, el peso y la transportabilidad

Diseñador	Precio	Peso	Eficiencia
Precio	1	1	0
Peso	1	1	0
Eficiencia	2	2	1
	4	4	1

Resultado: La eficiencia nos importa más que el peso y el precio desde un punto de vista como diseñador



Matrices para el sistema de variación de ángulo.

Criterio de evaluación:

0= Disminuye la propiedad

1= No afecta

2= Aumenta la propiedad

Por lo tanto la propuesta con el valor más alto será la más apropiada para el desarrollo del proyecto.

Propuestas	Cómodo	Seguro	Apariencia	Ligero	Transportable	Fácil de usar	Velocidad	Menor precio	Valores
Doble Pistón	2	2	0	0	0	1	2	0	7
Polea	1	0	0	2	2	2	1	2	10
Pistón Asiento	1	2	1	0	0	1	1	0	6
Tornillo tuerca	2	2	2	1	1	2	2	2	14

La propuesta de solución mejor evaluada en base a los requerimientos fue Tornillo tuerca

Diseñador	Menor precio	Ligero	Eficiencia	Valores
Doble Pistón	0	0	0	0
Polea	2	2	1	5
Pistón Asiento	0	0	1	1
Tornillo tuerca	2	2	2	6

La propuesta de solución mejor evaluada en base a los requerimientos como diseñador fue Tornillo tuerca

Conclusión final para el sistema de variación del ángulo:

La cuarta propuesta (Tornillo tuerca) es la más viable, para cumplir nuestros requerimientos, en tanto la seguridad y estabilidad, lograr un peso ligero, un costo razonable y sobretodo la eficiencia del mecanismo, su larga duración de vida y mantenimiento.



Matrices para el sistema de variación de altura.

Propuestas	Cómodo	Seguro	Apariencia	Ligero	Transportable	Fácil de usar	Velocidad	Menor precio	Valores
Tornillo tuerca	2	2	1	1	1	2	2	1	12
Piñón-cremallera	1	1	1	1	1	2	2	1	10
Hidráulica	0	1	0	0	0	2	0	0	3
Neumática	0	0	2	0	0	2	0	0	4

La propuesta de solución mejor evaluada en base a los requerimientos fue Tornillo tuerca

Diseñador	Menor precio	Peso	Eficiencia	Valores
Tornillo tuerca	2	2	2	6
Piñón-cremallera	2	2	0	4
Hidráulica	0	0	0	0
Neumática	0	0	0	0

La propuesta de solución mejor evaluada en base a los requerimientos como diseñador fue Tornillo tuerca

Conclusión final para el sistema de elevación del asiento:

La primera propuesta (Tornillo tuerca) es la más apropiada ya que reúne beneficios de mayor eficiencia, buena capacidad de carga, seguridad y bajo peso, todo esto aunado a su costo totalmente razonable.

2.4 Decisión

El proyecto contará en sus dos sistemas principales, con mecanismos de tornillo tuerca o también llamados tornillo de presión. Ya que su funcionalidad, su costo, el peso son altamente recomendables para las funciones que realizará nuestro proyecto.

Ambos mecanismos tendrán que diseñarse específicamente para la función que realizarán dentro del prototipo.



CAPITULO III

“Desarrollo y diseño de la propuesta final”

- 3.1 Componentes del diseño
- 3.2 Sistema de elevación
- 3.3 Sistema de variación de ángulo
- 3.4 Sistema de control
- 3.5 Análisis de las partes críticas del diseño
- 3.6 Lista de materiales y costo aproximado

3.1 Componentes del diseño

En el pasado capítulo se propusieron diversas formas para solucionar los dos problemas principales para poder hacer que la **“Silla-banco con altura ajustable”** logre su objetivo principal, por lo tanto en este capítulo se presenta el desarrollo y diseño del prototipo utilizando como base las propuestas de solución mejor evaluadas.

El prototipo será dividido en tres sistemas principales:

- Sistema de elevación
- Sistema de posicionamiento o variación de ángulo del asiento
- Sistema de control

3.2 Sistema de elevación

Nuestro proyecto como ya hemos explicado tiene un sistema de elevación del asiento, figura (3.1), este sistema es uno de dos que nos ayudan a obtener dos grandes beneficios.

Primero nos ayuda a variar la altura a la que el usuario se pueda sentir más cómodo al estar sentado, ya que cada persona tiene diferente anatomía, en este caso enfocado mas a características como son la estatura o peso, esto hace que sin importar quien ocupe nuestra silla, esta se puede acomodar a las necesidades de cada usuario, segundo es uno de dos sistemas los cuales efectuaran la acción de levantar a la persona desde una posición de sentado a una posición vertical desde la cual pueda empezar a caminar y así evite el gran esfuerzo que requieren al levantarse.

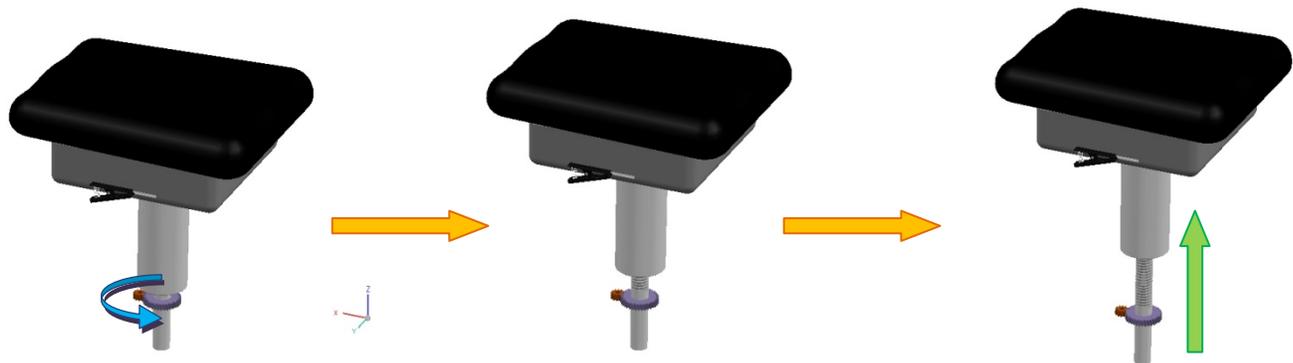


Figura (3.1)

El sistema mecánico está compuesto de la siguiente manera:

Tenemos un arreglo de un tornillo de presión y tuerca, el cual convierte el movimiento circular, en este caso es efectuado por un motor de 24 V con un torque de 2Nm, en movimiento lineal, dicho motor se conecta a un engranaje el cual se diseño para que el torque se incrementara en una relación de 3, dicho engranaje está compuesto por un piñón de 12 dientes y un engrane de 36, el segundo engrane tiene como centro al eje del tornillo provocando así un movimiento circular de este, el tornillo se encuentra “empotrado” al soporte principal del prototipo, ya que no puede moverse linealmente, el movimiento es transmitido a la tuerca que en este caso es la base de la caja o soporte del

Silla-Banco con altura ajustable y programable

asiento, provocando así que la tuerca vaya subiendo a lo largo de la rosca del tornillo y así elevando al asiento. La elevación máxima que se puede obtener es de 80 cm a partir del soporte principal.

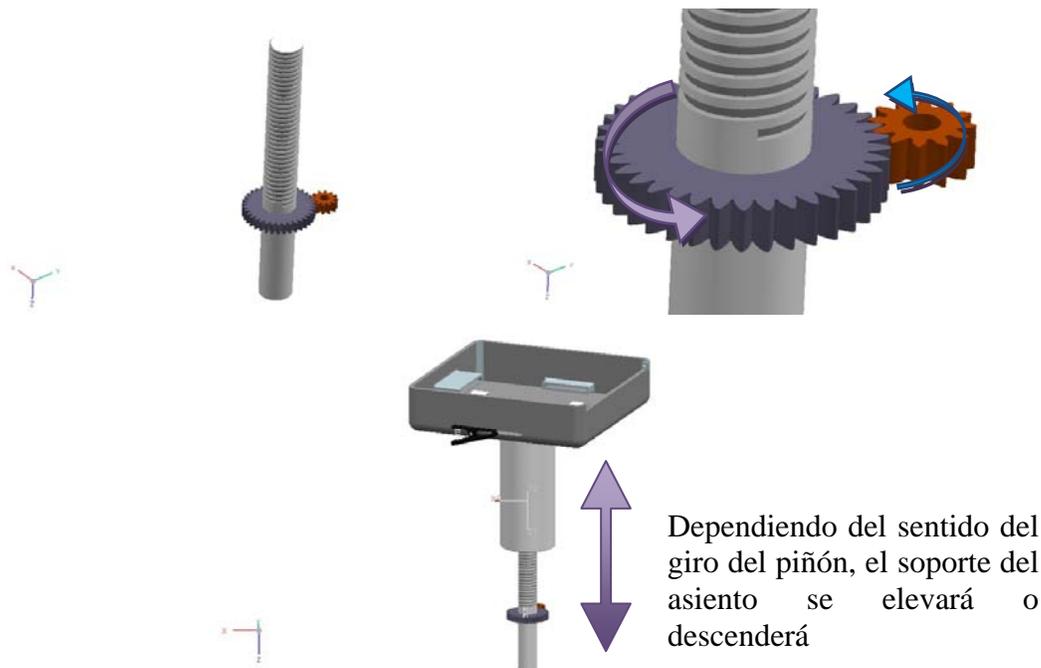


Figura (3.2)

Este tipo de sistema es utilizado ampliamente en la industria automotriz y su capacidad de carga se encuentra entre 1 a 3.5 toneladas, dependiendo del material construido y el arreglo del engranaje y torque del motor.

Al utilizar este mecanismo para el prototipo se requiere un motor con un torque no muy alto pero si con grandes revoluciones ya que este tipo de mecanismos son muy lentos en su conversión de movimientos.

Los elementos críticos de este mecanismo son:

- La velocidad de giro del elemento motriz.

Silla-Banco con altura ajustable y programable

- El paso de la rosca del tornillo, es decir, la distancia que existe entre dos crestas de la rosca del tornillo. Cuando mayor sea el paso, mayor será la velocidad de avance.
- Este mecanismo es irreversible, es decir, no se puede convertir el movimiento lineal de ninguno de los elementos en circular.

Este diseño del sistema de elevación nos da beneficios de mayor eficiencia, buena capacidad de carga, seguridad y bajo peso, todo aunado su costo que es razonable.

3.3 Sistema de Posicionamiento

Este es el segundo sistema mecánico que nos ayudara a llevar a cabo la acción de llevar al usuario desde su posición de sentado a una posición vertical. Este sistema variara el ángulo horizontal del asiento, figura (3.3), haciendo así que desde un ángulo de 0° se incline hasta llevarlo a un ángulo de 45° si así se desea. Este movimiento crea por completo la acción que una persona realiza al quererse levantar.

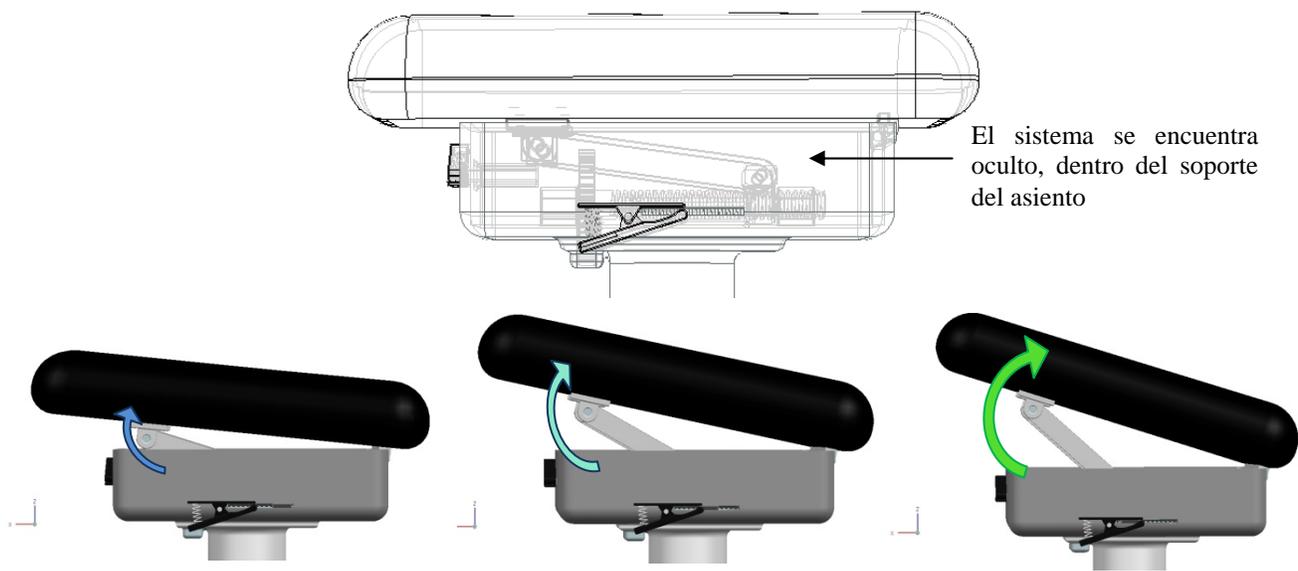


Figura (3.3)

Silla-Banco con altura ajustable y programable

El sistema mecánico está compuesto de la siguiente manera:

Al igual que nuestro sistema de elevación tenemos un arreglo de un tornillo de presión y tuerca, figura (3.5), el cual convierte el movimiento circular en movimiento lineal, en este caso es efectuado por un motor de 12v con un torque de 1Nm, dicho motor se conecta a un engranaje el cual se diseño para que el torque se incrementara en una relación de 3, dicho engranaje está compuesto por un piñón de 12 dientes y un engrane de 36, el segundo engrane tiene como centro al eje del tornillo provocando así un movimiento circular de este, el tornillo se encuentra “empotrado” a dos chumaceras las cuales van fijas al soporte del asiento o caja, y una vez mas ya que no puede moverse linealmente, el movimiento es transmitido a la tuerca que en este caso es una tuerca a la cual se le conectan dos bielas una de cada lado, las cuales van conectadas a su vez a un agarre el cual esta fijo al asiento, con este sistema se obtiene que el movimiento lineal de la tuerca se convierta en la variación de ángulo del asiento al empujarlo de uno de los extremos ya que en el otro se encuentra fijo al soporte del asiento.

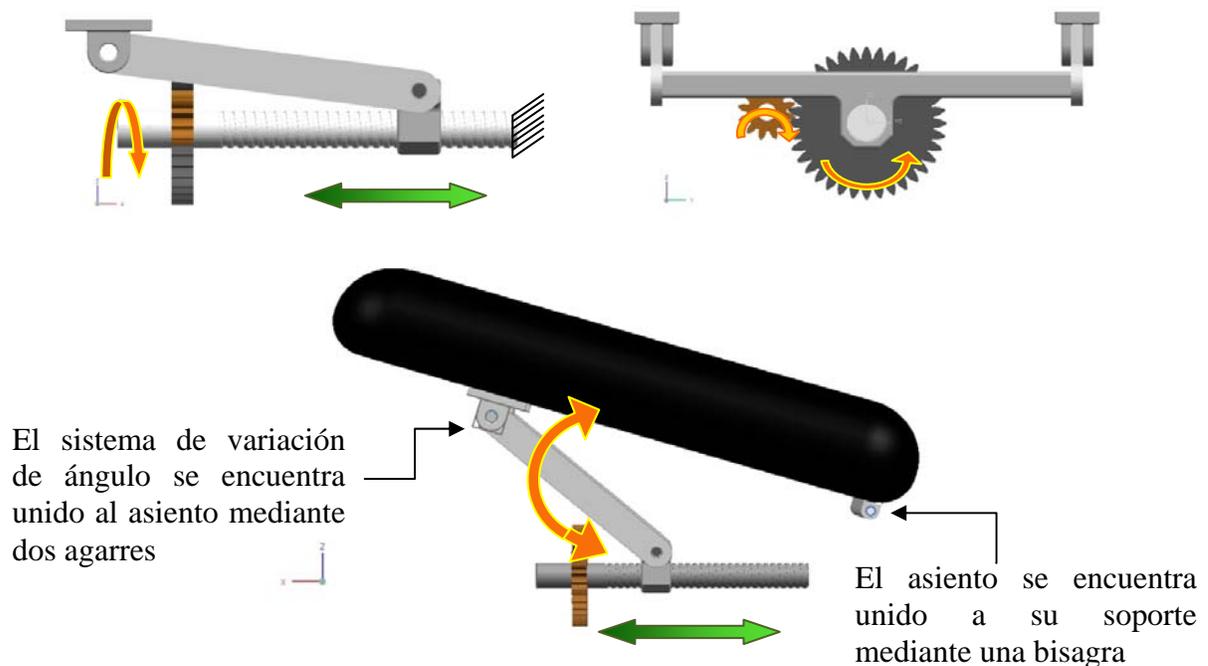


Figura (3.5)

3.4 Sistema de Control

Este sistema está compuesto por dos subsistemas:

- Subsistema estándar
- Subsistema automático

El subsistema estándar permite controlar la altura y el ángulo del asiento mediante el joystick central, el cual al variar la palanca en sentido vertical se recibirá la señal para poder controlar el motor que se encuentra en la parte inferior del prototipo incrementando o decrementando la altura del asiento, al variar el joystick en sentido horizontal se mandara la señal necesaria para controlar el motor superior que se encuentra debajo del asiento para así variar el ángulo de este.



Figura (3.6)

Este sistema consta con 4 sensores de fin de carrera, figura (3.7), para retroalimentar las posiciones límites al microcontrolador para no sobrecargar a los circuitos.



Silla-Banco con altura ajustable y programable



Figura (3.7)

<http://www.donosgune.net/2000/gazteler/electronica/fincarr.htm>

El subsistema automático permite programar y controlar a la silla-banco utilizando los valores obtenidos en los sensores infrarrojos, figura (3.8), que se encuentran monitoreando.

La distancia entre la parte superior de los tornillos y la parte inferior, que se traduce en la altura y el ángulo del asiento.



Figura (3.8)

<http://www.cosasdemecatronica.com/proyectos/electronica/50-sensor-infrarrojo>

Con estos valores el prototipo puede ser programado para que una vez que se halla parado la persona se graben los valores de la altura y el ángulo con el botón "REC" para que la próxima vez que se utilice, independientemente de la posición en la que se encuentre, baste con apretar el botón "UP" para que de manera automática se posicione en los valores grabados para así levantar al usuario.



Figura (3.9)

El subsistema automático también tendrá la opción de reacomodo automático que se ejecuta con el botón “HOME”, este botón coloca a la silla en la posición más baja de altura y de ángulo para que pueda ser reutilizada más rápido.

El sistema de control utiliza el siguiente diagrama eléctrico:

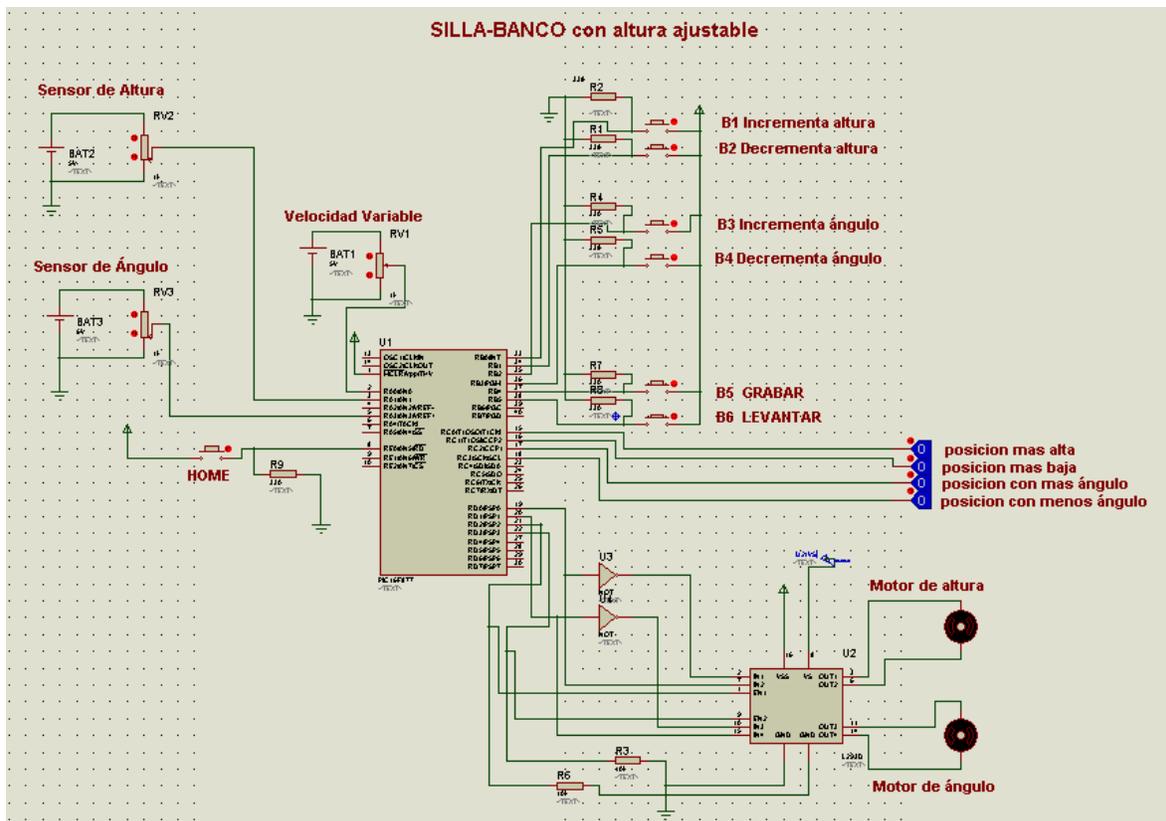


Figura (3.10)

Los materiales utilizados en el diagrama son:

- 7 resistencias de 330 Ω
- 7 push buttons
- 2 compuertas Not
- 1 Microcontrolador pic16F877
- 3 sensores analógicos y 4 digitales
- 2 motores de corriente directa
- 2 resistencias de 10 K Ω
- 1 L293D



Silla-Banco con altura ajustable y programable

En el diagrama eléctrico, Figura (3.10), se muestra como etapa de potencia de los motores un L293D que es un puente H que sirve para controlar motores de corriente directa como los que se mencionan en los sistemas de elevación y posicionamiento, sin embargo solo esta puesto como fin ilustrativo ya que este puente H no soporta corrientes por arriba de los 2 A y debido a las torcas que se requieren los motores necesitan corrientes por arriba de los 7 A, los motores propuestos se encuentran en el apartado de lista de materiales.

Para resolver este problema se propone hacer el puente H con transistores que soporten dichas corrientes como los: 2sk1058, 2sd1795. Bajo el siguiente diagrama:

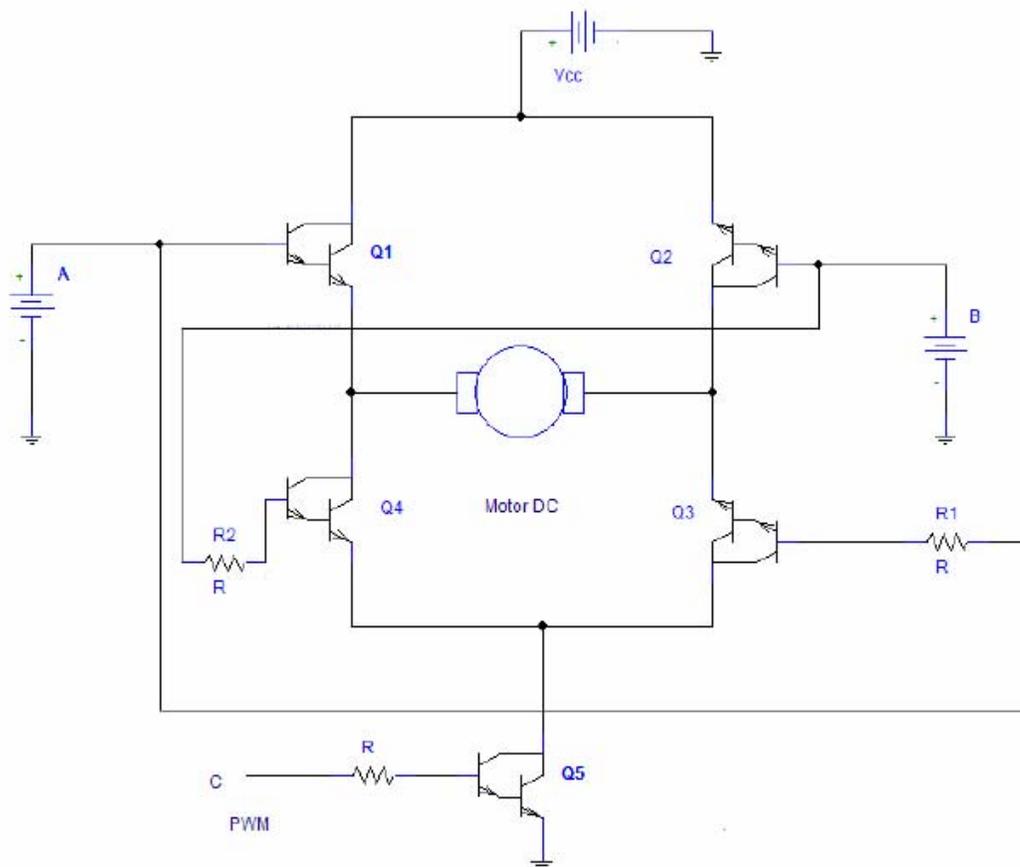


Figura (3.11)

Silla-Banco con altura ajustable y programable

Para poder llevar a cabo el comportamiento automático y estándar escogimos un Microcontrolador, el cual fue programado con el software PIC-C bajo el siguiente diagrama de flujo:

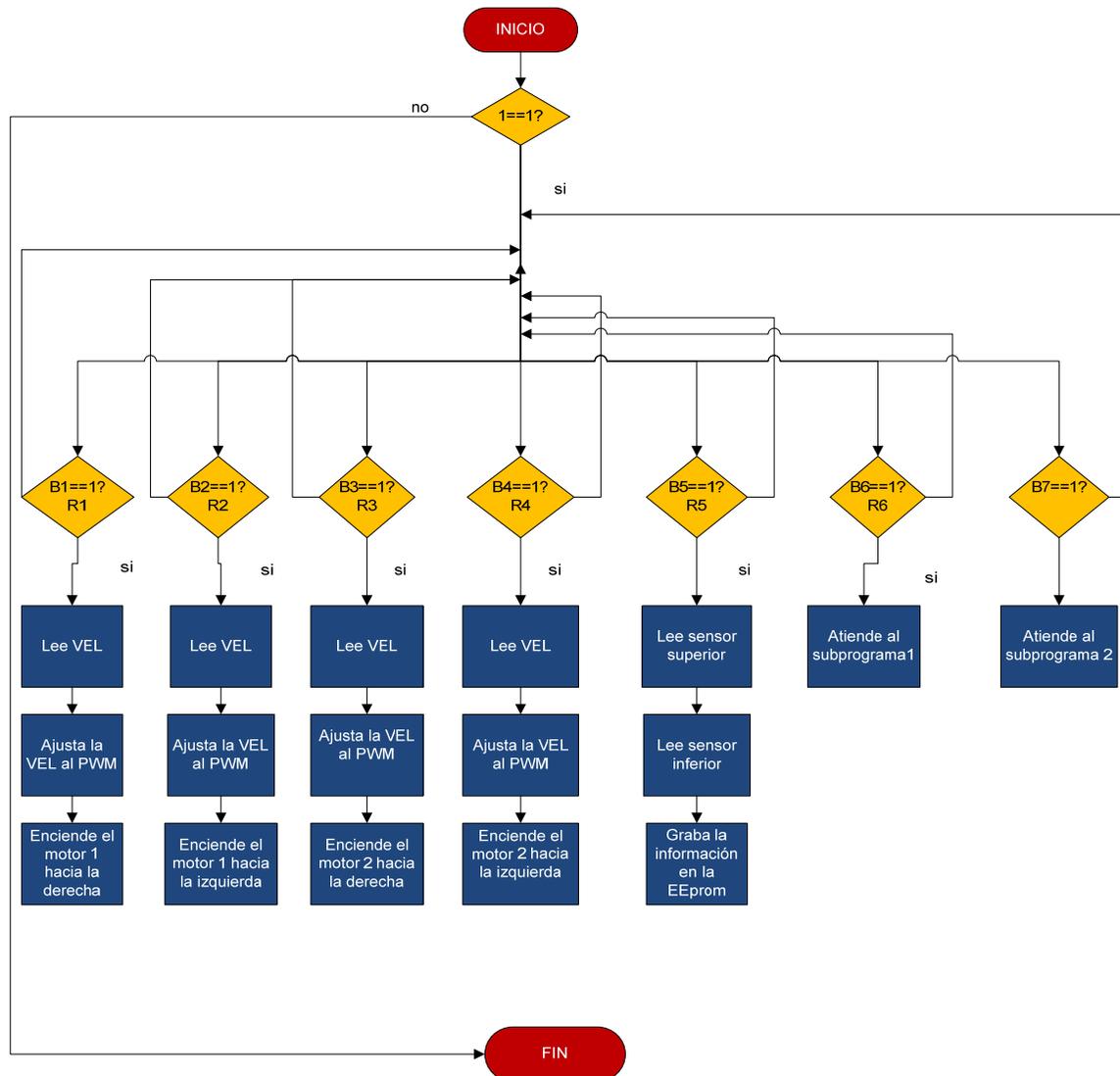


Figura (3.12)

Donde R1, R2, R3, R4 son restricciones que se encuentran en los "if" de los primeros 4 botones que controlan el sistema de manera estándar, dichas restricciones son para evitar fallas en el sistema al querer operar el mismo motor en direcciones opuestas.



Y las restricciones R5 y R6 garantizan que la operación automática se de siempre y cuando no se utilicen los botones del subsistema estándar.

El subprograma 1 que se atiende en el botón 6 sigue el siguiente diagrama de flujo:

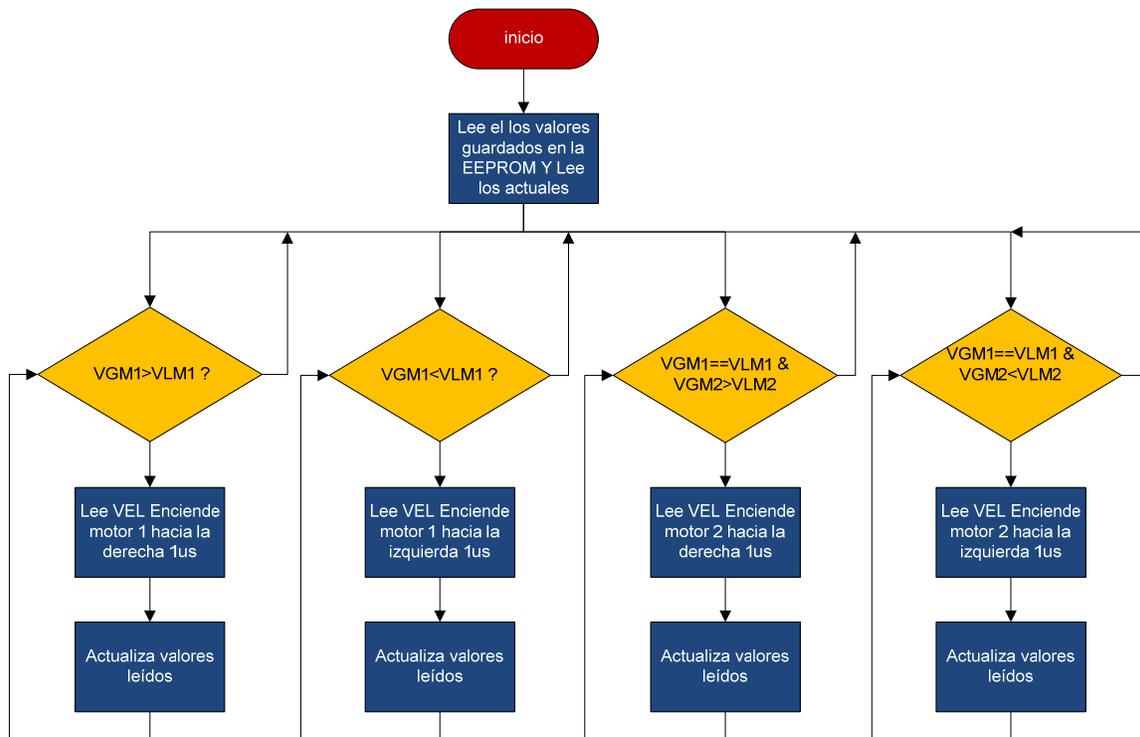


Figura (3.13)

Donde

VGM# es el valor guardado de la posición de algún motor

VLM# es el valor leído periódicamente de la posición actual de algún motor

Siguiendo este subprograma es como el sistema de control logra levantar al usuario de una manera autónoma, donde primero llegará a la altura guardada para después llegar al valor del ángulo guardado, esto con el fin de evitar deslizamientos del usuario en el asiento.



El botón 7 es encargado de posicionar al prototipo en la posición “home” bajo el siguiente diagrama de flujo:

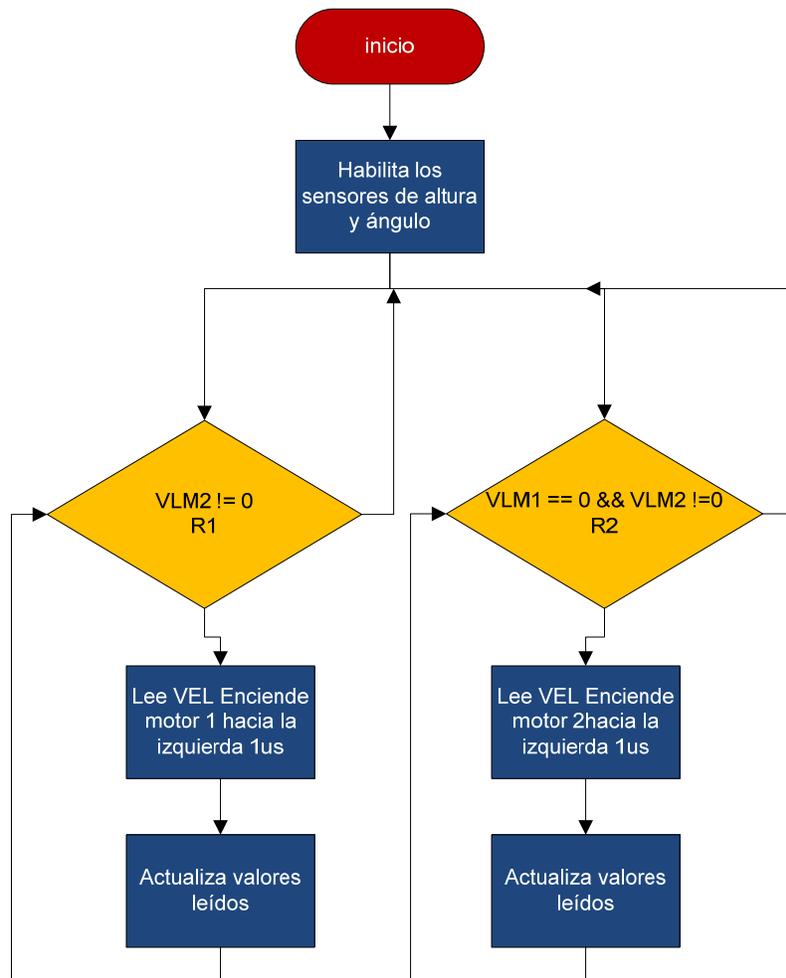


Figura (3.14)

En este subprograma compara el VLM2 (valor leído real del motor 2) con cero que es la posición horizontal del asiento o ángulo más bajo, una vez que llegue a la posición más baja se cumplen los requerimientos necesarios para que el sistema proceda a comparar el VLM1 (valor leído real del motor 1) con cero que es la posición con menor altura del asiento.

3.5 Análisis de las partes críticas del diseño

Cálculos para el tornillo de presión del sistema de elevación.

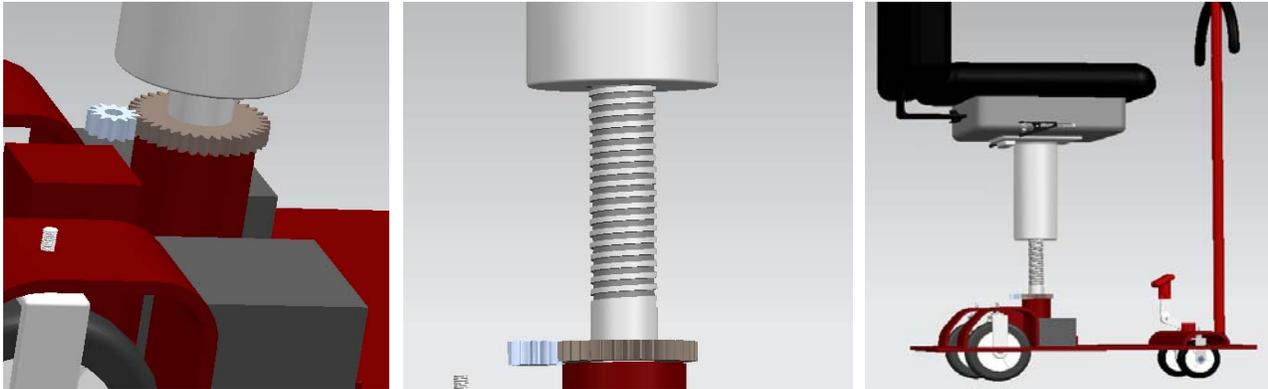


Figura (3.15)

- Calculo del par de torsión total al subir la carga

$$T_U = T_{SU} + T_C = \frac{P d_p}{2} * \frac{(\mu \pi d_p + L \cos \alpha)}{(\pi d_p \cos \alpha - \mu L)} + \mu_c P \frac{d_c}{2}$$

Donde:

$\mu_c = 0.02$ es el coeficiente de fricción en el cojinete. (Norton, 1999, pág. 901)

$\mu = 0.15$ es el coeficiente de fricción entre tornillo y tuerca. (Norton, 1999, pág. 901)

$\alpha = 14.5^\circ$ ángulo de la rosca ACME. (Norton, 1999, pág. 900)

L = avance

d_c = diámetro medio del collarín de empuje

λ = ángulo de avance

d_p = diámetro de paso.

Dimensiones principales.



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Selección de 4 hilos por pulgada (Norton, 1999, págs. 898, tabla 14-3)

$$dp=1.250 \text{ in}$$

$$dM=1.375 \text{ in}$$

Masa máxima de carga 140 kg

$$F_{\text{máxima}} = 1373.4 \text{ N} \text{ considerando a } g=9.81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$P = 1373.4 \text{ N} * \frac{0.22481 \text{ lbf}}{1 \text{ N}}$$

$$P= 308.754 \text{ lbf}$$

$\lambda=3.6^\circ$ ángulo de avance (Norton, 1999, págs. 903, tabla 14-4)

$$L = \tan(3.6) * (\pi * 1.250)$$

$$L= .247 \text{ in} \text{ avance de giro}$$

Sustituyendo en la ecuación principal:

$$\tau_u = \frac{308.8 * 1.250}{2} * \frac{((.15 * \pi * 1.25) + .247 * \cos(14.5))}{(\pi * 1.250 * \cos(14.5)) - (.15 * .247)} + .02 * \left(\frac{1.375}{2}\right) * 308.8$$

$$u= 46.5915 \text{ lb.in}$$

$$\tau_u = 46.5915 \text{ lb.in} * \frac{1 \text{ N}}{.22481 \text{ lb}} * \frac{.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}}$$

$$\tau_u= 5.26411 \text{ Nm}$$

Torca requerida para elevar la carga máxima.



- Calculo del par de torsión requerido para bajar la carga

$$\tau d = \tau_{fd} + \tau_c = \frac{Fdp}{2} * \frac{(\mu \pi dp - L \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha + \mu L)} + \mu c P \frac{dc}{2}$$

Sustituyendo en la ecuación los valores:

$$\tau d = \frac{308.8 * 1.250}{2} * \frac{((.15 * \pi * 1.25) - .247 * \cos(14.5))}{(\pi * 1.250 * \cos(14.5)) + (.15 * .247)} + .02 * \left(\frac{1.375}{2}\right) * 308.8$$

$\tau d = 21.7921 \text{ lb.in}$

$\tau d = 2.46217 \text{ Nm}$

Torca requerida para bajar la carga máxima.

Cálculos para el tornillo de presión utilizado en el sistema de variación del ángulo.

El asiento puede modelarse como palanca de segunda clase ya que comparte los principios de movimiento y aplicación de fuerza



Figura (3.16)
(wikipedia, 2010)

La ley de la palanca dice que:



$$P \times B_p = R \times B_r \text{ (wikipedia, 2010)}$$

Siendo P la potencia, R la resistencia, y Bp y Br las distancias medidas desde el fulcro hasta los puntos de aplicación de P y R respectivamente, llamadas brazo de potencia y brazo de resistencia.

Si Bp es L que es la longitud total del asiento y Br es L/2 el centroide donde se aplica la resistencia, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$P * L = R * \frac{L}{2}$$

Despejando P

$$P = \frac{R}{2}$$

Si R es de 140 kg esto da 1373.4 N por lo tanto La fuerza máxima que deberá cargar el segundo mecanismo es de P= 686.7[N]

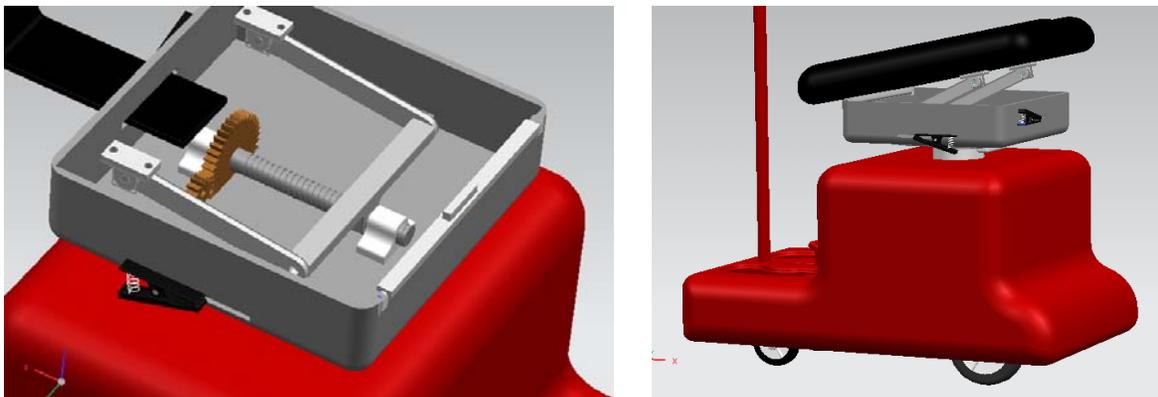


Figura (3.17)

Este segundo mecanismo llevara 2 collarines.

- Calculo del par de torsión total al subir la carga



$$\tau_u = \tau_{su} + \tau_{c1} + \tau_{c2} = \frac{Fdp}{2} * \frac{(\mu\pi dp + L \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha - \mu L)} + \mu cP \frac{dc1}{2} + \mu cP \frac{dc2}{2}$$

Hilos por pulgada = 6 (Norton, 1999, págs. 898, tabla 14-3)

dM = .875 in

dp = .792 in

$\alpha = 14.5^\circ$

$\lambda = 3.8^\circ$ (Norton, 1999, págs. 903, tabla 14-4)

$$L = \tan(3.8) * \pi * .792$$

L = .1652 in

$$P = 686.7 \text{ N} * 0.22481 \frac{\text{lbf}}{1\text{N}}$$

P = 154.377 lbf

Considerando que los dos collarines son del mismo tamaño y mismo coeficiente de fricción la formula principal queda así:

$$\tau_u = \tau_{su} + \tau_{c1} + \tau_{c2} = \frac{Fdp}{2} * \frac{(\mu\pi dp + L \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha - \mu L)} + \mu cFdc$$

$$\tau_u = \frac{154.377 * .792}{2} * \frac{((.15 * \pi * .792) + .1652 * \cos(14.5))}{(\pi * .792 * \cos(14.5)) - (.15 * .1652)} + (.02 * 154.377 * .875)$$

$\tau_u = 16.3729 \text{ lbf.in}$



$$\tau_u = 16.3729 \text{ lbf} \cdot \text{in} * \frac{1 \text{ N}}{.22481 \text{ lb}} * \frac{.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}}$$

$$\tau_u = 1.84988 \text{ Nm}$$

Torca requerida para elevar la carga máxima.

- Calculo del par de torsión requerido para bajar la carga

$$\tau_d = \tau_{sd} + \tau_c = \frac{P d_p}{2} * \frac{(\mu \pi d_p - L \cos \alpha)}{(\pi d_p \cos \alpha + \mu L)} + \mu c P d_c$$

$$\tau_d = \frac{154.377 * .792}{2 * .875} * \frac{((.15 * \pi * .792) - .1652 * \cos(14.5))}{(\pi * .792 * \cos(14.5)) + (.15 * .1652)} + (.02 * 154.377)$$

$$\tau_d = 8.05923 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$\tau_d = .910567 \text{ N} \cdot \text{m}$$

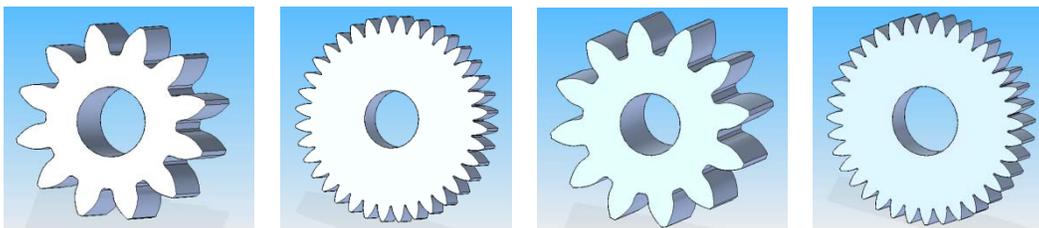
Torca requerida para bajar la carga máxima.

Norton, R. L. (1999). *Diseño de Máquinas*. Pearson prentice hill.

wikipedia. (26 de Septiembre de 2010). Recuperado el 5 de Octubre de 2010, de

<http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>

Calculo de los engranes



Fórmulas constructivas de los engranajes rectos

Diámetro primitivo: $D_p = Z * N$



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Módulo: $M = \frac{Dp}{Z}$

Paso circular: $Pc = \pi \cdot M$

Número de dientes: $Z = \frac{Dp}{M}$

Diámetro exterior: $De = Dp + 2M$

Grueso del diente: $S = \frac{Pc \cdot 18}{40}$

Hueco del diente: $W = \frac{Pc \cdot 21}{40}$

Diámetro interior: $Di = Dp - 2.5M$

Pie del diente: $hp = 1.25M$

Cabeza del diente: $hc = M$

Altura del diente: $h = 2.25 \cdot M$

Distancia entre centros: $\frac{Dp + dp}{2}$

Ecuación general de transmisión:

$$N \cdot Z = n \cdot z$$



- **Circunferencia exterior:** es la circunferencia que pasa por la parte exterior de las cabezas de los dientes.
- **Circunferencia interior:** es la que pasa por la base de los pies de los dientes.
- **Cabeza de diente (hc):** es la parte del diente comprendida entre la circunferencia primitiva y la circunferencia exterior. Toma el valor del módulo.
- **Pie de diente (hp):** es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la primitiva. Toma el valor de 1,25 veces el módulo.
- **Altura del diente (h):** es la distancia entre la circunferencia interior y la exterior. Por tanto tiene el valor de 2,25 veces el módulo.
- **Longitud del diente (b):** es la anchura de la corona, sobre la que se tallan los dientes, en general suele tener un valor de 10 veces el módulo: $b = 10m$

LARBÁBURU ARRIZABALAGA, Nicolás (2004). *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas. Engranajes cilíndricos de dientes rectos. Página 320. Madrid: Thomson Editores. ISBN 84-283-1968-5.*

Relaciones de transmisión

La transmisión simple la forman dos ruedas dentadas, el sentido de giro del eje conducido es contrario al sentido de giro del eje motor, y el valor de la relación de transmisión es:

Ecuación general de transmisión:

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \qquad R_T = \frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$



Sistema de elevación

Solid Edge Referencia Ingenieril

Reporte de diseño y cálculos

Engrane Recto

Standard: ISO

- **Parámetros de entrada del diseño**

Parámetros del engranaje

Relación deseada: 3:1

Ángulo de presión (a): 25.00 °

Ángulo de hélice (bt): 0.00 °

Modulo: 2.005 mm

Dirección: Izquierda

Radio de raíz (r): 0.33 mm

Constante de montura del piñón: 0.8

Parámetros del cálculo

Eficiencia: 0.92

Piñón:

No. de dientes: 12

Diámetro de montura (DM): 10.00 mm

Ancho de cara (b): 15.00 mm

Potencia: 1000.00 W

Torque: 3 Nm

Engrane:

No. de dientes: 36

Diámetro de montura (DM): 35 mm

Ancho de cara (b): 12.70 mm



- **Resultado del cálculo y parámetros de salida del diseño**

Relación de engranaje: 3:1

Radio de contacto: 1.407

Ángulo de presión tangencial: 25.00 °

Ángulo de presión operacional: 25.00 °

Ángulo de la base de hélice: 0.00 °

Distancia entre centros: 48.00 mm

Modulo tangencial: 2.00 mm

Circular Pitch (Pc): 6.28 mm

Circular Pitch tangencial: 6.28 mm

Paso de base circular (Pb): 5.69 mm

Corrected Root Fillet: 0.60 mm

Piñón:

Radio de ancho de cara: 0.625

Potencia: 1000.00 W

Velocidad: 19098.593 deg/s

Torque: 3 Nm

Engrane:

Radio de ancho de cara: 0.1764

Potencia: 920.00 W

Velocidad: 6366.198 deg/s

Torque: 9 Nm

- **Análisis de esfuerzos**

Piñón:

Esfuerzo de flexión permitido: 424730.000 kPa



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Factor de seguridad en Flexión: 8.13

Esfuerzo de Pitting permitido: 1038870.000 kPa

Factor de seguridad in Pitting: 1.94

Engrane:

Esfuerzo de flexión permitido: 286610.000 kPa

Factor de seguridad en Flexión: 5.2

Esfuerzo de Pitting permitido: 1038870.000 kPa

Factor de seguridad in Pitting: 2

Fuerzas

Fuerza Tangencial: 250000.000 mN

Fuerza Radial: 116576.915 mN

Fuerza Normal: 275844.480 mN

Velocidad Circunferencial: 4 m/s

Velocidad de Resonancia: 376447.697 deg/s

Fuerza Axial: 0.000 mN

- **Dimensiones básicas**

Piñón:

Diámetro de base (db): 21.75 mm

Diámetro externo (da): 28.00 mm

Diámetro de paso (d): 24.00 mm

Diámetro de raíz (dr): 19.00 mm

Diámetro de paso de trabajo: 24.00 mm

Espesor de cuerda (T): 2.58 mm

Altura del espesor de cuerda (ht): 1.40 mm

Dimensión de cuerda (M): 14.24 mm

Espesor de diente (S): 4.80 mm



Silla-Banco con altura ajustable y programable

Engrane:

Diámetro de base (db): 65.25 mm

Diámetro externo (da): 76.00 mm

Diámetro de paso (d): 72.00 mm

Diámetro de raíz (dr): 67.00 mm

Diámetro de paso de trabajo: 72.00 mm

Espesor de cuerda (T): 2.58 mm

Altura del espesor de cuerda (ht): 1.40 mm

Dimensión de cuerda (M): 14.24 mm

Espesor de diente (S): 4.80 mm

Sistema de variación de ángulo

Solid Edge Referencia Ingenieril

Reporte de diseño y cálculos

Engrane Recto

Standard: ISO

- **Parámetros de entrada del diseño**

Parámetros del engranaje

Relación deseada: 3:1

Ángulo de presión (a): 25.00 °

Ángulo de hélice (bt): 0.00 °

Modulo: 2.36 mm

Dirección: Izquierda

Radio de raíz (r): 0.39 mm

Constante de montura del piñón: 0.8

Parámetros del cálculo

Eficiencia: 0.92



Piñón:

No. de dientes: 12

Diámetro de montura (DM): 10.00 mm

Ancho de cara (b): 14.00 mm

Potencia: 1000.00 W

Torque: 1 Nm

Engrane:

No. de dientes: 36

Diámetro de montura (DM): 25.40 mm

Ancho de cara (b): 12.70 mm

- **Resultado del cálculo y parámetros de salida del diseño**

Relación de engranaje: 3:1

Radio de contacto: 1.407

Ángulo de presión tangencial: 25.00 °

Ángulo de presión operacional: 25.00 °

Ángulo de la base de hélice: 0.00 °

Distancia entre centros: 56.64 mm

Modulo tangencial: 2.36 mm

Paso circular (Pc): 7.41mm

Paso tangencial circular: 7.41 mm

Paso de base circular (Pb): 6.72mm

Corrected Root Fillet: 0.71 mm

Piñón:

Radio de ancho de cara: 0.4944

Potencia: 1000.00 W

Velocidad: 57295.780 deg/s

Torque: 1 Nm



Engrane:

Radio de ancho de cara: 0.1495

Potencia: 920.00 W

Velocidad: 19098.593 deg/s

Torque: 3 Nm

- **Análisis de esfuerzos**

Piñón:

Esfuerzo de flexión permitido: 408690.000 kPa

Factor de seguridad en Flexión: 30.7

Esfuerzo de Pitting permitido: 1080790.000 kPa

Factor de seguridad in Pitting: 3.78

Engrane:

Esfuerzo de flexión permitido: 272800.000 kPa

Factor de seguridad en Flexión: 20.5

Esfuerzo de Pitting permitido: 1080790.000 kPa

Factor de seguridad in Pitting: 4.05

Fuerzas

Fuerza Tangencial: 70621.469 mN

Fuerza Radial: 32931.332 mN

Fuerza Normal: 77922.169 mN

Velocidad Circunferencial: 14.2 m/s

Velocidad de Resonancia: 274753.120 deg/s

Fuerza Axial: 0.000 mN



- **Dimensiones básicas**

Piñón:

Diámetro de base (db): 25.67 mm

Diámetro externo (da): 33.04 mm

Diámetro de paso (d): 28.32 mm

Diámetro de raíz (dr): 22.42 mm

Diámetro de paso de trabajo: 28.32 mm

Espesor de cuerda (T): 3.04 mm

Altura del espesor de cuerda (ht): 1.65 mm

Dimensión de cuerda (M): 16.80 mm

Espesor de diente (S): 5.67 mm

Engrane:

Diámetro de base (db): 77.00 mm

Diámetro externo (da): 89.68 mm

Diámetro de paso (d): 84.96 mm

Diámetro de raíz (dr): 79.06 mm

Diámetro de paso de trabajo: 84.96 mm

Espesor de cuerda (T): 3.04 mm

Altura del espesor de cuerda (ht): 1.65 mm

Dimensión de cuerda (M): 16.80 mm

Espesor de diente (S): 5.67 mm



3.6 Lista de materiales y costos

Una vez hecha la propuesta de solución presentamos una lista de los materiales y componentes indicando su cantidad y costo por unidad y una aproximación del costo total del prototipo.

Este costo del prototipo es aproximado ya que falta contemplar el costo requerido para elaborar la carcasa a lo cual nos referimos a el molde de inyección y al costo generado por el recurso humano que sea necesario.

Cantidad	Producto	Costo	Total
2	llantas delanteras de 3"	250	500
2	llantas traseras de 6"	400	800
1	cojín asiento	1500	1500
1	cojín respaldo	700	700
2	cojín brazo	150	300
5	kg de PP o PS o PVC	20	100
4	acero (kg)	20	80
3	aluminio(kg)	80	240
1	tornillo de 1 1/2"	350	350
1	tornillo de 2"	350	350
4	engranes (acero 8620)	450	1800
2	Baterías	1300	2600
Electrónica			
1	Pic	100	100
1	Regulador	55	55
10	Resistencias	1	10
1	Potenciómetros	5	5
1	fenolica	10	10
2	sensores de distancia	4	8
4	sensores de carrera	15	60
	TOTAL		9568



Conclusiones

Se cumplió el objetivo principal de la tesis el cual fue aplicar los conocimientos de la carrera para desarrollar, mediante un diseño conceptual, un dispositivo que ayude a levantar a las personas de la tercera edad, abarcando conocimientos del área de la mecánica en el diseño de los sistemas de elevación y de variación de ángulo; también aplicamos conocimientos del área de la electrónica en el diseño del sistema de control y sus subsistemas así como en la etapa de potencia y finalmente del área de la computación en el programa del microcontrolador.

Reconocemos que el desarrollo de nuestro prototipo requiere de pruebas experimentales reales para ajustes de la programación debido a que en la simulación de los elementos electrónicos fueron utilizados potenciómetro debido a que los sensores que necesitábamos no eran simulables también reconocemos la necesidad de hacer pruebas de estabilidad y percepción de la seguridad y la comodidad debido a que son parámetros muy ambiguos difíciles de medir.

Los sensores que se proponen en el capítulo 3 son sensores que pueden ser cambiados por sensores más precisos sin embargo se propusieron los sensores infrarrojos por su bajo costo y fácil manipulación.

Los materiales propuestos para hacer la carcasa y los sistemas mecánicos fueron elegidos considerando bajo precio y resistencia.

Este prototipo puede tener diferentes evoluciones y rediseños tanto en la parte mecánica y diseño de configuración como en la parte de la programación y electrónica entre las cuales proponemos las siguientes mejoras:



Silla-Banco con altura ajustable y programable



El rediseño del respaldo para tener multiposturas y hacerlo más cómodo. Ya que cada usuario se acomoda diferente y dependiendo la postura puede llegar a ser una silla cómoda o todo lo contrario.

La evolución a una silla de ruedas eléctrica con ejes motorizados para poder aumentar la autonomía del usuario logrando que se pueda trasladar a donde desee y ocupar los sistemas para un posicionamiento vertical en ese lugar.

Las baterías son uno de los componentes de mayor peso, por lo tanto, se puede considerar un rediseño de la carcasa la cual permita el fácil acceso a las baterías, para así poder sacarlas rápidamente y lograr que sea más fácil su transportación, obviamente con todas las medidas de seguridad necesarias para que no ocurra ningún accidente.

Existen varios tipos de asientos anti-escaras, pero como es de suponerse la calidad es proporcional al costo, por lo tanto se podrían tener varias opciones de asiento y cojines de respaldo y descansabrazos, logrando así que sea más versátil y obtener varios modelos donde se podría escoger dependiendo de las necesidades y recursos del usuario.

En la parte electrónica podemos tener otras mejoras, se pueden llevar a cabo en el software la programación de multi-usuarios, la cual permita grabar no solo una postura específica sino que permita mínimo cinco memorias de usuarios. Esto nos garantiza que la silla puede ser utilizada por varios usuarios en el caso de una casa de retiro, ayudando así a los empleados como enfermeros(as) o simplemente mayor comodidad para un solo usuario.

La electrónica podría ocupar un Microcontrolador con mayor memoria y así efectuar mas funciones como la descrita anteriormente, el control de ejes motorizados, etc.



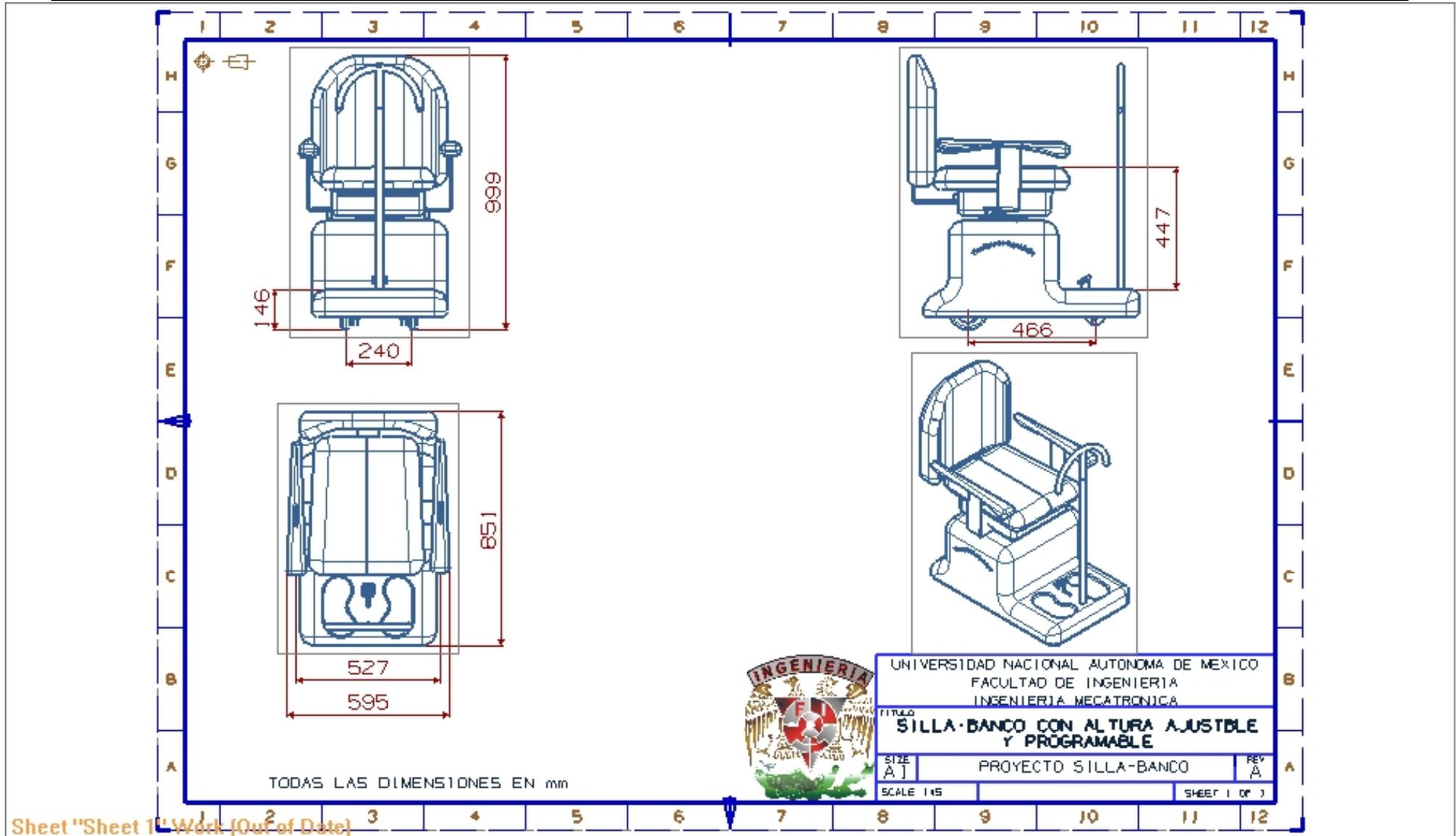
Apéndices

Apéndice A

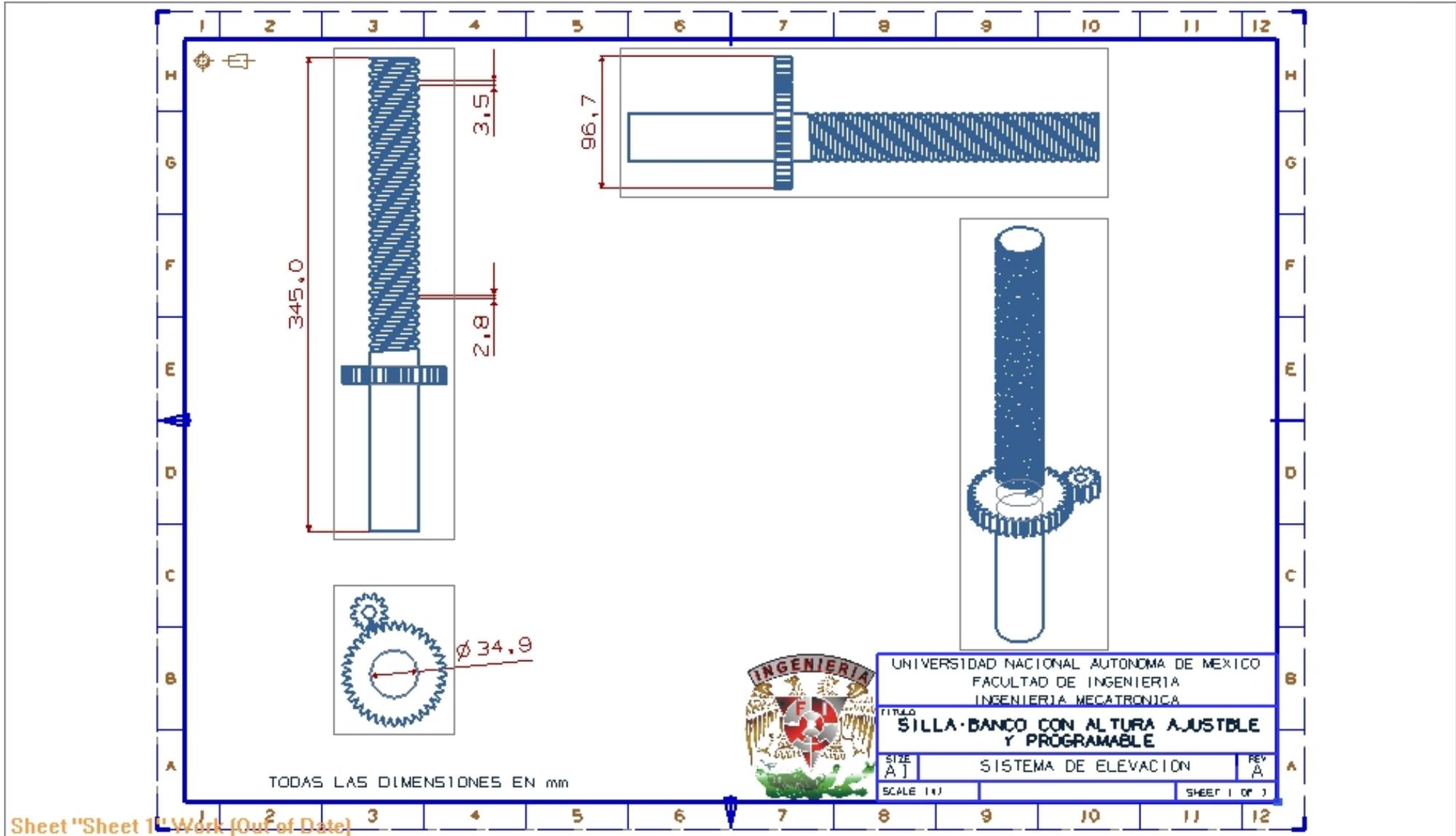
- Plano General
- Plano del Sistema de elevación
- Plano del Sistema de variación de ángulo
- Plano Carcasa
- Plano del Soporte principal
- Plano del Soporte del asiento
- Plano Asiento
- Plano Respaldo
- Plano Descansabrazos
- Plano Bastón
- Plano del Control de mando
- Plano del Sistema de freno
- Planos de engranes

Apéndice B

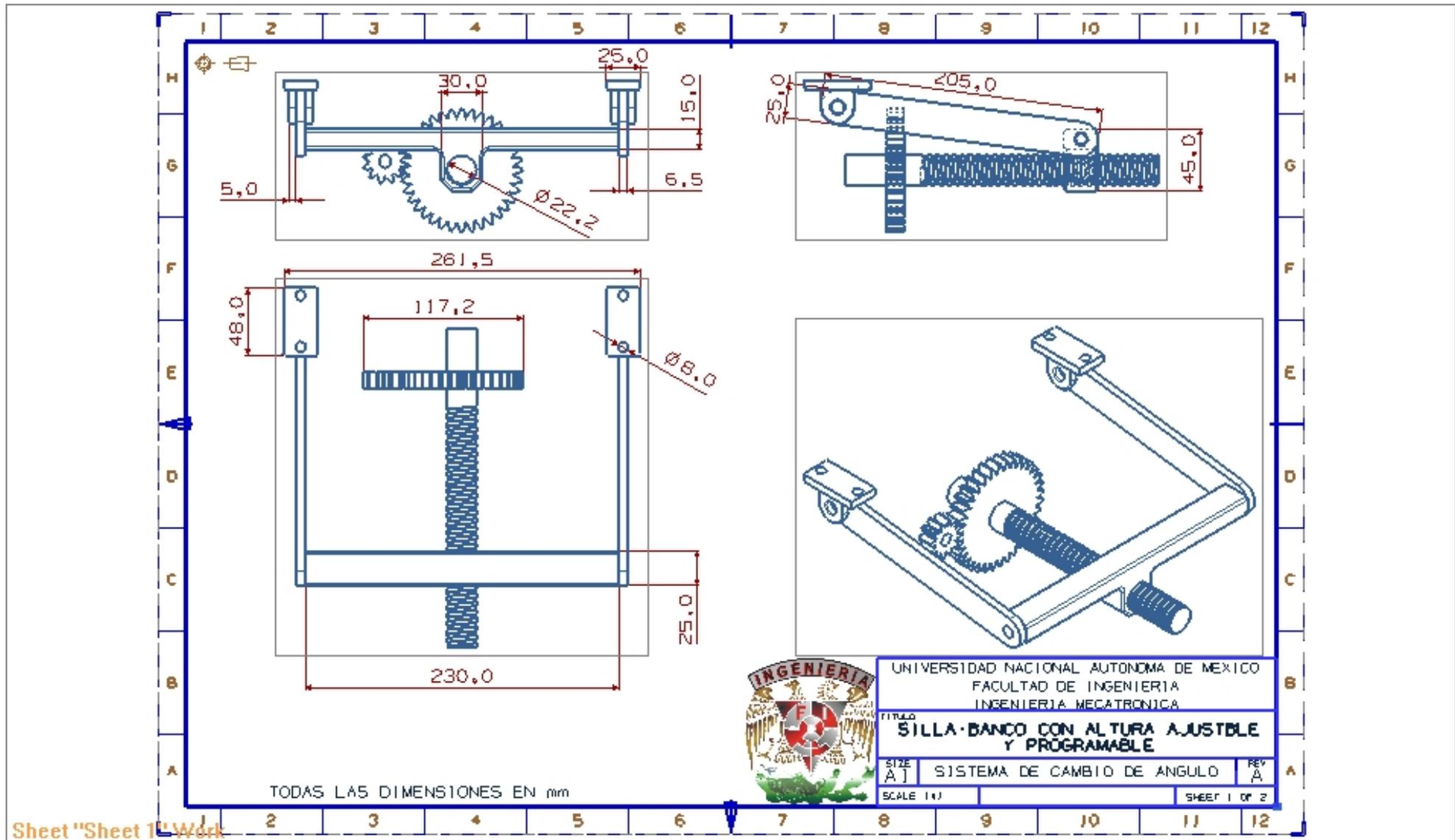
- Programación subsistema estándar
- Programación subsistema automático



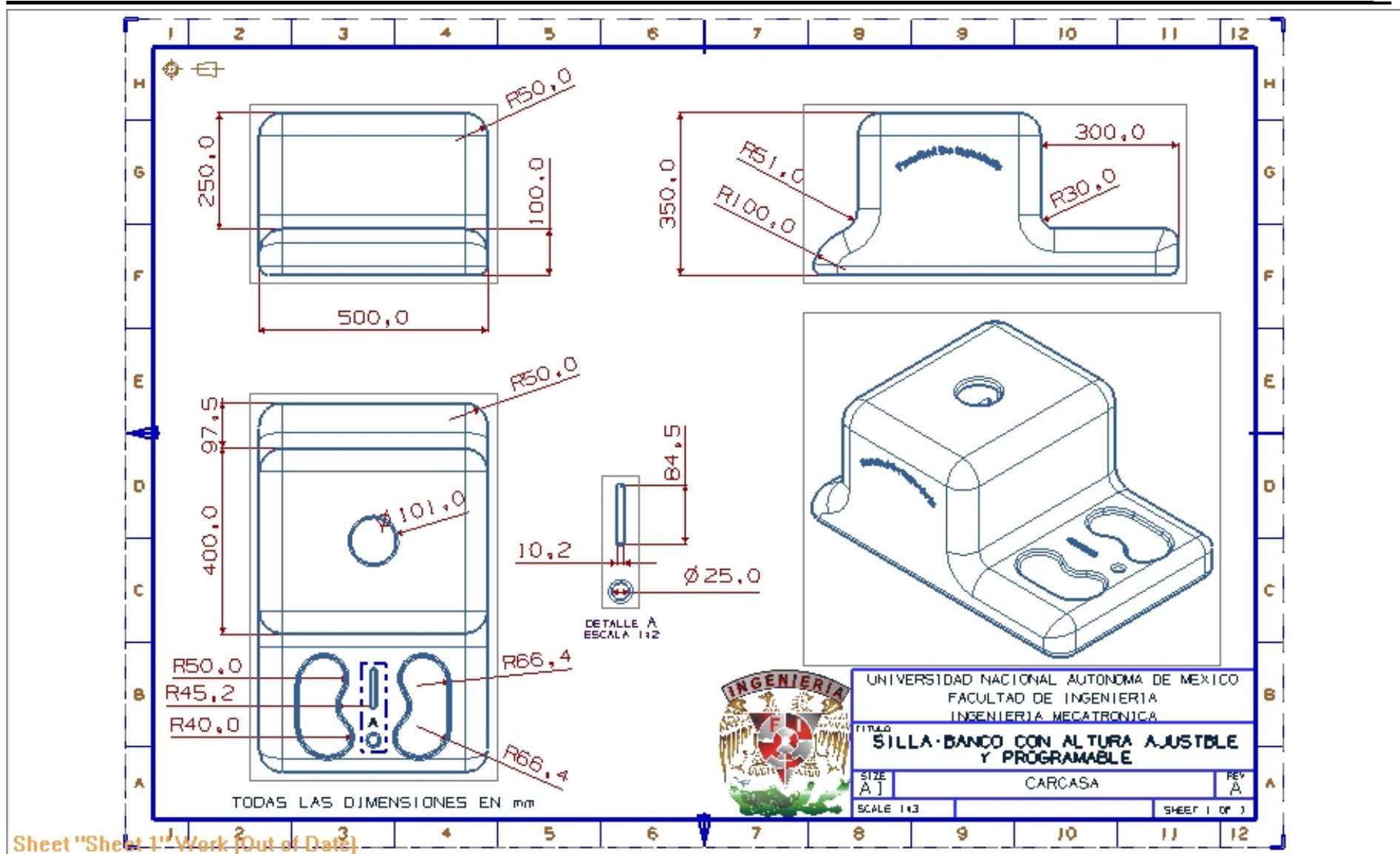
Sheet "Sheet 1" Work (Out of Date)



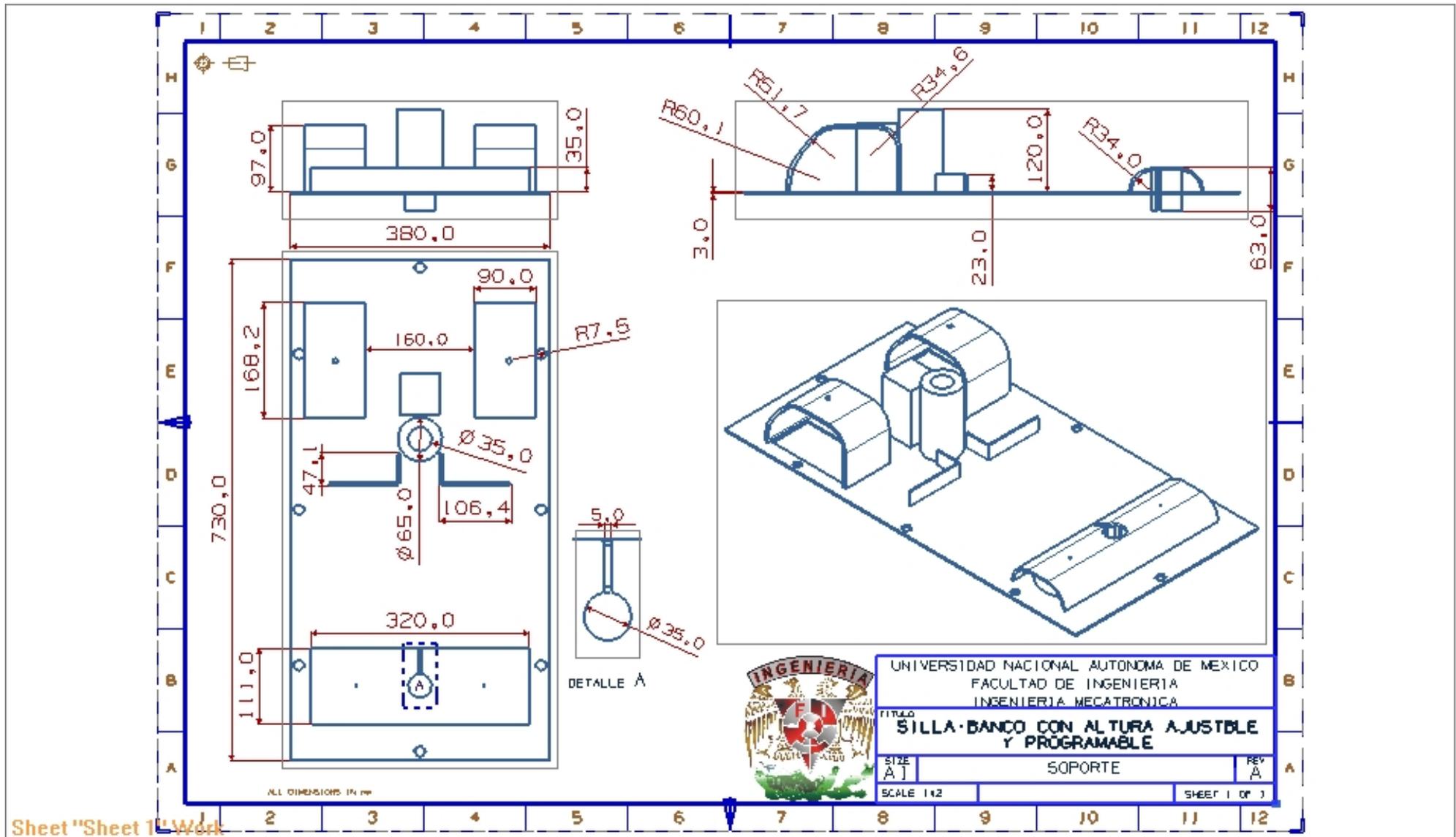
Sheet "Sheet 1" Work (Out of Date)



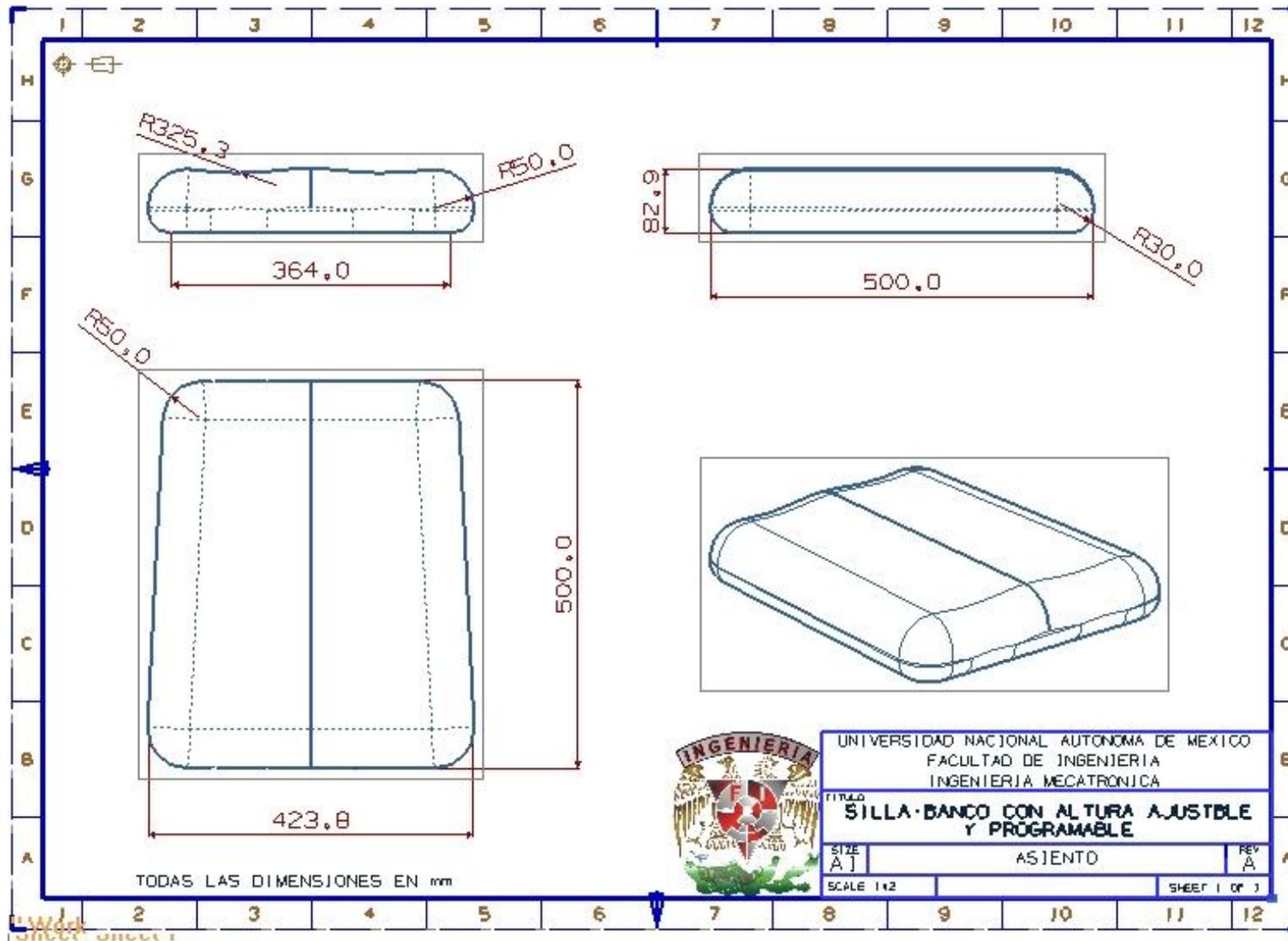
Sheet "Sheet 1" Work

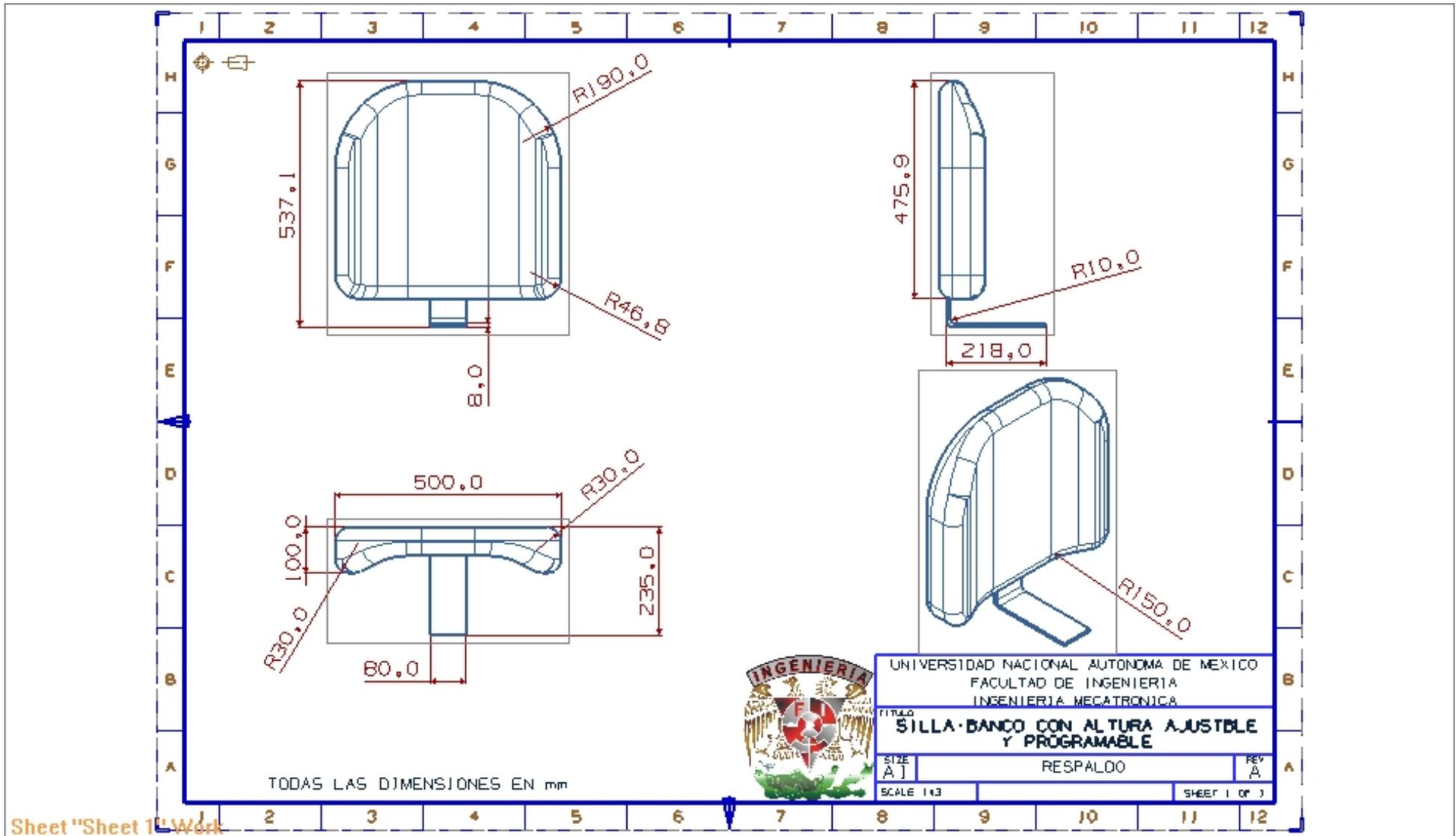


Sheet "Sheet 1" Work (Out of Date)

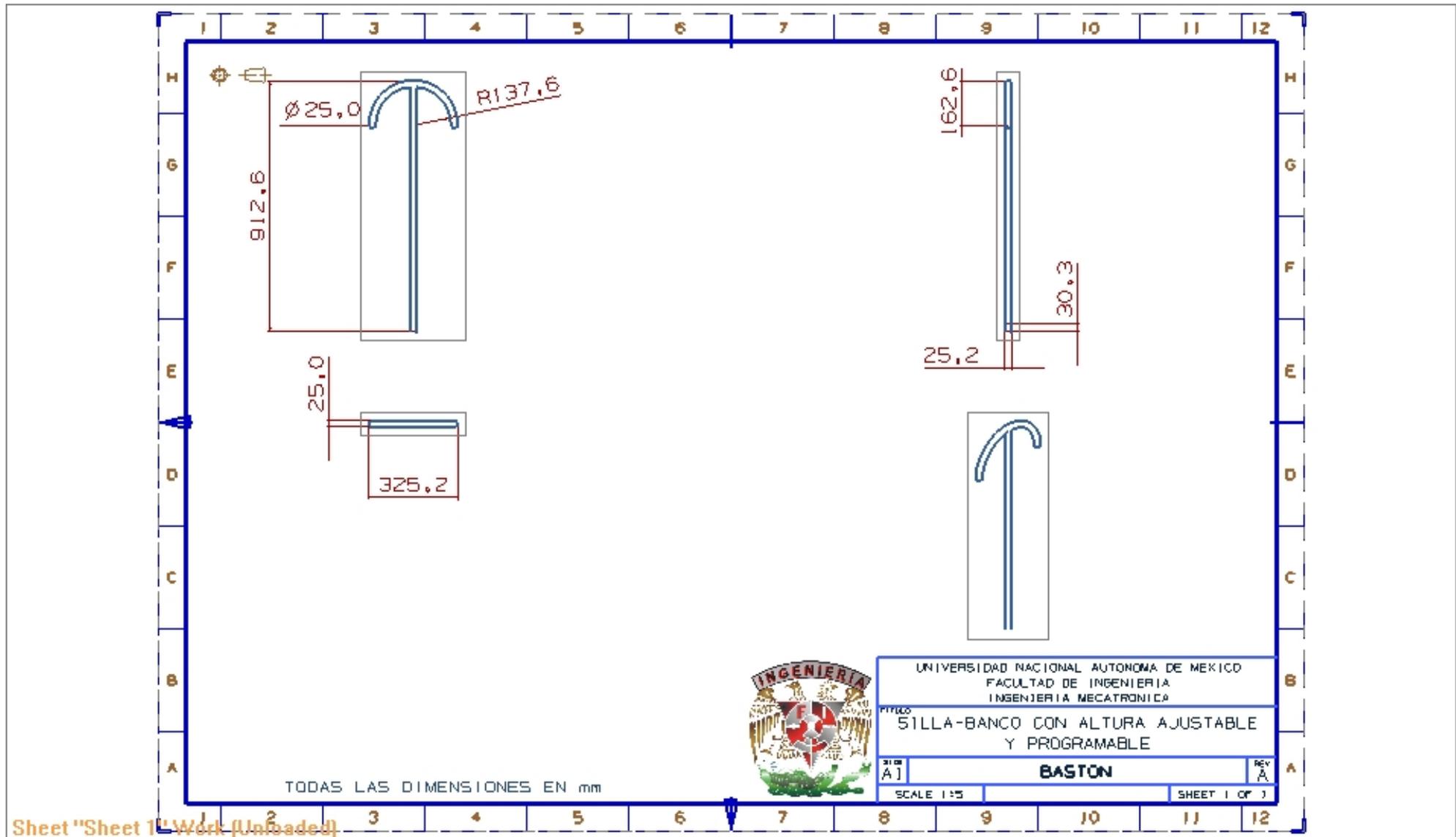


Sheet "Sheet 1" Work

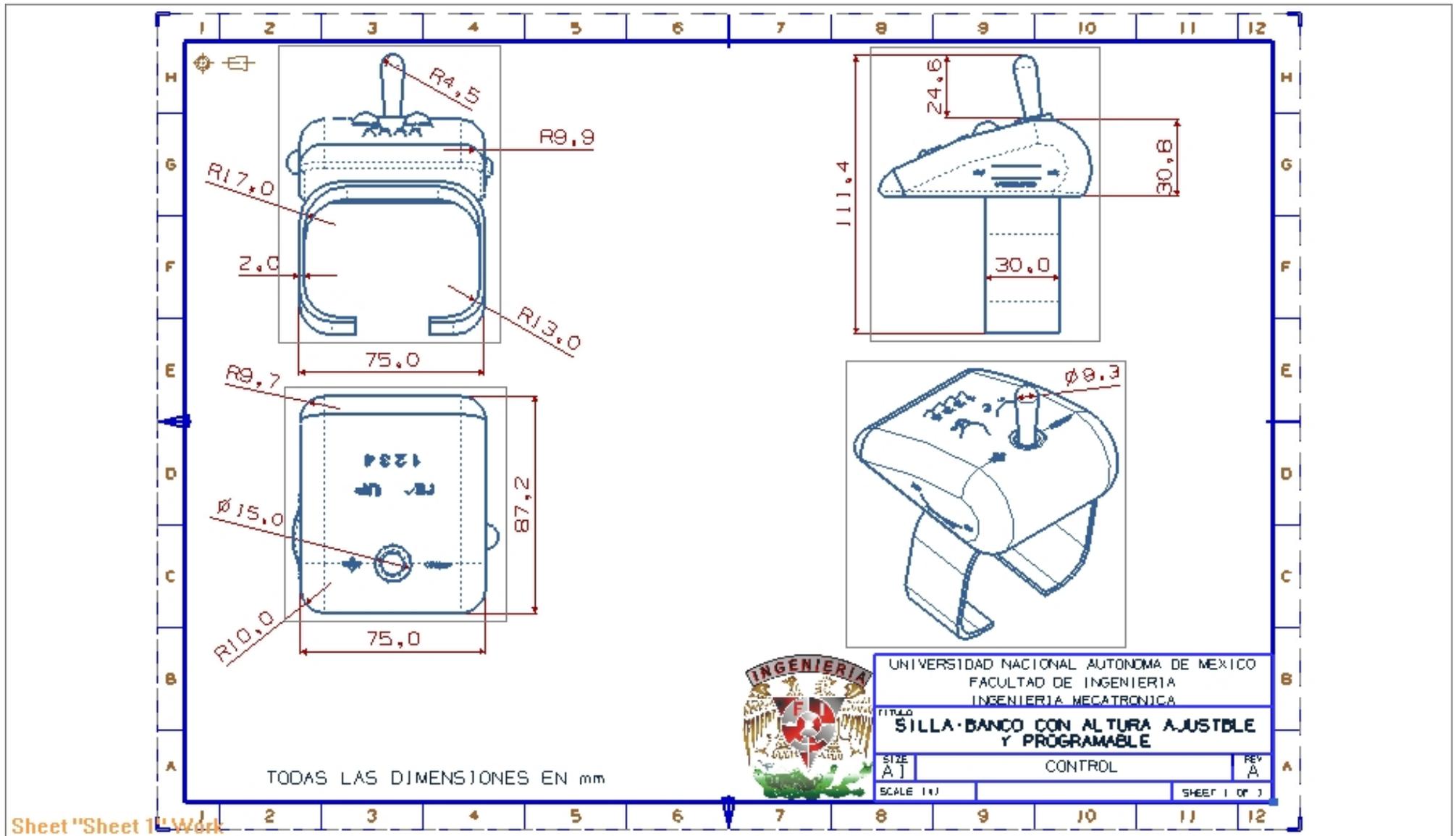




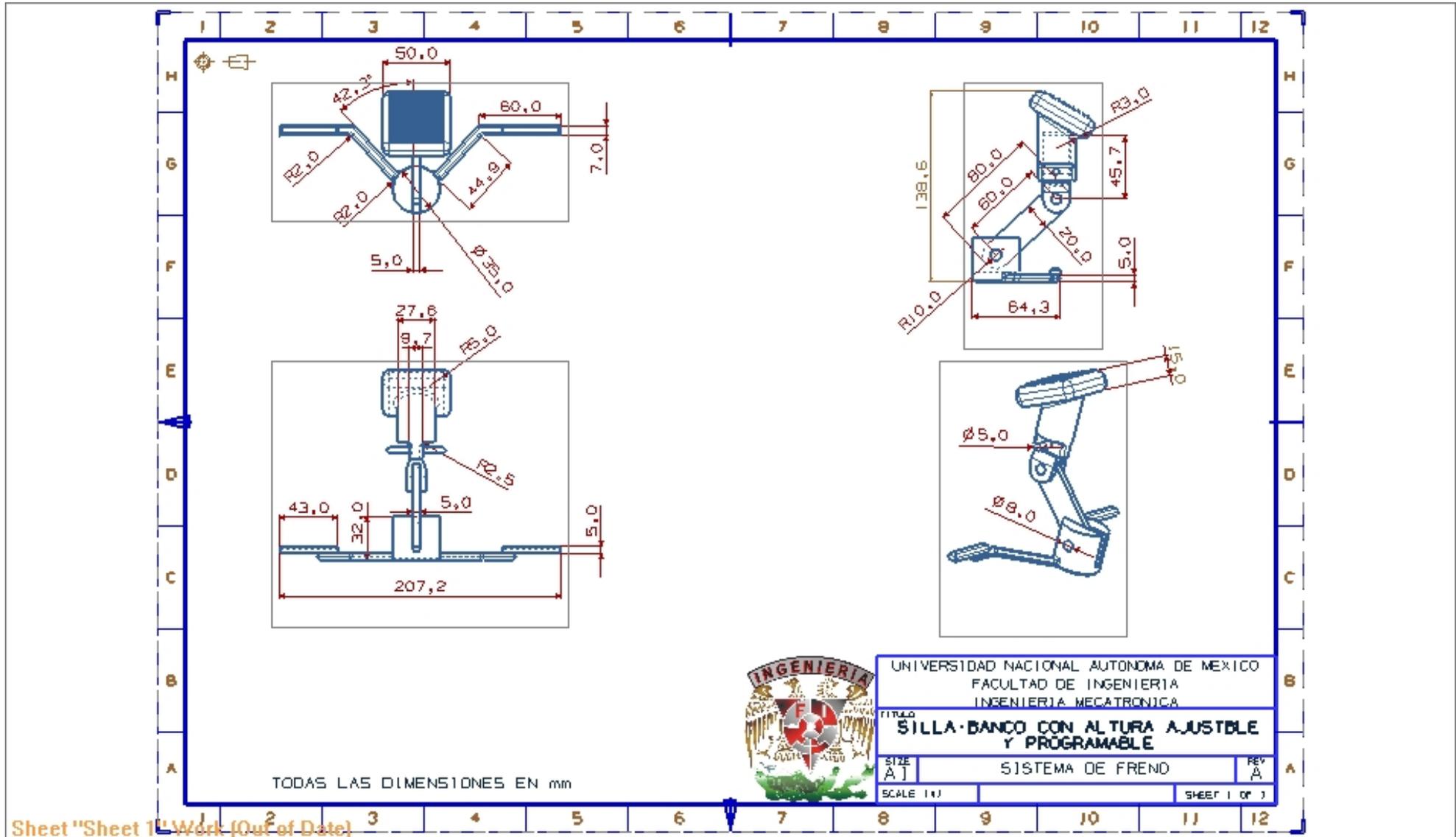
Sheet "Sheet 1" Work



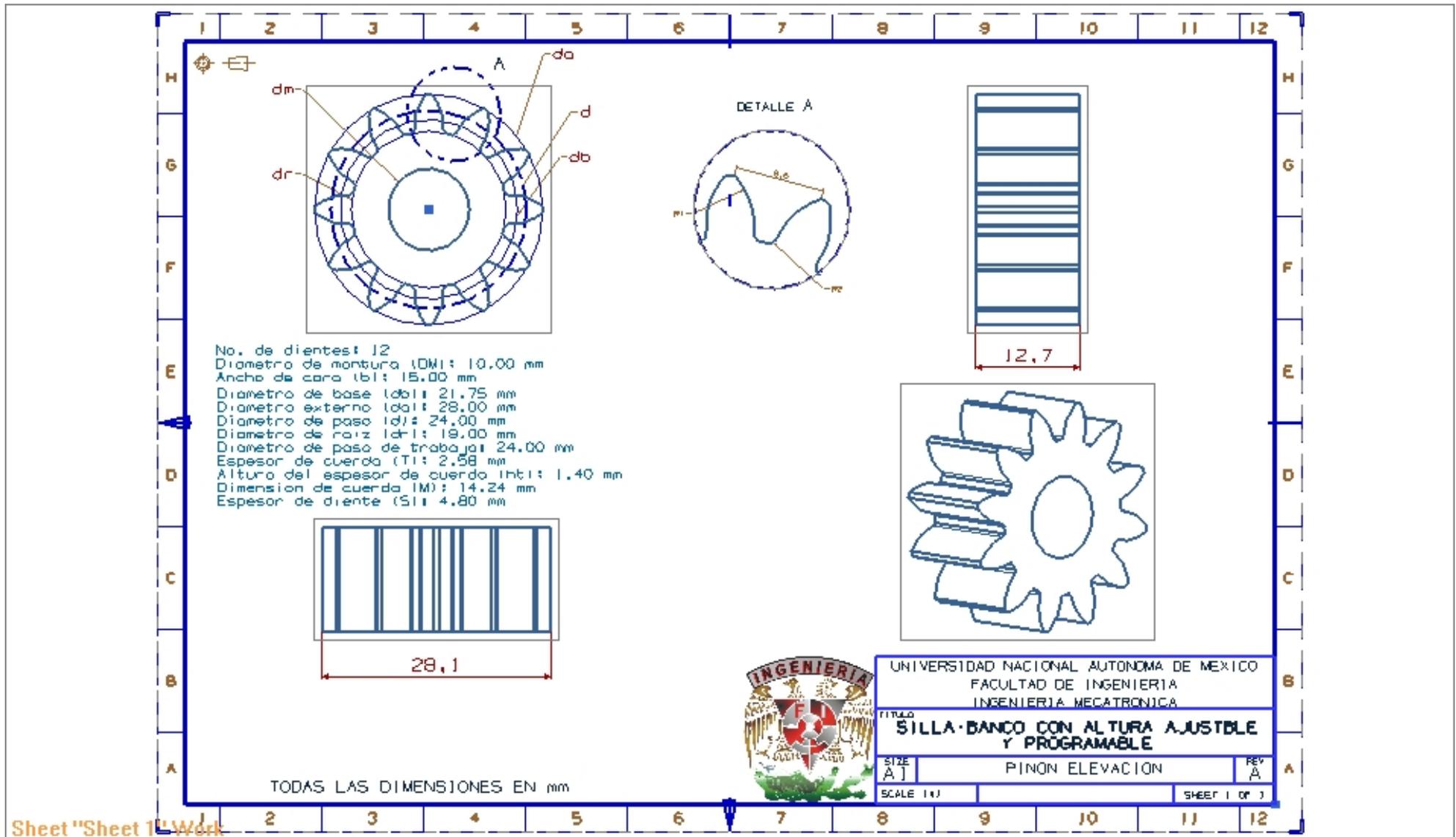
Sheet "Sheet 1" Work (Unloaded)

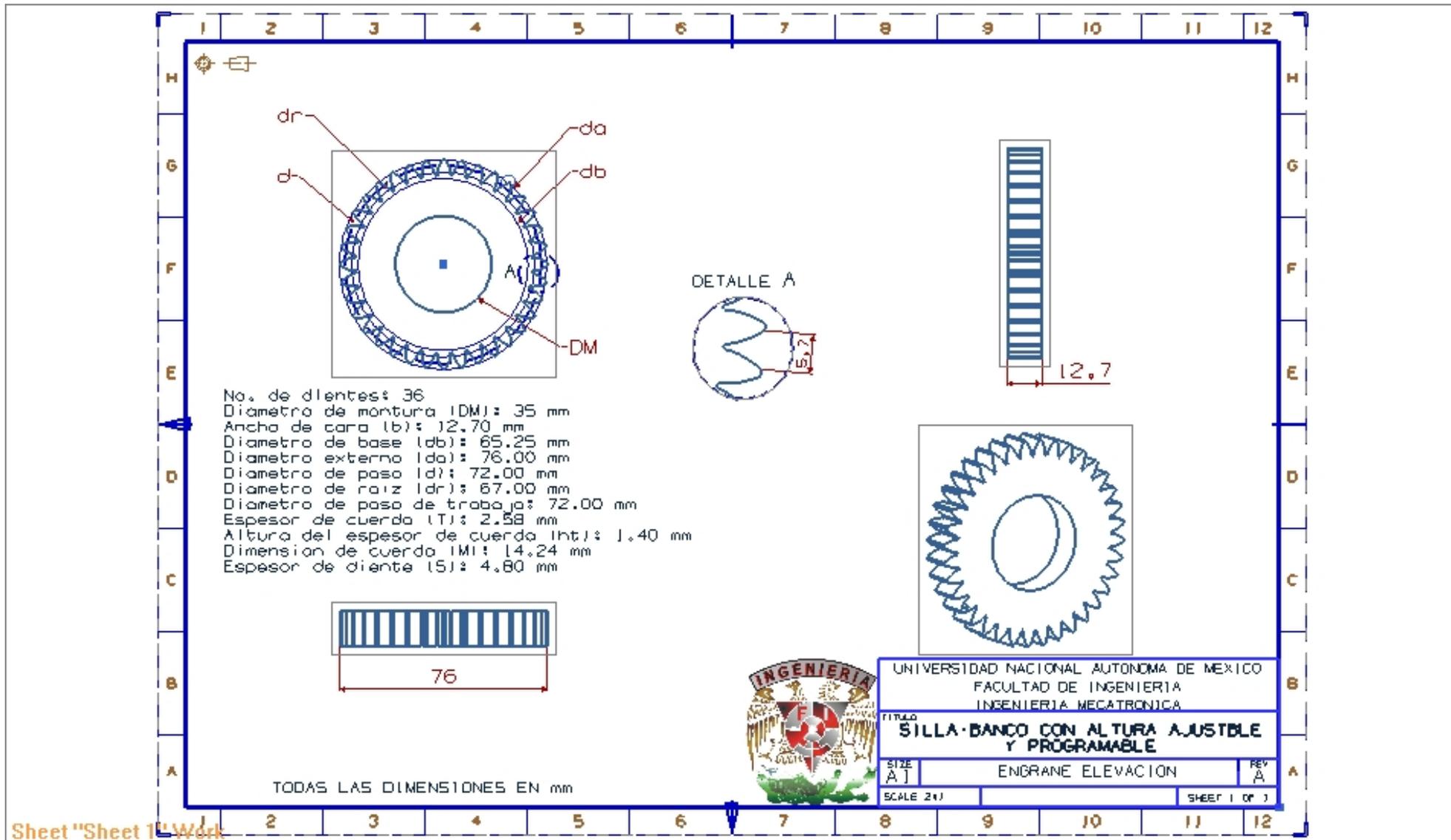


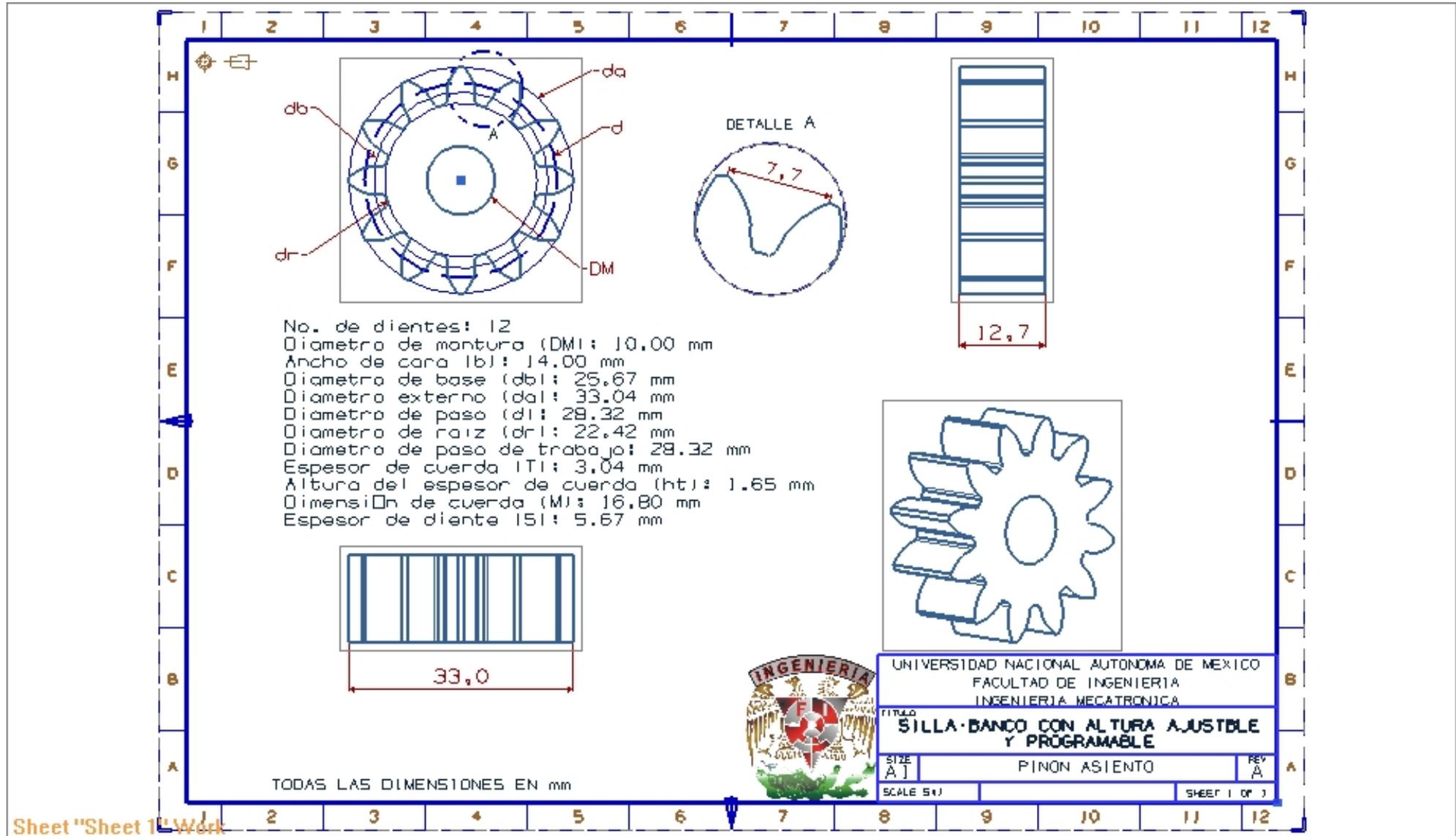
Sheet "Sheet 1" Work

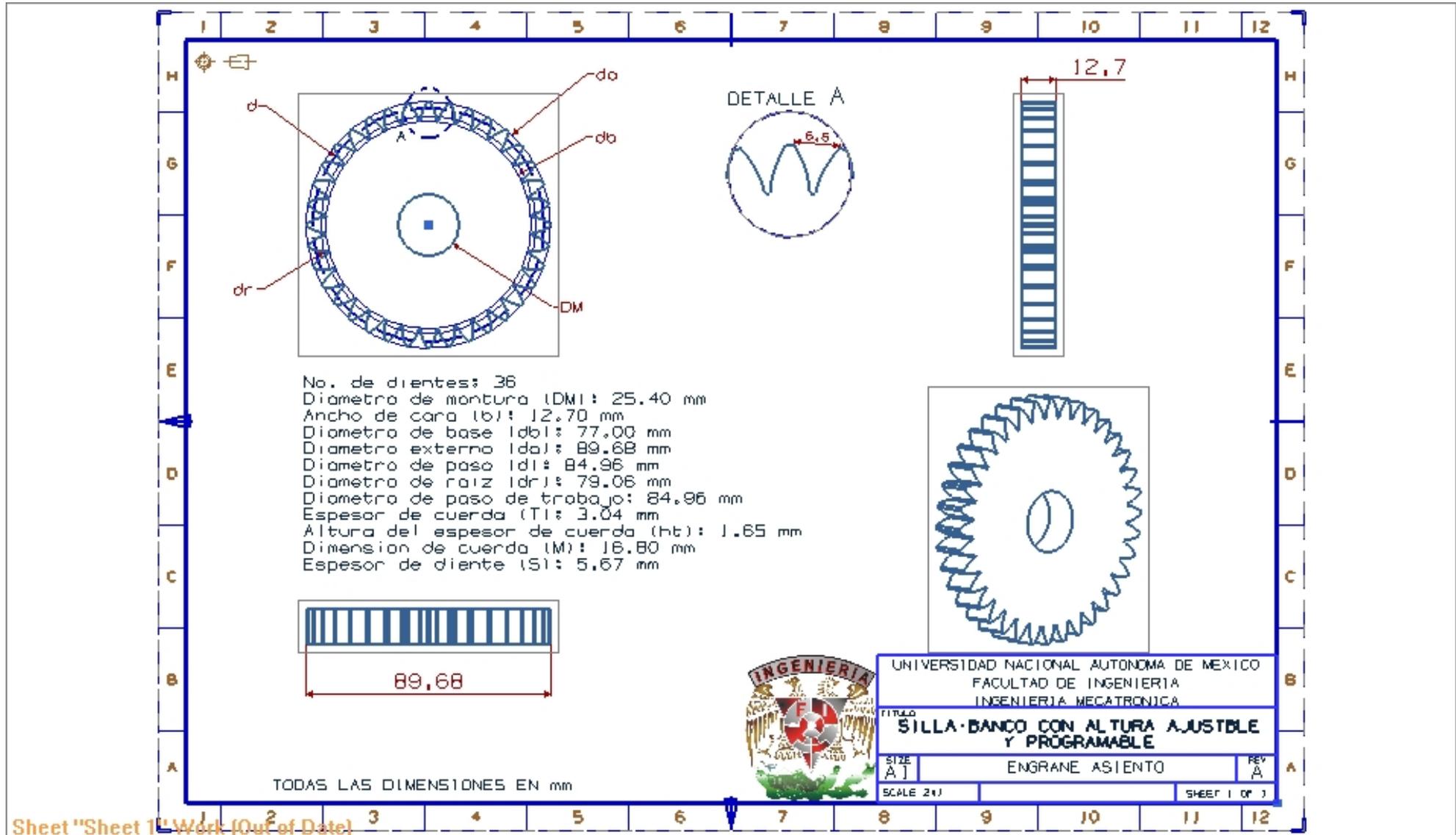


Sheet "Sheet 1" Work (Out of Date)









Sheet "Sheet 1" Work (Out of Date)



Programación en PIC-C

```
#include <16F877.h>
#device adc=10
#fuses XT,NOWDT
#USE delay (clock=4000000)
#include <stdlib.h>
#separate
#USE STANDARD_IO (A)
#separate
#USE STANDARD_IO (B)
#separate
#USE STANDARD_IO (D)
#separate
#USE STANDARD_IO (C)
#separate
#USE STANDARD_IO (E)
void main() {
    int16 q; // variable para potenciómetro de velocidad
    int16 h; // variable para sensor de altura
    int h2; // variable para operar valor del sensor de altura
    int16 a1; // variable para sensor de ángulo
    int a2; // variable para operar valor del sensor de ángulo
    int c1; //
    int16 c2; //
    int c3; //
    int c4; //
    int16 c5; //
    int c6;

    int16 PWML=0; // variable para el PWM
```



// programación del convertidor AD

```
setup_adc_ports(AN0_AN1_AN2_AN3_AN4); //canales analógicos
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //fuente de reloj RC
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
    if ((INPUT(PIN_B0)== 1)&&(INPUT(PIN_B1)==0)&&(INPUT(PIN_C0)==0))
```

```
    {
```

```
        OUTPUT_HIGH (PIN_D0);
```

```
        set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
```

```
        delay_us(20);
```

```
        q=read_adc(); //lectura canal 0
```

```
        PWML=1024-q;
```

```
        for(q;q>0;q--){
```

```
            OUTPUT_HIGH(PIN_D2);} 
```

```
        for(PWML;PWML>0;PWML--){
```

```
            OUTPUT_LOW(PIN_D2);} 
```

```
    }
```

```
    if ((INPUT(PIN_B1)== 1)&&(INPUT(PIN_B0)==0)&&(INPUT(PIN_C1)==0))
```

```
    {
```

```
        OUTPUT_LOW (PIN_D0);
```

```
        set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
```

```
        delay_us(20);
```

```
        q=read_adc(); //lectura canal 0
```

```
        PWML=1024-q;
```

```
        for(q;q>0;q--){
```

```
            OUTPUT_HIGH(PIN_D2);} 
```

```
        for(PWML;PWML>0;PWML--){
```

```
            OUTPUT_LOW(PIN_D2);} 
```

```
    }
```



```
if ((INPUT(PIN_B2)== 1)&&(INPUT(PIN_B3)==0)&&(INPUT(PIN_C2)==0))
{
OUTPUT_HIGH (PIN_D1);
set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
delay_us(20);
q=read_adc(); //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--){
OUTPUT_HIGH(PIN_D3);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
OUTPUT_LOW(PIN_D3);}
}
if ((INPUT(PIN_B3)== 1)&&(INPUT(PIN_B2)==0)&&(INPUT(PIN_C3)==0))
{
OUTPUT_LOW (PIN_D1);
set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
delay_us(20);
q=read_adc(); //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--){
OUTPUT_HIGH(PIN_D3);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
OUTPUT_LOW(PIN_D3);}
}
/// PROGRAMACIÓN PARA GUARDAR Posición EN MEMORIA

if (INPUT(PIN_B4)== 1) // LEE EL ADC Y GUARDO EN MEMORIA
{
set_adc_channel(1); //habilitacion canal 1
delay_us(10);
h=read_adc(); //lectura canal 1 sensor de altura
```



Silla-Banco con altura ajustable y programable

```
h2=41*h/1024.0;
write_eeprom(h2,h2); // escríbelo en la memoria
set_adc_channel(3); // habilita canal 3
delay_us(10);
a1=read_adc(); // lee el valor en el sensor de ángulo
a2=41*a1/1024.0;
write_eeprom(a2,a2);
}
```

/// PROGRAMACIÓN DE LA PARTE AUTOMÁTICA

```
if (INPUT(PIN_B5)==1) // Botón para hacer la ejecución automática
{
c1=read_eeprom(h2); // lee la memoria y saca el valor de altura
set_adc_channel(1); //habilita el sensor de altura
delay_us(20); //espera
c2=read_adc(); //lectura canal 1
c3=41*c2/1024.0; // opera valor para poder comparar
delay_us(20);
c4=read_eeprom(a2); //lee el valor guardado del ángulo
set_adc_channel(3);
delay_us(20);
c5=read_adc();
c6=41*c5/1024.0;
delay_us(20);

// Compara el valor guardado c1 y el valor actual c3 para obtener altura

while (c1>c3)
{
OUTPUT_HIGH (PIN_D0);
set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
delay_us(20);
```



```

q=read_adc();    //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--){
OUTPUT_HIGH(PIN_D2);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
OUTPUT_LOW(PIN_D2);}

delay_us(1);

set_adc_channel(1); //habilita el sensor de altura
delay_us(20);      //espera
c2=read_adc();    //lectura canal 3
c3=41*c2/1024.0;  // opera valor para poder comparar
}
// Segundo caso
while(c1<c3)
{
OUTPUT_LOW (PIN_D0);
set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
delay_us(20);
q=read_adc();    //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--){
OUTPUT_HIGH(PIN_D2);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
OUTPUT_LOW(PIN_D2);}

delay_us(1);

set_adc_channel(1); //habilita el sensor de altura
delay_us(20);      //espera
c2=read_adc();    //lectura canal 3

```



Silla-Banco con altura ajustable y programable

```
c3=41*c2/1024.0; // opera valor para poder comparar
}
// Tercer caso
while((c1==c3)&(c4>c6))
{
OUTPUT_HIGH (PIN_D1);
set_adc_channel(0); //habilitación canal 0
delay_us(20);
q=read_adc(); //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--){
OUTPUT_HIGH(PIN_D3);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
OUTPUT_LOW(PIN_D3);}

delay_us(1);

set_adc_channel(3); //habilita el sensor de altura
delay_us(20); //espera
c5=read_adc(); //lectura canal 3
c6=41*c5/1024.0; // opera valor para poder comparar
}
while((c1==c3)&(c4<c6))
{
OUTPUT_LOW (PIN_D1);
set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
delay_us(20);
q=read_adc(); //lectura canal 0
PWML=1024-q;
for(q;q>0;q--)
{
OUTPUT_HIGH(PIN_D3);}
```



Silla-Banco con altura ajustable y programable

```
for(PWML;PWML>0;PWML--){
  OUTPUT_LOW(PIN_D3);}
delay_us(1);
set_adc_channel(3); //habilita el sensor de altura
delay_us(20); //espera
c5=read_adc(); //lectura canal 3
c6=41*c5/1024.0; // opera valor para poder comparar
}

}

///< Botón home
if (INPUT(PIN_E0)==1) // Botón para hacer la ejecución automática
{

set_adc_channel(1); //habilita el sensor de altura
delay_us(20); //espera
c2=read_adc(); //lectura canal 1
c3=41*c2/1024.0; // opera valor para poder comparar
delay_us(20);

set_adc_channel(3); // habilita el sensor de ángulo
delay_us(20);
c5=read_adc();
c6=41*c5/1024.0;
delay_us(20);
while((c6!=0)&&(INPUT (PIN_C3)== 0))
{
OUTPUT_LOW (PIN_D1);
set_adc_channel(0); //habilitación canal 0
delay_us(20);
q=read_adc(); //lectura canal 0
PWML=1024-q;
```



Silla-Banco con altura ajustable y programable

```
for(q;q>0;q--){
  OUTPUT_HIGH(PIN_D3);}
for(PWML;PWML>0;PWML--){
  OUTPUT_LOW(PIN_D3);}

  delay_us(1);

  set_adc_channel(3); //habilita el sensor de altura
  delay_us(20); //espera
  c5=read_adc(); //lectura canal 3
  c6=41*c5/1024.0; // opera valor para poder comparar
}
while((c3!=0)&&(C6==0)&&(INPUT (PIN_C1)==0))
{
  OUTPUT_LOW (PIN_D0);
  set_adc_channel(0); //habilitacion canal 0
  delay_us(20);
  q=read_adc(); //lectura canal 0
  PWML=1024-q;
  for(q;q>0;q--){
    OUTPUT_HIGH(PIN_D2);}
  for(PWML;PWML>0;PWML--){
    OUTPUT_LOW(PIN_D2);}
  delay_us(1)
  set_adc_channel(1); //habilita el sensor de altura
  delay_us(20); //espera
  c2=read_adc(); //lectura canal 1
  c3=41*c2/1024.0; // opera valor para poder comparar
}
}
}
```