

# Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas de Durabilidad para Asientos de Vehículo

Cristian Alejandro Paredes Gordillo  
Jorge Oscar Guarnizo Guayanay  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
cparedes588@gmail.com  
jorge.guarnizo@hotmail.com

Víctor Hugo Guerrero Barragán  
Kleber Orlando Campaña Cruz  
Laboratorio de Nuevos Materiales  
Departamento de Materiales  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
victor.guerrero@epn.edu.ec  
kleber.campana@epn.edu.ec

**Resumen**— La industria automotriz ha perfeccionado los asientos para brindar confort y seguridad a los ocupantes de un vehículo, a través de los esfuerzos de innovación de compañías nacionales e internacionales. La evaluación y homologación de asientos demanda la disponibilidad de bancos y protocolos de pruebas. En este artículo se describe el diseño y construcción de un banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículo en base a normativas ecuatorianas, colombianas y europeas. El banco de pruebas realiza ensayos estáticos y repetitivos de la silla, espaldar y apoyacabezas mediante un sistema neumático de carga controlado electrónicamente. El equipo aplica una carga de hasta 100 kgf, durante un máximo de 150000 ciclos con un tiempo de duración de cada ciclo de hasta 10 segundos, y ofrece la posibilidad de variar sus parámetros. El banco de pruebas de asientos de vehículo contribuiría a estandarizar la calidad de estos componentes automotrices.

**Palabras clave**— Asientos de vehículo, automóvil, ensayos de durabilidad, homologación, banco de pruebas.

**Abstract**— Automotive industry has perfected seats in order to give comfort and safety to the occupants of a vehicle through innovation efforts of national and international companies. Evaluation and homologation of seats demands the availability of test benches and testing protocols. This paper describes the design and construction of a durability test bench for vehicle seats based on Ecuadorian, Colombian and European regulations. The test bench performs static and repetitive tests of the chair, backrest and headrest by a pneumatic loading system electronically controlled. The machine applies a load up to 100 kgf, for up to 150,000 cycles with a duration of each cycle up to 10 seconds, and it gives the possibility of varying parameters. The test bench of vehicle seats contributes to standardize the quality of those automotive components.

**Keywords**— Vehicle's seats, automobile, durability testing, homologation, test bench.

## I. INTRODUCCIÓN

El asiento es un componente de mucha importancia en la industria automotriz ya que afecta la ergonomía y seguridad de los ocupantes de un vehículo. En Sudamérica se

comercializaron alrededor de 4,77 millones de vehículos el año 2012, los cuales debieron haber cumplido protocolos de ensayo que avalen a cada uno de sus componentes. [1]

Argentina y Colombia cuentan con una normativa de homologación para asientos de vehículo. Sin embargo, en países como Ecuador hace falta plantear un protocolo de ensayos para avalar asientos automotrices, los cuales son tan importantes como cualquier otra pieza del vehículo. [2]

La construcción de un banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículo, podría contribuir a la homologación de estos componentes automotrices. Para esto, el equipo de ensayos se debe diseñar y construir bajo criterios de evaluación, basados en normas internacionales. La selección adecuada de estas normas permitiría implementar estos procesos en regiones tales como la andina o la sudamericana.

En casos como el de Ecuador, esta selección también contribuiría a cubrir vacíos normativos y a satisfacer requerimientos ingenieriles y comerciales.

## II. EL ASIENTO EN EL AUTOMÓVIL

Los fabricantes de asientos de vehículo están innovando diariamente y plantean diseños para definir materiales y procesos que cumplan con las exigencias del usuario. La demanda de asientos en la época actual hace referencia a necesidades como son la ergonomía, coeficientes de amortiguación altos, prestaciones elevadas y, por supuesto, la seguridad pasiva. [3, 4]

El relleno de asientos en los automóviles modernos se los hace mediante fibras de coco amasadas con látex de caucho, o bien gomaespuma o productos poliuretánicos expandidos. La estructura base del asiento se la fábrica típicamente en acero AISI 1018. Esto se debe a sus excelentes características mecánicas a cargas no muy severas. [5]

El anclaje de los asientos se lo realiza mediante pernos que se fijan a la carrocería del vehículo. El anclaje soporta toda la

carga muerta (elementos propios) y la carga viva (peso del usuario) sin deformarse ni presentar fallas en su estructura. Los pernos de anclaje están constantemente sometidos a esfuerzos de tracción y de corte. [6]

#### A. Requerimientos en un asiento de vehículo

En el desarrollo de un asiento se respetan los principios de la ergonomía y la biomecánica, dado que la conducción de un automóvil constituye un verdadero trabajo. Un asiento debe ser anatómico y hallarse en una posición tal que garantice una buena visibilidad y una actitud fisiológica correcta, sobre todo para el conductor. En cuanto al reposacabezas, este debe ser regulable en altura. [7]

Durante una frenada brusca o una colisión frontal o trasera, la cabeza se desplaza hacia delante y luego hacia atrás, o viceversa. Este hecho, que se ilustra en la Fig. 1, se conoce como efecto látigo y es el responsable de la mayor parte de las lesiones cervicales que sufren los ocupantes de un vehículo accidentado. Los reposacabezas evitan dichas lesiones o, al menos, reducen su gravedad. [8, 9]

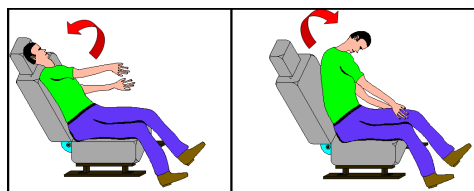


Fig. 1. Efecto látigo en un accidente.

#### B. Homologación de asientos automotrices

Para homologar asientos automotrices, se debe establecer patrones de referencia. Estas referencias se encuentran definidas mediante normas legales que estandarizan y obligan a los fabricantes de asientos automotrices a cumplir con dichos requerimientos. Las normativas existentes en el Ecuador para ensayos en asientos de vehículo incluyen las NTE INEN 2707 y 2708, que son adopciones de normativas europeas para ensayos dinámicos. Debido a que las normas ecuatorianas tratan con poca claridad los ensayos estáticos y son muy similares a las europeas en cuanto a ensayos dinámicos, en este trabajo se toman como directrices las normas colombianas y europeas. [10, 11]

##### 1) Normativa colombiana para la homologación de asientos:

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) es el organismo nacional de normalización para Colombia. La normativa permite homologar asientos de vehículos en base a ensayos estáticos es NTC 3638. Las pruebas se las debe realizar en un banco de pruebas, como se ilustra en la figura 2. [12]

##### 2) Normativa europea para la homologación de asientos:

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) es el organismo de normalización para Europa. Las normativas que permiten homologar asientos automotrices en base a ensayos estáticos y dinámicos son ECE

R17 y ECE R25 que trata sobre la homologación del reposa cabezas. Las pruebas dinámicas se realizan con maniqués o robots montados sobre el asiento de un vehículo o algún simulador avanzado, como se ilustra en la figura 3. [13, 14]

En este trabajo solo se examinan los ensayos estáticos, debido a que los ensayos dinámicos requieren otro tipo de maquinaria para su ejecución. Cabe señalar que un laboratorio equipado para ensayos dinámicos de asientos es mucho más complejo y por ende más costoso en comparación con uno equipado para ensayos estáticos.

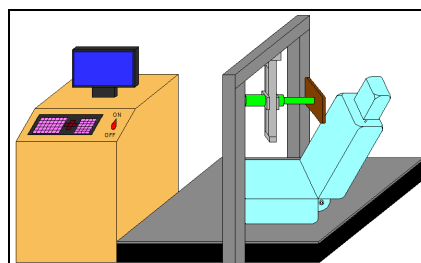


Fig. 2. Ilustración de un banco de pruebas estático de asientos.

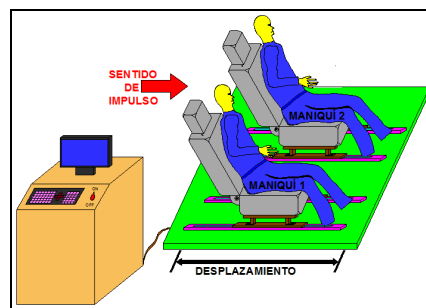


Fig. 3. Pruebas dinámicas de asientos.

#### C. Ensayos a realizar

El ciclo de operación para el banco de pruebas de asientos de vehículo, consta de diferentes ensayos que se aplican a los elementos del asiento que son la silla, espaldar y apoyacabezas. Los ensayos a realizarse se definen de acuerdo con la normativa colombiana NTC 3638. Para que un asiento sea certificado como idóneo para el uso en vehículos automotores, debe cumplir las pruebas y criterios de evaluación descritos a continuación. [12]

1) *Ensayo para la resistencia de la silla:* En este ensayo se aplica una carga  $P$  perpendicular al espaldar del asiento, siendo ubicada puntualmente en la mitad de la parte superior de la estructura del espaldar. Esta carga se la aplica para generar un momento de 42 kgf - m alrededor de la articulación de la silla. Para efectuar esta prueba se necesita un indentador el cual es un plato indeformable de acero, de diámetro 100 mm.

Una vez realizado el ensayo correspondiente, no deberá haber deformación, roturas o partes sueltas en el herraje de la silla. En la Fig. 4, se ilustra el ensayo a realizar.

2) *Ensayo de durabilidad en el extremo delantero:* Para este ensayo se aplica una carga simultánea  $P$  de 30 kgf en dos

puntos equidistantes del eje de simetría, marcados en el extremo delantero del asiento, durante 140000 ciclos de carga y descarga. Para aplicar la carga P se necesitan dos platos indeformables de diámetro 100 mm, con una simétrica de 120 mm. Una vez realizado el ensayo, no deberá presentarse deformación del herraje ni saltarse los resortes de la silla.

3) Ensayo de durabilidad del espaldar: En este caso se aplica una carga cíclica perpendicular al espaldar del asiento. La carga aplicada debe generar un momento de 10 kgf - m en 28000 ciclos. Para aplicar la carga P al espaldar se necesitan un indentador de madera que no tenga alabeos. Una vez realizado el ensayo, no deberá haber rotura en los resortes, separación de las soldaduras o deformación.

4) Ensayo de la resistencia del pivote en el herraje: Para este ensayo se aplica una carga de 80 kgf durante 150000 ciclos sobre el centro pivote del asiento. El indentador para esta prueba es el plato indeformable de acero que transmitirá la carga puntual P hacia el espaldar. Una vez realizado el ensayo, no deberán presentarse grietas, roturas o separación en la región soldada, luego de ensayar el herraje.

5) Ensayo de la absorción de choques del apoyacabezas: Para el ensayo correspondiente se aplica una carga perpendicular P al espaldar para generar un momento de 38 kgf - m alrededor de la articulación; esta parte del ensayo se realiza con el indentador para el espaldar. Enseguida, se aplica una carga P1 de 100 kgf sobre el apoyacabezas. Para realizar la segunda parte de la prueba se necesita un indentador en forma de semiesfera fabricado de madera. Una vez realizado el ensayo, no deben presentarse daños tanto en el apoyacabezas como en el espaldar y correderas.

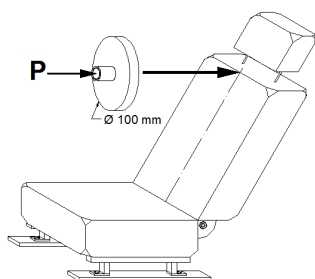


Fig. 4. Ensayo para la resistencia de la silla.

6) *Ensayo de durabilidad del apoyacabezas:* Para este ensayo se aplica una carga de 50 kgf perpendicular al apoyacabezas durante 10000 ciclos. Este indentador de semiesfera es fabricado en madera sin alabeos. Una vez realizado el ensayo, no debe haber roturas en partes soldadas, tanto en el apoyacabezas como en el espaldar.

### III. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

Se requiere un dispositivo de pruebas de durabilidad para asientos delanteros de vehículos, capaz de adaptarse y trabajar en base a las normativas NTC 3638 y ECE R17. Estas normativas son tomadas en cuenta, debido a que permitirían evaluar y homologar asientos en países como Ecuador y las regiones andina y sudamericana.

#### A. Especificaciones del equipo

Para diseñar y construir el banco de pruebas para asientos de vehículo, se necesita definir las especificaciones de funcionamiento del equipo. Las principales especificaciones son:

- El bastidor se diseña y se construye con una estructura monocasco compacta, con un tamaño total reducido que le permita caber en cualquier laboratorio y facilitar su traslado.
- El sistema genera cargas que varían desde 1 kgf hasta 100 kgf, en intervalos de 1 kgf.
- El sistema varía la frecuencia de desde 1 ciclo hasta 150000 ciclos en intervalos de 1.
- El sistema varía el tiempo de trabajo desde 1 hasta 8 segundos, en intervalos de 1.

#### B. Sistemas del equipo

Para la selección de los sistemas del equipo, se toman en cuenta las especificaciones planteadas. Esta selección de los sistemas, se realiza en términos del óptimo funcionamiento y desempeño de la máquina durante los ensayos. Previo a la selección de cada sistema del equipo, se diseñó varias alternativas, de las cuales se escogieron las que más acordes con las especificaciones requeridas.

Para el sistema de bastidor, se toma en cuenta que el equipo debe alojar las diferentes muestras a ensayar, así como también debe contar con un sistema que fije las mismas. Además, dentro de este sistema deben estar montados todos los elementos de carga y de control del equipo.

Para el caso del sistema de carga, el sistema debe permitir trabajar con diferentes cargas cíclicas repetitivas, que en unos casos son de alta frecuencia, las cuales llegan hasta 1 ciclo por segundo durante 150000 repeticiones. Por esto, el sistema de carga seleccionado es neumático, conformado principalmente por un cilindro neumático.

El sistema de control debe permitir programar diferentes parámetros de trabajo como son la carga, el tiempo y el número de ciclos de un ensayo. Por este motivo se determina que el sistema adecuado de control es electrónico comandado por un PIC (controlador programable de interrupciones).

En lo relativo a la seguridad, se considera que el equipo está conformado por elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos los cuales deben ser manipulados correctamente. Dentro de este sistema se incluye el plan de mantenimiento, los procedimientos de operación y la señalética de los riesgos que se presentan al operar el equipo.

#### C. Alternativas del equipo

En las alternativas del conjunto, se diseña varias opciones estructurales del banco de pruebas de asientos de vehículo, considerando especialmente las especificaciones del equipo. A continuación se presenta las alternativas estructurales más relevantes.

1) *Primera alternativa de diseño:* La primera alternativa de diseño del banco de pruebas para asientos de vehículo, ilustrada mediante la Fig. 5, propone un modelo que fija permanentemente todo el equipo a una base de concreto por medio de pernos anclados.

La platina de alojamiento del asiento será estática, con múltiples perforaciones que permiten sujetar y anclar varios tipos de asiento. Para facilitar la variación de altura el sistema de carga, se incorpora un mecanismo de manivela, poleas y cable tensionado. La principal desventaja de esta alternativa, es que el equipo tiene gran peso.

2) *Segunda alternativa de diseño:* La segunda alternativa de diseño del banco de pruebas para asientos de vehículo se ilustra mediante la Fig. 6, se propone un modelo que fija permanentemente la platina de anclaje del asiento.

El cilindro neumático está montado sobre dos travesaños rectangulares, que a su vez tiene distintos niveles de altura. La base del equipo tiene niveladores. La principal desventaja de esta alternativa es que el equipo tiene limitaciones al momento de realizar las pruebas, debido a que el cilindro neumático está fijado en una sola posición.

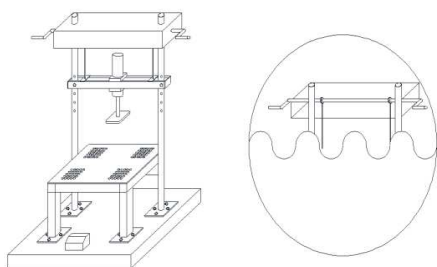


Fig. 5. Primera alternativa de diseño del equipo

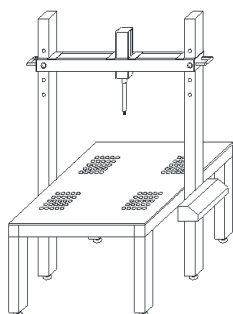


Fig. 6. Segunda alternativa de diseño del equipo.

3) *Alternativa de diseño seleccionada:* En la Fig. 7, se ilustra el diseño final del banco de pruebas para asientos de vehículos. La selección de la alternativa final del conjunto y de los componentes para el equipo, se la realizó en base a los requerimientos y especificaciones planteadas en un inicio.

El prototipo del banco de pruebas propone un modelo que fija permanentemente la plancha de alojamiento, donde se ancla el asiento. En la plancha de alojamiento del asiento, a su vez existen agujeros en los que se anclará el asiento independientemente de su tamaño y forma.

El cilindro neumático está montado sobre dos vigas transversales, que brindan la facilidad de desplazarse tanto vertical como horizontalmente. Además se tiene la posibilidad de girar un ángulo de 90° para adaptarse a pruebas hacia el espaldar y apoyacabeza, sin tener que modificar la posición del asiento. Los soportes del equipo tienen niveladores en sus bases. Los niveladores se adaptan fácilmente a las irregularidades del piso y brindan estabilidad al equipo.

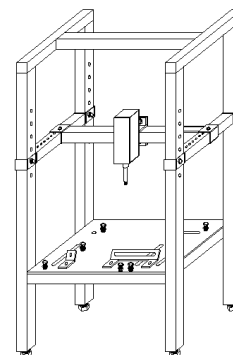


Fig. 7. Alternativa de diseño seleccionada.

#### D. Diseño de estructura del bastidor

Para el diseño de la estructura del bastidor; se recurre al método de diseño por resistencia. En el bastidor se utiliza tubo estructural ASTM A36, tomando en cuenta que la estructura se someterá únicamente a un sistema de cargas muertas debido al peso de los elementos ensamblados y a la carga viva debida a la fuerza de martilleo constante. Las secciones de los elementos están unidas mediante soldadura por lo que se considera que los nodos son rígidos.

Las dimensiones del equipo son 100 x 100 x 171 cm. La estructura en su mayor parte se trabaja con tubo estructural cuadrado de 50 mm de arista y 3 mm de espesor.

Para el diseño de la estructura del bastidor se utiliza el programa de simulación de elementos finitos ALGOR. En la Fig. 8 se muestra el resultado del análisis de la estructura del equipo.

Para el análisis, se toma en cuenta la aplicación de una carga de  $FM = 1000 \text{ N}$  provocada por el cilindro neumático. El esfuerzo máximo del acero ASTM A36 es de 250 MPa, y el esfuerzo máximo calculado para esta estructura es de 11,3 MPa; por lo que se determina que el equipo está sobredimensionado y puede trabajar sin riesgos con la carga aplicada. Se recalca que este sobredimensionamiento se debe a la facilidad de trabajo y adquisición del material por parte del diseñador.

#### E. Diseño del sistema de carga

El diseño del sistema de carga es la parte más importante para los ensayos de durabilidad de asientos de vehículo. Para el sistema de carga; se considera trabajar con un sistema neumático, debido se tratan cargas cíclicas de alta frecuencia.

Para el caso del banco de pruebas de asientos, la presión de trabajo es de 4 bares y debe entregar una fuerza de 100 kgf

(981 N). De acuerdo con los cálculos de diseño, el diámetro del embolo calculado es  $DE = 60$  mm.

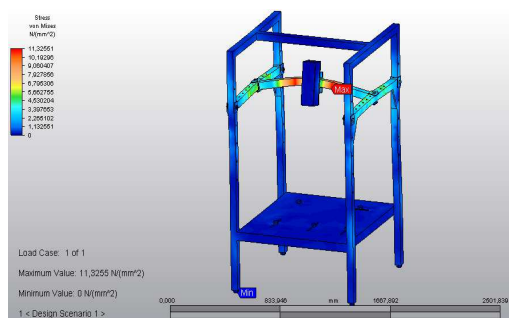


Fig. 8. Resultado del análisis de la estructura.

#### F. Diseño del sistema de control

Para el control de sistema neumático del banco de pruebas (control de presión, fuerza, número de ciclos) se desarrolla un sistema electrónico con tarjeta de control comandado por un microcontrolador 16F 876. A continuación se describe las partes principales del circuito.

1) *Interfaz con sensor inductivo*: Para que las señales producidas por el sensor inductivo en el cilindro neumático puedan ser interpretadas por el circuito, se implementa un circuito electrónico con un PIC.

2) *Interfaz presión a voltaje*: La interfaz presión a corriente mide la presión que está circulando por el sensor y envía la señal en voltaje. Para interpretar las señales producidas por el sensor piezoeléctrico de presión se desarrolla un circuito que está compuesto por un PIC, un filtro pasa bajos, un cristal piezoeléctrico condensadores cerámicos y electrolíticos, y resistores eléctricos.

3) *Oscilador para el microcontrolador*: Para indicar al PIC la velocidad a la que debe trabajar se implementa un circuito de oscilación para cumplir con esta tarea. Un microcontrolador PIC necesita de un circuito que le muestre la velocidad a la que debe trabajar. Dicho circuito se denomina oscilador de frecuencia.

4) *Teclado y control LCD*: El teclado es un componente del sistema de control donde el usuario selecciona los parámetros por medio de botones para que la máquina pueda realizar el trabajo requerido.

### IV. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

La construcción del banco de pruebas se la realiza en un taller equipado con máquinas y herramientas comunes para maquinado.

#### A. Materiales utilizados

Los materiales seleccionados para la construcción del equipo, están dados en función a las exigencias que se esperan del equipo.

1) *Material para estructura de bastidor*: Los materiales utilizados en el bastidor fueron escogidos durante el diseño del sistema. En la Tabla I; se observa el material principal que se utiliza para la construcción del bastidor.

TABLA I. MATERIAL UTILIZADO EN EL BASTIDOR.

MATERIAL	DESIGNACIÓN
Tubo cuadrado	ASTM A36
Plancha de acero	
Perfil en L	
Platinas	
Electrodos de soldadura	AGA 6011

Para la sujeción de asientos y para el anclaje de los variadores de posición del cilindro neumático; se utilizó pernos ASTM A307  $\phi$  3/8 in y  $\phi$  7/16 in, respectivamente.

2) *Elementos para el sistema de carga*: Los elementos utilizados en el sistema de carga fueron escogidos durante el diseño del mismo. En la Tabla II; se detallan los principales elementos neumáticos que se utilizan para la construcción del sistema de carga.

TABLA II. ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE CARGA.

ELEMENTO	DETALLE
Cilindro neumático	$\phi$ embolo: 63 mm
Regulador de caudal	$\phi$ : 3/8 pulgada
Electroválvula	Posiciones: 5/2
Regulador de presión	Presión: 0 a 60 psi
Tubo de poliuretano	$\phi$ : 6,5 mm
Conectores	$\phi$ : 1/8 pulgada
Aliviador de presión	$\phi$ : 1/2 pulgada

3) *Elementos para el sistema de control*: Para la selección de estos elementos se toma en cuenta aspectos de seguridad que debe cumplir este sistema. En la tabla 3; se detalla los elementos electrónicos que se utilizan para la construcción del sistema de control.

TABLA III. ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE CONTROL.

ELEMENTO	DETALLE
Tarjeta de control	Varios elementos
Display	
Sensores	Tipo: reed Switch
Sensor de presión	Presión: 0 a 150 psi

#### B. Procedimiento de construcción

La construcción del equipo se realiza en dos etapas: fabricación de sistemas y elementos del equipo y montaje.

La fabricación del bastidor de la máquina, el sistema de sujeción de muestras y el molde indentador se lo realiza en aproximadamente 28 horas laborables.



El proceso de montaje de los diferentes sistemas de la máquina, se lo realiza en un total de 16 horas laborables. En la Fig. 9, se muestra una fotografía real del equipo construido.



Fig.9. Banco de pruebas construido.

## V. COSTO DE FABRICACIÓN

El análisis de costos de construcción del banco de pruebas se realiza mediante la recopilación de información de todos los materiales, elementos y equipos adquiridos previamente.

Los costos directos de construcción son aquellos que hacen referencia sobre los materiales directos adquiridos en bruto, así como los costos de maquinado y de montaje. En la tabla 4, se muestra el costo directo de construcción del equipo.

TABLA IV. COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Materiales directos	157,00
Elementos normalizados	896,00
Maquinado	480,00
TOTAL	1533,00

Los costos indirectos de construcción son aquellos que hacen referencia sobre los materiales indirectos adquiridos, así como los costos de ingeniería y de otros gastos. En la tabla 5, se muestra el costo indirecto de construcción del equipo.

TABLA V. COSTO INDIRECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Materiales indirectos	43,00
Ingeniería	570,00
Gastos indirectos	80,00
TOTAL	693,00

El costo total del banco de pruebas es el resultado de la suma de los costos directos e indirectos de construcción de la máquina. El costo total de construcción del banco de pruebas de durabilidad para asientos de vehículos es de \$2226. Este costo es competitivo con equipos de características parecidas desarrollados localmente.

## VI. FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

Para realizar los ensayos descritos anteriormente en el banco de pruebas de asientos de vehículo es necesario conocer el proceso de manejo de la máquina. Para esto se deben

montar los asientos a evaluar en forma adecuada, como se ilustra en la Fig. 10, Además se debe seguir un protocolo de pruebas que también fue desarrollado en este trabajo.

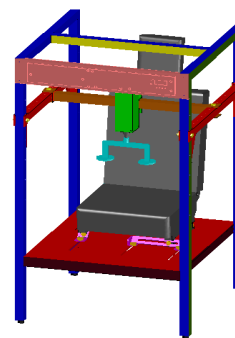


Fig 10. Montaje de componentes para un ensayo.

## VII. CONCLUSIONES

Este prototipo de banco de pruebas proporciona una alternativa para la homologación de asientos en el Ecuador de acuerdo a normativas internacionales vigentes. Estas normas se usan debido a la falta de normativas propias en algunos países de la región y de empresas dedicadas específicamente a esta tarea.

Los cálculos y análisis de esfuerzos del bastidor resultan en una estructura sobredimensionada debido a que se privilegió la facilidad de adquisición de materiales y de construcción del equipo.

Por cuestiones de costos, mismos que no podrían sobrepasar el presupuesto establecido de \$2500, se eligió trabajar con una tarjeta de datos comandada por un microcontrolador en lugar de un PLC y sus adecuaciones. Para evitar sobrepasar el valor presupuestado para el proyecto, se eligió usar una válvula neumática con mando manual externo y no una válvula proporcional que es mucho más costosa pero que controla con mayor precisión el flujo de aire del equipo.

## REFERENCIAS

- [1] A. Rebissio. (2014, Agosto). Venta de coches en el mercado argentino". [en línea]. El país digital. Disponible en: <http://blogs.elpais.com/eco-americano2012.html>
- [2] IRAM – AITA 1 – G1. Automotores, cabezales de seguridad para asientos. Vigente desde el año 1973 al 2014.
- [3] A. Ghosal, V. Kumar, S. Ansari. "A brief review on advanced manufacturing process of automobile seat production". International Journal of Scientific Engineering and Technology., vol. 9, pp.170-171. 2014.
- [4] M. Kolich. "Using failure mode and effects analysis to design a comfortable automotive driver seat". Applied Ergonomics., vol. 45, pp.1087-1096. 2014
- [5] J. Aillón, "Diseño de asientos para mejorar el rendimiento laboral de los conductores de vehículos pesados". Tesis de grado, PUCE, Ecuador, 2011
- [6] M. Corral, A. López, R. Grimaldi, F. Aparicio. "Nuevos requisitos y avances en seguridad pasiva en autobuses y autocares". Primer Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial, Mayo 2008.
- [7] M. Tada, S. Sekiguchi, T. Nisimatsu, E. Toba. "Measurement and evaluation of sitting comfort of automotive seat". Instrumentation and Measurement Technology Conference, Apr. 1998.

- [8] Li-Xin Guao, Hui Chena, Jin-li li. "Endergonic property analysis of vehicle seat pillow under heads crash loads". *Procedia Engineering.*, 2011, vol. 15, pp. 3046-3050.
- [9] J. Yang, H. Choi, J. Lee, S. Lee. "Empirical analysis on the effect of design variables of automotive seat lumbar support on the initial sitting discomfort". *International Journal of Automotve Technology.*, vol. 15, pp. 667-672, Jun. 2014
- [10] INEN Vehículos automotores. Apoyacabezas (reposacabezas), Incorporados o no en asientos de vehículos. Requisitos y método de ensayo, NTE INEN 2707, 2013.
- [11] INEN Vehículos automotores. Asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros. Resistencia de los asientos y de sus anclajes. Requisitos y método de ensayo, NTE INEN 2708, 2013.
- [12] ICONTEC Herrajes para sillería automotriz, INCOTEC NTC 3638, 1994.
- [13] UNECE Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos respecto a los asientos, a sus anclajes ya los apoyacabezas, UNECE ECE R17, Rev. 5; 2014.
- [14] UNECE Disposiciones uniformes para la homologación de apoyacabezas (reposacabezas), incorporados en asientos vehículos, UNECE ECE R25, Rev. 5; 2014.