DISEÑO DETALLADO DE UN SIMULADOR DE VUELO DINAMICO

LUZ ADRIANA AGUIRRE BONILLA
JANNETH GUARNIZO REYES

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA AERONAUTICA
BOGOTA
2008

DISEÑO DETALLADO DE UN SIMULADOR DE VUELO DINAMICO

LUZ ADRIANA AGUIRRE BONILLA
JANNETH GUARNIZO REYES

Proyecto de Grado

Asesor
Ingeniero Jorge Rippe Sierra

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA AERONAUTICA
BOGOTA
2008

Nota de aceptación

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma del presidente del jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Bogota 10 junio 2008

Dedicamos este proyecto a Dios por habernos dado la capacidad de cumplir nuestros sueños y hoy poder entregar con orgullo una muestra de nuestro conocimiento, a nuestros padres y hermanos que con tanta dedicación nos han apoyado en este largo proceso educativo y se han esmerado por darnos siempre lo mejor en cada momento de nuestras vidas, y a nuestros profesores por ser la fuente de conocimiento que guío nuestros pasos para culminar nuestra carrera con éxito

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a:

Ingeniero Jorge Adalberto Rippe Sierra, Ingeniero mecánico, por su constante apoyo y asesoría durante la elaboración de este proyecto.

Ingeniero Ricardo Ríos, Ingeniero mecánico

Ingeniero Gilberto Encinales, Ingeniero mecánico.

Ingeniero Freddy Antonio Herrera, Ingeniero Aeronáutico.

Ingeniero Roberto Pulido, Ingeniero mecánico, por habernos brindado su valiosa colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

LISTA DE TABLAS 10

LISTA DE FIGURAS 11

LISTA DE ANEXOS 13

GLOSARIO 14

TITULO 17

INTRODUCCIÓN 17

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19

1.1. ANTECEDENTES 19

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 25

1.3 JUSTIFICACIÓN 26

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 27

1.4.1. Objetivo General 27

1.4.2. Objetivos Específicos 27

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO 28

1.5.1 Alcances 28

1.5.2 Limitaciones 28

2. MARCO DE REFERENCIA 30

2.1. MARCO CONCEPTUAL 30

2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO 39

2.3. MARCO TEORICO 41

3. METODOLOGIA 49

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN 49

3.2 LINEA DE INVESTIGACION DE FACULTAD / CAMPO TEMATICO DEL PROGRAMA 50

3.3. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 50

3.4. HIPOTESIS 50

3.5. VARIABLES 51

3.5.1. Variables Independientes 51

3.5.2. Variables Dependientes..... 51

4. DESARROLLO INGENIERIL..... 52

4.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA 52

4.1.1 Selección Del Material De La Cabina..... 52

4.1.2 Selección De Tipo De Unión Cabina De Simulación-Base Del Simulador..... 56

4.1.3 Dimensionamiento De La Cabina 58

4.1.4 Peso De Los Componentes En La Cabina..... 66

4.1.5 Modelamiento De Los Componentes De La Cabina Para El Análisis De Propiedades Físicas 66

4.1.6 Análisis De Esfuerzos 75

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAULICO 78

4.2.1 Lista De Componentes De Sistema Hidráulico Para El Simulador 78

4.2.2 Circuito Hidráulico..... 79

4.2.3 Cálculos Hidráulicos 80

4.2.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO HIDRAULICO 85

4.3 SELECCIÓN DEL SOFTWARE 86

4.3.1 Software De Simulación 86

4.3.2 Interacción Software y Sistema Hidráulico 90

4.3.4 Visual 92

5. RECURSOS Y PRESUPUESTOS 95

6. PRESENTACION DE ANALISIS DE RESULTADOS 97

BIBLIOGRAFIA 99

ANEXOS 100

LISTA DE TABLAS

Pág

Tabla 1. Dimensiones y pesos para un mimbro de la tripulación masculino mostradas en la fig 3…… 59

Tabla 2. Peso de los componentes del cuerpo para un piloto masculino, con un peso de 179.36lbs……... 60

Tabla 3. Dimensiones y pesos para un miembro de la tripulación masculino mostradas en la Fig. 4……. 61

Tabla 4. Dimensiones mostradas en la figura 5…… 63

Tabla 5. Peso de los componentes en cabina…… 66

Tabla 6. Valores recomendados de velocidad de flujo en tuberías…… 83

LISTA DE FIGURAS

Pág

Figura 1. Tablones de MDF…… 55

Figura 2. Cardán……. 58

Figura 3. Dimensiones de un tripulante masculino en pie…… 60

Figura 4. Dimensiones de un tripulante masculino sentado…….. 61

Figura 5. Arreglo recomendado de sillas de piloto y controles de rueda y palanca para aviones comerciales……... 62

Figura 6. Definición de los vectores radiales del ojo…… 63

Figura. 7. Dimensiones para la cabina genérica…… 65

Figura 8. Propiedades físicas de la consola de potencia (Globales)…….. 67

Figura 9. Propiedades físicas de la consola de potencia (Principales)……. 68

Figura 10. Propiedades físicas de la silla. (Globales)……... 69

Figura 11. Propiedades físicas de la silla. (Principales)…… 70

Figura 12. Propiedades físicas del timón (Globales)…… 71

Figura 13. Propiedades físicas del timón (Principales)…… 72

Figura 14. Propiedades físicas de la cabina completa (Globales)…… 73

Figura 15. Propiedades físicas de la cabina completa (Principales)…… 74

Figura 16. Enmallado para cálculo de esfuerzos……. 76

Figura 17. Calculo de esfuerzos…….. 76

Figura 18. Cálculo de esfuerzos en punto de apoyo……... 77

Figura 19. Cálculo de esfuerzos en punto de apoyo delantero…… 77

Figura 20. Escenarios de Flight Gear…….. 89

Figura 21. Ángulos de visión …….. 93

Figura 22. Posición de las pantallas……. 94

LISTA DE ANEXOS

Pág

ANEXO A Advisory circulars…… 100

ANEXO B Catálogo del cilindro……. 103

ANEXO C Catálogo de la Bomba……... 104

ANEXO D Catálogo válvula proporcional…… … 107

ANEXO E Catálogo válvula cheque……...108

ANEXO F Válvula de venteo……..109

ANEXO G Catálogo válvula de alivio……111

ANEXO H Catálogo válvula de seguridad…….112

ANEXO I Catálogo filtro de retorno……...113

ANEXO J Catálogo sensor de posición……..115

ANEXO K Catálogo de empaquetaduras para cilindros hidráulicos……..117

ANEXO L Especificaciones generales de los componentes internos de la cabina…….119

ANEXO M Planos de los componentes de cabina……..124

GLOSARIO

ACTUADOR HIDRAULICO: Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

AERODINAMICA: La aerodinámica es la rama de la mecánica de fluidos que estudia las acciones que aparecen sobre los cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre éstos y el fluido que los baña, siendo éste último un gas y no un líquido, caso éste que se estudia en Hidrodinámica.

CAUDAL: Es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

DENSIDAD: (Relación entre el peso y el volumen de un líquido). $D=P/V$ La densidad patrón es la del agua que es 1, es decir un decímetro cúbico pesa un kilo.

DINAMICA: Es la parte de la física que describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación a las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento. El objetivo de la dinámica es describir los factores capaces de producir alteraciones de un sistema físico, cuantificarlos y plantear ecuaciones de movimiento o ecuaciones de evolución para dicho sistema

EFIS: Sistema de información de vuelo electrónico.

ESTATICA: Es la parte de la mecánica que estudia las condiciones que deben satisfacer las fuerzas que actúan sobre un cuerpo para que este se halle en estado de equilibrio.

FMS: Flight Management System.

FILTRO: Un filtro es un sistema que, dependiendo de algunos parámetros, realiza un proceso de discriminación de una señal de entrada obteniendo variaciones en su salida.

GPWS - AFCS Sistema automático de control de vuelo

HADWARE: El hardware son todos los elementos físicos, tangibles que te permiten interactuar con los elementos lógicos, intangibles de la computadora (el software).

INCOMPRESIBILIDAD: Los líquidos no se pueden comprimir

INERCIA: La inercia es la dificultad o resistencia que opone un sistema físico o un sistema social a posibles cambios.

MCC: Multi Crew Cooperation

MDF: (Medium Density Fibreboard) Este material también es conocido como tablero DM (densidad media) o Tablex, es un tablero aglomerado elaborado con fibras de madera (que previamente se han desfibrado y eliminado la lignina que poseían) aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor, en seco, hasta alcanzar una densidad media.

MOVIMIENTO DE MOLECULAS: Los líquidos se adaptan a la superficie que los contiene.

PITCH: Es el movimiento de cabeceo de la aeronave.

PLC: Programmable logic controller

POTENCIA: Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. Esto es equivalente a la velocidad de cambio de energía en un sistema o al tiempo empleado en realizar un trabajo.

PRINCIPIO DE PASCAL Este principio habla de que la fuerza ejercida sobre un líquido se transmite en forma de presión sobre todo el volumen del líquido y en todas direcciones.

ROLL: Movimiento del avión respecto del eje longitudinal.

SIMULADOR DE VUELO: Un simulador de vuelo es un sistema que intenta replicar, o simular, la experiencia de volar una aeronave de la forma más precisa y realista posible.

SISTEMA HIDRAULICO: Es el conjunto de componentes hidráulicos que trabajan en conjunto para suministrar un tipo de movimiento.

VISCOSIDAD (Resistencia que oponen las moléculas de los líquidos a deslizarse unas sobre otras).

TITULO

Diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico.

INTRODUCCIÓN

Un simulador de vuelo es un sistema que intenta replicar, o simular, la experiencia de volar una aeronave de la forma más precisa y realista posible. Los diferentes tipos de simuladores de vuelo van desde videojuegos hasta réplicas de cabinas en tamaño real montadas en actuadores hidráulicos (o electromecánicos), controlados por sistemas modernos computarizados.

Los simuladores de vuelo son muy utilizados para el entrenamiento de pilotos en la industria de la aviación, el entrenamiento de pilotos militares, simulación de desastres o fallas en vuelo y desarrollo de aeronaves.

Este proyecto va dirigido a Ingeniería aeronáutica, y se realiza con el fin de dar un aporte muy valioso a la universidad de San Buenaventura, a través del diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico, utilizando un sistema hidráulico. El objeto de este es diseñar de forma detallada el primer simulador de vuelo dinámico en Colombia el cual servirá como estudio del comportamiento de un avión, ya sea en vuelo o en tierra; además se pretende dar una herramienta de apoyo para el aprendizaje de los estudiantes y docentes en áreas como sistemas, aerodinámica, dinámica de vuelo, estabilidad y control, aviónica, sistemas neumáticos e hidráulicos y motores.

Por otra parte, se busca ofrecer al sector aeronáutico colombiano, un producto de simulación de vuelo igualmente competitivo al existente en el mercado internacional, pero a un menor costo; lo cual haría de la capacitación de nuevos pilotos colombianos, algo mucho más accesible por cuanto el valor de la matricula de dicha capacitación disminuiría sustancialmente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Un simulador de vuelo es un sistema que intenta replicar, o simular, la experiencia de volar una aeronave de la forma más precisa y realista posible.

Los simuladores de vuelo son extensamente utilizados en investigación en diversas áreas aeroespaciales, particularmente en la dinámica de vuelo y en la interacción hombre-máquina. Tanto simuladores estándar como específicamente construidos para investigación se utilizan para este propósito.

Las principales escuelas para pilotos utilizan como parte fundamental del entrenamiento de sus alumnos las horas en el simulador, este varia según el tipo de avión para el que se están preparando, por esta razón en el mercado existen simuladores para todas las flotas de aviones, se utilizan tanto en la aviación militar como en la comercial, también existen simuladores genéricos que compactan una o mas flotas lógicamente del mismo fabricante, al igual que los simuladores para helicópteros.

Estos artefactos son extremadamente costosos por esto no hay en Colombia.

FNPT II- MCC BASADO EN EL AIRBUS 320
Características:
Cabina del airbus 320
EFIS (Electronic Flihgt Instrument System) en puestos de piloto y copiloto
Sistemas visuales de tres canales con pantalla panorámica (150x45)
Movimiento con 6 ejes y ángulos de 69 roll y 35 pitch.

FMS Flight Management System

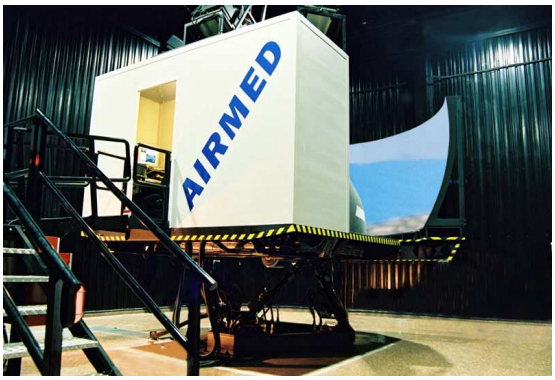
GPWS - AFCS Sistema automático de control de vuelo

Base de datos compatible Jeeppesen

Presentación de escenarios de Valencia, Madrid, Palma, Bilbao, Jerez y Paris

Fuente: avia.transas.com/eng/fnpt.htm

Fuente: www. avia.transas.com/eng/fnpt.htm



Fuente: http://www.airmed.es/espanol/instalac/simulado.asp

Fuente: http://www.airmed.es/espanol/instalac/simulado.asp

FNPT I ENTRENADOR SINTÉTICO FRASCA 142

Fuente: http://www.airmed.es/espanol/instalac/simulado.asp

CESSNA CITATION III/VII

Simuladores en los que realizan los alumnos los cursos MCC (Multi Crew Cooperation). Reactor con Seis ejes (Full Motion).

Fuente www. avia.transas.com/eng/fnpt.htm

COCKPIT C-90

Simulador bimotor
Datos Técnicos
Energía eléctrica: 5.000 W
Peso: 2.500 Kg.
Idéntico vuelo al del avión Beechcraft King Air C-90
Control dinámico de carga de programas
Simulación específica C-90
Sistema de Sonido
Completa Instrumentación IFR (2COM, 2VOR, 2ADF, transponder, ILS, RMI, HSI, DME, reloj).

Fuente www. avia.transas.com/eng/fnpt.htm

FNPT FRASCA 242

Datos técnicos

Simulador bimotor

Energía Eléctrica: 5.000 W

Peso: 2.500 Kg. Plotter

Equipado con doble pantalla visual. Utilizado en la fase de instrumentación.

Simulador y modo de control de vuelo por ordenador. Fase MCC

Modo DC-10, C-90

EFIS. Control dinámico de carga de programas.

Sistema de sonido.

Simulador Turbojet.

Equipada para copiloto

IFR, dos COM, dos NAV (uno con capacidad RNAV), ADF y transponder.

Completa instrumentación IFR. Piloto Automático

Director de vuelo.

Fuente www.elite-evolution.ch/igateg900.htm - 8k

FNPT FRASCA 142, 102-S,101-G

F142: Simulador bimotor instrucción avanzada de vuelo instrumental.

Fuente www.elite-evolution.ch/igateg900.htm - 8k

F102-S: Simulador bimotor.

Fuente www.elite-evolution.ch/igateg900.htm - 8k

F101- G: Simulador monomotor donde los alumnos reciben la instrucción de las maniobras básicas de vuelo instrumental. Pueden practicar todas las maniobras.

Fuente www.elite-evolution.ch/igateg900.htm - 8k

Con base en estos antecedentes, y partiendo de un simulador de vuelo estático ya existente en la universidad de San Buenaventura, se realizará el diseño detallado de un simulador dinámico que tendrá la capacidad de recrear dos de los movimientos de la aeronave como lo son el pitch y el roll, ya que contará únicamente con dos ejes de movimiento.

La principal diferencia que existirá entre el simulador propuesto en este anteproyecto y los mostrados anteriormente, será que el primero se hará genérico, es decir, que simulará el vuelo para cualquier tipo de aeronave (fabricante y modelo) y no para una en específico.

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las especificaciones detalladas del diseño de un simulador de vuelo dinámico, implementado como herramienta didáctica?

La industria aeronáutica colombiana se ha venido fortaleciendo, haciendo que sus necesidades tecnológicas también sean mayores, es por esto que se pretende dar una solución a la falencia de simuladores de vuelo dinámicos diseñados y construidos en el país ya que en la actualidad, en Colombia solo se cuentan con simuladores de vuelo estáticos

desarrollados a nivel nacional y los dinámicos han sido importados. Es por esto, que no hay experiencia en diseño y construcción de este tipo de herramienta de aprendizaje en el país.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La Aeronáutica requiere cada día de dispositivos y equipos que hagan de la operación de vuelo, una acción segura y es por esto que desde inicios del siglo XX, el hombre se ha empeñado en fabricar equipos de simulación de vuelo que permitan realizar pruebas y procedimientos, que ayuden tanto a ingenieros como a pilotos a hacer de esta experiencia lo más segura posible.

El empleo de la simulación da un gran aporte al mejoramiento en el uso y en los procesos correspondientes a los diferentes tipos de aeronaves, por cuanto implican la aplicación de gran numero de áreas tales como: aerodinámica, estabilidad y control, aviónica, neumática, hidráulica, motores y más puntualmente, el comportamiento de la aeronave en situaciones de emergencia.

Crecimiento pedagógico

La preparación de los estudiantes de Ingeniería Aeronáutica, en muchas ocasiones suele ser truncada a causa de la falta de elementos prácticos que permitan afianzar los contenidos teóricos aprendidos durante el desarrollo de las asignaturas correspondientes a la carrera, así pues, la fabricación de un elemento simulador de vuelo diseñado en Colombia y más aún desarrollado en la Universidad de San Buenaventura, puede constituir un gran aporte para el aprendizaje de alumnos de ingeniería y futuros pilotos, lo cual representa un nivel más competitivo del campo aeronáutico nacional.

Beneficio económico

El hablar de simuladores de vuelo en Colombia inmediatamente implica un alto costo debido a la inexistencia de este tipo de tecnología en el país, haciendo que quienes necesitan emplear este sistema, tengan que acudir a la importación del mismo generando un incremento en los costos de utilización.

Es por esto que con el diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico netamente colombiano, no solo se puede disminuir el costo para acceder a ellos, sino también se puede contar con una herramienta de estudio muy importante para estudiantes de ingenierías tanto aeronáutica como electrónica, donde los conceptos adquiridos durante el desarrollo de los contenidos teóricos pueden llegar a ser más fácilmente comprendidos y mejor aplicados para el perfeccionamiento de diseños existentes en aeronaves.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General: realizar un diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico, con el cual se pueda observar el comportamiento de los sistemas de la aeronave en cabina, los movimientos de pitch y roll y la dinámica de vuelo.

1.4.2. Objetivos Específicos: Definir el sistema estructural del simulador de vuelo dinámico.

Establecer el sistema hidráulico que permita condiciones de movimiento que se asemejen al comportamiento real de un avión ya sea en vuelo o en tierra.

Seleccionar un software especializado aplicable al simulador que provea a este de los diferentes ambientes que se generan en la cabina de mando durante un vuelo.

Realizar el diseño detallado de una cabina de simulación genérica.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances: Con el desarrollo del proyecto de grado se pretende diseñar de manera detallada un simulador de vuelo dinámico básico, utilizando medios hidráulicos, que refleje dos movimientos básicos en el vuelo de un avión tal como lo son el pitch y el roll; es por esto que el diseño se realizará únicamente con 2 ejes y que sea genérico.

En el diseño también se busca construir una estructura resistente que soporte los esfuerzos producidos durante la ejecución del movimiento de si misma y de los actuadores, además de contar con el peso de los usuarios.

Además se busca controlar el sistema hidráulico mediante un PLC (programmable logic controller), el cual enviará las señales correspondientes al circuito hidráulico, para simular de la forma más real posible el comportamiento de la aeronave.

1.5.2 Limitaciones: Por las implicaciones de diseñar detalladamente un simulador de vuelo dinámico, las principales limitaciones son:

Por el alto costo en el desarrollo del proyecto, solo se podrá realizar la etapa de diseño con 2 ejes de movimiento, más no su construcción.

Puesto que el proyecto será realizado por estudiantes de la Universidad de San Buenaventura para el beneficio de esta última, el no tener apoyo económico de la universidad implica restringir el proyecto solo a la etapa de diseño detallado por no contar con otros posibles patrocinadores para su construcción.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

En el proceso de realización del proyecto, se tendrá en cuenta tres áreas principales de gran importancia para el éxito en el diseño detallado del simulador, estas son:

Hidráulica
Estructuras y
Programación y simulación.

Hidráulica

Todas las máquinas de movimiento de tierras actuales, en mayor o menor medida, utilizan los sistemas hidráulicos para su funcionamiento; de ahí la importancia que estos tienen en la configuración de los equipos y en su funcionamiento.

Un sistema hidráulico constituye un método relativamente simple de aplicar grandes fuerzas que se pueden regular y dirigir de la forma más conveniente. Otras de las características de los sistemas hidráulicos son su confiabilidad y su simplicidad. Todo sistema hidráulico consta de unos cuantos componentes relativamente simples y su funcionamiento es fácil de entender.

Vamos a tratar de describir algunos principios de funcionamiento así como algunos componentes simples y la forma en que se combinan para formar un circuito hidráulico.

Hay dos conceptos que tenemos que tener claros el de fuerza y el de presión. Fuerza es toda acción capaz de cambiar de posición un objeto, por ejemplo el peso de un cuerpo es la fuerza que ejerce, sobre el suelo, ese objeto. La presión es el resultado de dividir esa fuerza por la superficie que dicho objeto tiene en contacto con el suelo.

De esto sale la formula de Presión = Fuerza/Superficie. P=F/S

De aquí podemos deducir que F = P X S; y S = F/P
La presión se mide generalmente en Libras/pulg2 (psi).

La hidráulica consiste en utilizar un líquido para transmitir una fuerza de un punto a otro. Los líquidos tienen algunas características que los hacen ideales para esta función, como son las siguientes:

Incompresibilidad. (Los líquidos no se pueden comprimir)

Movimiento libre de sus moléculas. (Los líquidos se adaptan a la superficie que los contiene).

Viscosidad. (Resistencia que oponen las moléculas de los líquidos a deslizarse unas sobre otras).

Densidad. (Relación entre el peso y el volumen de un líquido). D=P/V La densidad patrón es la del agua que es 1, es decir un decímetro cúbico pesa un kilo.

El principio más importante de la hidráulica es el de Pascal que dice que la fuerza ejercida sobre un líquido se transmite en forma de presión sobre todo el volumen del líquido y en todas direcciones.

Como ejemplo podemos llenar un tubo de agua y colocar dos tapones en los extremos, si golpeamos uno de ellos, el otro saldrá disparado con la misma fuerza que le hemos aplicado al primero. De la misma forma si en cada extremo del tubo colocamos dos cilindros hidráulicos iguales y empujamos uno de ellos con una determinada fuerza, el otro se moverá en sentido contrario con la misma fuerza ejercida.

Ahora bien si el segundo de los cilindros es el doble de grande que el primero, la fuerza ejercida en el primero se multiplicará en el segundo.

Por lo tanto además de poder transmitir la fuerza a cualquier punto, también podemos variar la misma cambiando la superficie sobre la que es ejercida.

Generalmente la fuerza Hidráulica se consigue empujando el aceite por medio de una bomba conectada a un motor, se transmite a través de tuberías metálicas, conductos, mangueras, etc. y se proyecta en cilindros hidráulicos, motores, etc.

Un circuito hidráulico básico podría constar de un depósito de aceite, una bomba que lo impulsa, una tubería que lo transmite y un cilindro que actúa.

Estructuras

El manejo de estructuras para el diseño y la construcción de simuladores de vuelo ocupa un puesto muy importante, debido a que se debe tener muy en cuenta la resistencia del elemento por causa de los movimientos a los que esta destinado a ejercer.

A continuación se presentan algunos aspectos importantes a tener en cuenta cuando se habla de diseño estructural:

La mecánica.

Estudia las leyes del equilibrio y del movimiento de los cuerpos Una de las partes en la que se divide la mecánica es la cinemática, que se ocupa del estudio exclusivamente geométrico del movimiento. (Es decir como se moverá). Otra parte que es la dinámica encara el estudio físico del movimiento o equilibrio (es decir porque se mueve, que produjo el movimiento).

Estática

Es la parte de la mecánica que estudia las condiciones que deben satisfacer las fuerzas que actúan sobre un cuerpo para que este se halle en estado de equilibrio.

Fuerzas.

Se denomina fuerza a todo aquello que tiende a modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. Si a un cuerpo se le aplican varias fuerzas de tal modo que al colocarle cada una por separado le produzca movimiento. Al actuar todas las fuerzas simultáneamente puede que el cuerpo quede en reposo, en este caso se dice que las fuerzas aplicadas al cuerpo se anularon o están en equilibrio.

Conceptos generales sobre fuerzas

La fuerza se define por su efecto: el de producir movimiento. Como para determinar un movimiento en necesario conocer su dirección y sentido, entonces la fuerza tiene la dirección y sentido del movimiento que produce o tiende a producir. Por ejemplo al

subirnos a una balanza el mecanismo de resortes de la balanza mide a través de la aguja con que fuerza la gravedad nos atrae hacia el centro de la tierra, en este caso la fuerza actúa hacia abajo verticalmente, esta fuerza se llama peso. Otras fuerzas muy conocidas son las de rozamiento, el viento contra un parabrisas de un auto es una fuerza que se opone al movimiento, un lápiz contra un papel, las cubiertas contra el asfalto o el mar sobre el casco de una embarcación.

Elementos que determinan una fuerza

Las magnitudes como la temperatura, longitud, peso especifico, densidad, o volumen quedan definidas únicamente por su magnitud, es decir 10ºC, 25 metros, 35 centímetros cúbicos que nos brindan toda la información, estas son llamadas magnitudes escalares.
No es posible hablar de una fuerza solamente indicando un valor por ejemplo 20 unidades de fuerza, es necesario dar mayores datos como se indico en la parte anterior, es decir dirección y sentido indicados por el movimiento que produce o tiende a producir y su punto de aplicación.

Al requerir una fuerza de estos cuatro elementos nos indica que las fuerzas son magnitudes vectoriales. Otras magnitudes vectoriales son por ejemplo la velocidad y la aceleración.
Al tener en cuenta los aspectos anteriores, ahora es cuando podemos definir con claridad las necesidades estructurales que tendrá el simulador.

Programación y simulación

Programación

Se llama programación a la creación de un programa de computadora, un conjunto concreto de instrucciones que una computadora puede ejecutar. El programa se escribe en un

lenguaje de programación, aunque también se pueda escribir directamente en lenguaje de máquina, con cierta dificultad. Un programa se puede dividir en diversas partes, que pueden estar escritas en lenguajes distintos.

Software es el sustantivo que denomina a los programas y datos de computadora.

Programas y algoritmos

Un algoritmo es una secuencia no ambigua, finita y ordenada de instrucciones que han de seguirse para resolver un problema. Un programa normalmente implementa (traduce a un lenguaje de programación concreto) un algoritmo. Puede haber programas que no se ajusten a un algoritmo (pueden no terminar nunca), en cuyo caso se denomina procedimiento a tal programa.

Los programas suelen subdividirse en partes menores (módulos), de modo que la complejidad algorítmica de cada una de las partes sea menor que la del programa completo, lo cual ayuda al desarrollo del programa.

Se han propuesto diversas técnicas de programación, cuyo objetivo es mejorar tanto el proceso de creación de software como su mantenimiento. Entre ellas se pueden mencionar las programaciones lineal, estructurada, modular y orientada a objetos.

Compilación

El programa escrito en un lenguaje de programación (comprensible por el ser humano, aunque se suelen corresponder con lenguajes formales descritos por gramáticas independientes del contexto) no es inmediatamente ejecutado en una computadora. La opción más común es compilar el programa, aunque también puede ser ejecutado mediante un intérprete informático.

El código fuente del programa se debe someter a un proceso de transformación para convertirse en lenguaje máquina, interpretable por el procesador. A este proceso se le llama compilación.

Programación e ingeniería del software

Existe una tendencia a identificar el proceso de creación de un programa informático con la programación, que es cierta cuando se trata de programas pequeños para uso personal, y que dista de la realidad cuando se trata de grandes proyectos.
El proceso de creación de software desde el punto de vista de la Ingeniería tiene los siguientes pasos:

Reconocer la necesidad de un programa para solucionar un problema ó identificar la posibilidad de automatización de una tarea.

Recoger los requisitos del programa. Debe quedar claro qué es lo que debe hacer el programa y para qué se necesita.

Realizar el análisis de los requisitos del programa. Debe quedar claro cómo debe realizar el programa las cosas que debe hacer. Las pruebas que comprueben la validez del programa se pueden especificar en esta fase.

Diseñar la arquitectura del programa. Se debe descomponer el programa en partes de complejidad abordable.

Implementar el programa. Consiste en realizar un diseño detallado, especificando completamente todo el funcionamiento del programa, tras lo cual la codificación debería resultar inmediata.

Implantar (instalar) el programa. Consiste en poner el programa en funcionamiento junto con los componentes que pueda necesitar (bases de datos, redes de comunicaciones, etc.)

Objetivos de la programación

La programación debe perseguir tres objetivos fundamentales:

Corrección: Un programa es correcto si hace lo que debe hacer. Para determinar si un programa hace lo que debe es muy importante especificar claramente qué debe hacer el programa antes de desarrollarlo y una vez acabado compararlo con lo que realmente hace.

Claridad: Es muy importante que el programa sea lo más claro y legible posible para mejorar el mantenimiento del software. Cuando se acaba de escribir el código del programa, se deben buscar errores y corregirlos. Más concretamente, cuando el programa está concluido, es necesario hacerle ampliaciones o modificaciones, según la demanda de los

usuarios, esta labor puede ser llevada acabo por el mismo programador que implementó el programa o por otros.

Eficiencia: Debe consumir la menor cantidad de recursos posible. Normalmente al hablar de eficiencia se suele hacer referencia al consumo de tiempo y/o memoria.

La eficiencia y la claridad de un programa pueden ser objetivos contrapuestos: se puede conseguir mayor claridad sacrificando parte de la eficiencia o viceversa. Pero hay que tener en cuenta que el tiempo del programador es caro, y que hoy en día el precio de los ordenadores es razonable y cada vez son más baratos.

Simulación

La simulación es un área de estudio que forma parte de la Investigación de Operaciones, la cual es usada prácticamente en todas las áreas de estudio conocidas. La simulación permite estudiar un sistema sin tener que realizar experimentación sobre el sistema real.

¿Qué es simulación?

Simulación es una palabra que es familiar a los profesionales de todas las disciplinas e incluso para aquéllos que no han estudiado una carrera profesional. De esta manera el significado de la palabra Simulación se explica casi por sí misma. La simulación básicamente es la experimentación con un modelo de una hipótesis de trabajo. Es la imitación de algo real.

La simulación es conveniente cuando:

Se requiere analizar diferentes cambios en la información y su efecto.
Se desea experimentar con diferentes diseños o políticas.
Se desea verificar soluciones analíticas.
Un modelo analítico es imposible o difícil de construir.
Se desea estudiar un sistema real y resulta peligroso o costoso hacerlo en el propio sistema real.

En cierto sentido, realizar una simulación es equivalente a realizar un experimento:

2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO

La aprobación de uso de simuladores de vuelo en Colombia esta dada por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, tal como se indica en la parte Cuarta del RAC sobre normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves en el apartado citado a continuación:

4.16.1.8. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO. APROBACIÓN DE SIMULADORES DE AERONAVES Y OTROS EQUIPOS DE ENTRENAMIENTO.
4.16.1.8.1. La aprobación de un simulador de aeronaves y otros equipos similares podrá efectuarse por medio de un procedimiento de homologación de acuerdo al numeral 2.2.1.1.3. y dicha homologación tendrá la validez y las autorizaciones del certificado expedido por la autoridad correspondiente y debe ser renovado cada vez que se venza.
4.16.1.8.2. Un simulador de una aeronave debe ser usado en lugar de la aeronave para satisfacer los requerimientos de los entrenamientos siempre y cuando el simulador cumpla con los requisitos exigidos para el mismo.
4.16.1.8.3. Los entrenamientos deben realizarse en el simulador de acuerdo al numeral 2.2.1.1.5.

Según las Dirección Nacional de Aeronáutica Civil de Chile Los Simuladores de Vuelo se califican de la siguiente manera:

a) Nivel A: Simuladores de Vuelo básicos con o sin sistema visual entrelazado, con al menos 3 ejes en su sistema de movimiento.

b) Nivel B: Simuladores de Vuelo con sistema visual y movimiento en al menos tres ejes. Permite por ejemplo, el entrenamiento en aterrizajes diurnos y nocturnos.

c) Nivel C: Simuladores de Vuelo con representación visual, movimiento en seis ejes, sonido de alta resolución y realismo. Permite por ejemplo, la simulación de vuelos instrumentales y aterrizajes ILS categorías II y III.

d) Nivel D: Simulador de Vuelo nivel C pero con características visuales y de sonido de alto realismo tanto en exteriores como en el interior de la cabina. Además tiene la capacidad de representar fielmente con respecto al avión simulado, las fuerzas de aceleración resultantes de condiciones aerodinámicas aplicadas en diferentes etapas de una simulación de vuelo.

Un operador que desee someter a evaluación un Simulador de Vuelo que no esté equipado con un sistema visual, debe cumplir con los requerimientos equivalentes al nivel A, a excepción de aquellos requerimientos que correspondan a sistemas visuales.

Para la Aprobación de Funcionamiento en niveles C y D, ciertos sistemas del Simulador de Vuelo y sistema visuales, deben ser ratificados mediante la presentación por parte del

operador de una "Declaración de Cumplimiento" y en algunos casos a través de una prueba objetiva o una prueba comparativa con los datos suministrados por el fabricante del avión.

La "Declaración de Cumplimiento", describirá entonces la forma o el medio en que se satisface el respectivo requerimiento de este Anexo. Podemos citar como ejemplo de esto último, la influencia del tren de aterrizaje en configuración de aproximación en cuanto al coeficiente de fricción, etc. Por lo tanto, las pruebas así justificadas deberán demostrar cumplimiento con lo requerido en este anexo y las correspondientes pruebas funcionales y de validación que se le deban aplicar.

Las reglamentaciones para el uso de simuladores de vuelo dadas por la FAA (Federal Aviation Administration) se presentan en la sección “Flight Simulation Training Device Qualification Guidance-Advisory Circulars (AC)”, en la AC 120-40C y AC 120-40B (Airplane Simulator Qualification) y la AC 120-63 (Helicopter Simulator Qualification). En Anexos se puede observar el propósito de cada una de estas circulares.

2.3. MARCO TEORICO

Para el desarrollo del proyecto se utilizaran varias referencias bibliográficas, folletos, informes y publicaciones electrónicas (Internet), con el fin de realizar un trabajo de investigación exhaustivo.

Este parte del documento ha sido divido en 3 aspectos de estudio, que abordaran el problema de diseño detallado de un simulador de vuelo, para obtener como solución final la operación del simulador.

Para definir estos aspectos se tuvo en cuenta los factores que mas influencia tienen en el proceso de diseño detallado del simulador; hidráulica, estructuras, simulación y programación.

Un simulador es un aparato que permite la simulación de un sistema, reproduciendo su comportamiento. Los simuladores reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo.

Un simulador pretende reproducir tanto las sensaciones físicas (velocidad, aceleración, percepción del entorno) como el comportamiento de los equipos de la máquina que se pretende simular. Para simular las sensaciones físicas se puede recurrir a complejos mecanismos hidráulicos comandados por potentes ordenadores que mediante modelos matemáticos consiguen reproducir sensaciones de velocidad y aceleración. Para reproducir el entorno exterior se emplean proyecciones de bases de datos de terreno. A este entorno se le conoce como "Entorno Sintético”.

Los simuladores más complejos son certificados por las autoridades competentes. En el caso de los simuladores de vuelo el certificado lo realiza la organización de aviación civil de cada país, que proporciona a cada simulador un código indicando su grado de realismo.

Hidráulica

Para Definir la configuración general de Sistema de movimiento del simulador se utiliza un sistema hidráulico, ya que el sistema neumático no tiene la suficiente potencia para mover el simulador debido a que trabaja a muy baja presión para las cargas que se requiere

manejar. Los grados de libertad posibles para mover un sólido en el espacio son 6; 3 de posicionamiento y 3 de orientación.

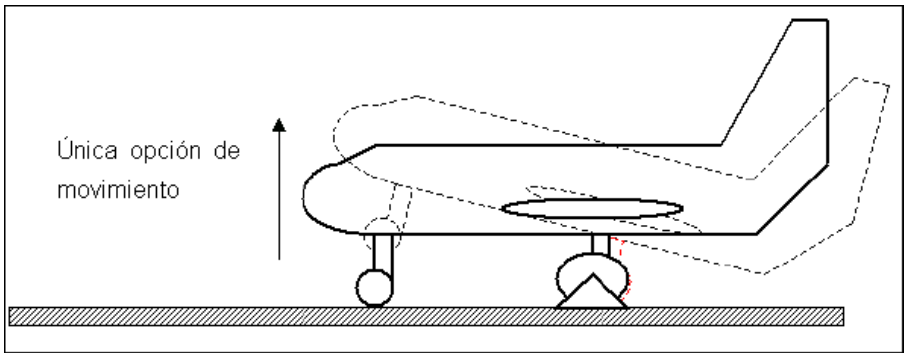
A mayor número de grados de libertad la sensación es más perfecta pero el costo igualmente se incrementa.

En esta parte del documento se mostrara el procedimiento para un solo eje de movimiento ya que para todos los ejes de movimiento se realiza el mismo procedimiento.

Un movimiento de un grado de libertad permite mover el simulador arriba o abajo y orientar la punta en un plano con una restricción en el rango del ángulo.

Para lograr que el simulador se mueva es necesario pivotarlo en algún punto de manera que el movimiento sea similar al de un balancín Para lograr que el simulador suba y baje desde la posición horizontal se debe levantar el simulador por completo y facilitar que la nariz tenga una inclinación positiva o negativa. Si el simulador no se levanta del suelo, seria imposible simular este tipo de movimiento.

Este movimiento se logra conectando un actuador vertical en la punta del simulador.Este esta diseñado para absorber la fuerza de inercia. Esta fuerza es superior a la estática que es igual al peso del simulador luego este es un sitio seguro para ubicar el actuador.



Diseño y selección del equipo hidráulico.

Para la selección del equipo hidráulico es necesario definir algunos parámetros que requiere el diseño.

Éstos los define el peso del simulador, la cantidad personas abordo, la presión de trabajo y el punto donde se pivota el simulador.

El sistema hidráulico utilizaría los siguientes componentes para su funcionamiento:

El motor eléctrico, el cual acciona la bomba que hace fluir el aceite hidráulico desde el depósito pasando por el filtro de succión, después e alimenta una línea de presión o tubería flexible. Esta presión será regulada por medio de una válvula reguladora y finalmente los actuadores.

Parámetros del sistema hidráulico

Peso a levantar con el sistema hidráulico

Presión de trabajo del sistema
Velocidad de subida del vástago
Aceleración de la carga subiendo
Recorrido

Campo De Estudio

Dimensionamiento preeliminar del circuito hidráulico

Diseño conceptual, y dimensionamiento
Selección de componentes
Distribución de cargas
Pesos Básicos
Velocidad de los vástagos de los actuadores
Selección del fluido hidráulico (viscosidad, densidad, capilaridad)
Control y maniobrabilidad
Control longitudinal
Control lateral y direccional

Estructuras

Dimensionamiento del simulador en general, aunque ya tenemos la referencia del simulador que esta construido es importante rediseñar la estructura y así poder optimizar su funcionamiento.

Los requerimientos de resistencia del simulador son especificados en términos de las cargas limites, las cuales son las máximas cargas que se esperan en una operación de

normal del simulador y las cargas ultimas que son las cargas limites multiplicadas por el factor de seguridad.

En cuanto características de resistencia y deformación, la estructura del simulador estará en la capacidad de resistir las cargas limites sin deformación permanente en sus miembros y sin ninguna deformación que puede interferir con la operación de simulación de movimiento.

El factor de carga representa la relación entre la componente de fuerza aerodinámica normal a la aeronave y el peso de la misma. El cumplimiento de los requerimientos por cargas en vuelo será diseñado con el máximo peso de la aeronave.

Se deben definir unas cargas delanteras y traseras en la cabina del simulador, y con estas diseñarla, de tal forma que no se vaya a fracturar durante su ejercicio de simulación.

Es de gran importancia determinar el tipo de soldadura que se va a utilizar ya que la mayoría del sistema va unido con ella antes de su aplicación es necesario realizar una simulación en ANNSYS para encontrar y determinar la flexión de la soldadura, la fuerza permisible para cada punto por pulgada etc.

Programación Y Simulación

Para desarrollar este proyecto es necesario la simulación ya que es la esencia del mismo la simulación es la experimentación con un modelo de una hipótesis de trabajo. Es la

imitación de algo real. El acto de simulación de algunas cosas generalmente con lleva la representación certera de la clave característica o un comportamiento de un sistema físico o abstracto.

La idea es aplicar la simulación a un modelo sistémico el cual es más pretencioso y es un trabajo de laboratorio. Simulamos el sistema real en una de sus representaciones totales.

El análisis de sistemas es una representación total. Este método, abstracto, no se limita a la descripción del sistema, sino que debe incluir en la simulación las entradas y salidas de las variables de movimiento que se realicen el los comandos internos del simulador.

Para poder llevar a cavo la simulación deseada es necesario la implementación y programación de un software que permita la interacción entre el sistema hidráulico el cual le proporciona el movimiento al simulador y los comandos internos.

Es importante tener en cuenta el proceso de creación de software desde el punto de vista de la Ingeniería el cual tiene los siguientes pasos:

Reconocer la necesidad de un programa para solucionar un problema ó identificar la posibilidad de automatización de una tarea.

Recoger los requisitos del programa. Debe quedar claro qué es lo que debe hacer el programa y para qué se necesita.

Realizar el análisis de los requisitos del programa. Debe quedar claro cómo debe realizar el programa las cosas que debe hacer. Las pruebas que comprueben la validez del programa se pueden especificar en esta fase.

Diseñar la arquitectura del programa. Se debe descomponer el programa en partes de complejidad abordable.

Implementar el programa. Consiste en realizar un diseño detallado, especificando completamente todo el funcionamiento del programa, tras lo cual la codificación debería resultar inmediata.

Implantar (instalar) el programa. Consiste en poner el programa en funcionamiento junto con los componentes que pueda necesitar (bases de datos, redes de comunicaciones, etc.)

La Ingeniería del Software se centra en los pasos de planificación y diseño del programa.

3. METODOLOGIA

Lo primero en el desarrollo del proyecto, será realizar una amplia investigación en el área de la simulación, para conocer el estado del uso de este sistema en la práctica de los conocimientos teóricos aprendidos por los estudiantes de aeronáutica y electrónica, y partiendo de ahí, se iniciará el proceso de diseño estructural y selección de materiales.

Paralelamente se iniciarán los cálculos del sistema hidráulico, y así poder determinar los componentes mas adecuados para la implementación del sistema.

El siguiente paso será la evaluación del software y de la programación del PLC, el cual controlará el circuito hidráulico y asimismo se escogerá el sistema más adecuado que refleje los movimientos realizados por el usuario del simulador.

Al finalizar el proceso anteriormente descrito se le efectuaran las pruebas y ajustes necesarios para así elaborar los manuales correspondientes a la operación y mantenimiento del simulador, esto con el propósito de que el producto sea asequible a todos los estudiantes de ingeniería en la universidad y tenga el uso adecuado.

Por ultimo se le hará la respectiva inducción y entrenamiento a los docentes de las áreas involucradas en este proyecto.

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque principal de este proyecto es el empírico analítico debido al que aporte que pretende hacerse a la Universidad de San Buenaventura y al país es del tipo tecnológico, y

se basa en la experimentación y transformación de elementos ya creados para obtener como resultado final el primer diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico hecho en Colombia.

3.2 LINEA DE INVESTIGACION DE FACULTAD / CAMPO TEMATICO DEL PROGRAMA

Línea de investigación: Tecnologías actuales y sociedad.
Sublínea de la facultad: Instrumentación y control de procesos
Campo temático del programa: Diseño y construcción de aeronaves

3.3. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de la información se hará mediante recursos bibliográficos tales como:

PARKER HANNYFIN. Elementos hidráulicos.
Hydraulic supply.
y libros de estructuras del Dr. Jan Roskam.

Los cuales serán apoyados por investigaciones realizadas en la Internet, mediante el uso de páginas web de fabricantes de simuladores alrededor del mundo.

3.4. HIPOTESIS

El diseño constará de una parte hidráulica que será la encargada de realizar los movimientos, comandada por un PLC en confluencia con el software de simulación, todo incluido en una misma estructura en la forma descrita en la metodología.

3.5. VARIABLES

3.5.1. Variables Independientes: cálculo de esfuerzos en función del movimiento de la estructura y de los actuadores, teniendo en cuenta cargas y masa del simulador (peso + carga paga).

Comportamiento de una aeronave en caso de pérdida de uno de sus motores.

Comportamiento de una aeronave en caso de pérdida de alguna superficie de control.

Comportamiento de una aeronave en caso de pérdida del sistema de tren de aterrizaje.

3.5.2. Variables Dependientes: aplicación de laboratorios en función del movimiento de los comandos, empleado en regulación de flujo (velocidad), y reacciones del mismo.

Calculo del circuito hidráulico.

Programación del software en interfase con los actuadores hidráulicos.

4. DESARROLLO INGENIERIL

4.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

4.1.1 Selección Del Material De La Cabina: Los diferentes materiales analizados fueron lámina de aluminio fibra de vidrio y MDF.

Lamina de aluminio

Características físicas Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes: Es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m^3 (2,7 veces la densidad del agua).

- Tiene un punto de fusión bajo: 660ºC (933 K).
- El peso atómico del aluminio es de 26,9815.
- Es de color blanco brillante.
- Buen conductor del calor y de la electricidad.
- Resistente a la corrosión, gracias a la capa de Al_2O_3 formada.
- Abundante en la naturaleza.
- Material fácil y barato de reciclar.

Características mecánicas Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.

- Material blando (Escala de Mohs: 2-3). Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm^2 [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm^2. El duraluminio es una aleación particularmente resistente.
- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.

Características químicas Debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (Alúmina Al_2O_3) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad. Esta capa protectora, de color gris mate, puede ser ampliada por electrólisis en presencia de oxalatos.

El aluminio tiene características anfóteras. Esto significa que se disuelve tanto en ácidos (formando sales de aluminio) como en bases fuertes (formando aluminatos con el anión $[Al(OH)_4]^-$) liberando hidrógeno.

La capa de oxido formada sobre el aluminio se puede disolver en ácido cítrico formando citrato de aluminio.

El principal y casi único estado de oxidación del aluminio es +III como es de esperar por sus tres electrones en la capa de valencia

El aluminio reacciona con facilidad con HCl, NaOH, perclórico, pero en general resiste la corrosión debido al óxido. Sin embargo cuando hay iones Cu^{++} y Cl^- su pasivación desaparece y es muy reactivo.

Los alquilaluminios, usados en la polimerización del etileno,[5] son tan reactivos que destruyen el tejido humano y producen reacciones exotérmicas violentas al contacto del aire y del agua.

El óxido de aluminio es tan estable que se utiliza para obtener otros metales a partir de sus óxidos (Cromo, Manganeso, etc.) por el proceso aluminotérmico.

Fibra de vidrio (del inglés Fiber Glass) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinerette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos, soporta altas temperaturas. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la Fibra de Vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la autoconstrucción de piezas de bricolaje tales como kayak, cascos de veleros, terminaciones de tablas de surf o esculturas, etc. Debe ser considerado que los compuestos químicos con los que se trabaja en su moldeo dañan la salud, pudiendo producir cáncer. Existen guías [1]que describen el uso casero de la Fibra de Vidrio y artistas que la han usado para sus obras como Niki de Saint Phalle entre otras.
La fibra de vidrio, también es usada para realizar los cables de fibra óptica utilizados en el mundo de las telecomunicaciones para transmitir señales lumínicas, producidas por laser o LEDs.

El material seleccionado para la estructura básica de la cabina es el MDF (las siglas de Medium Density Fibreboard). Este material también es conocido como tablero DM (densidad media) o Tablex, es un tablero aglomerado elaborado con fibras de madera (que

previamente se han desfibrado y eliminado la lignina que poseían) aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor, en seco, hasta alcanzar una densidad media.

Figura 1. Tablones de MDF

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:MDF_Sample.jpg

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus caras y cantos tengan un acabado perfecto. Se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, pudiéndose fresar y tallar en su totalidad. La estabilidad dimensional, al contrario que la madera maciza, es óptima, pero su peso es muy elevado. Constituye una base excelente para las chapas de madera. Es perfecto para lacar o pintar. También se puede barnizar (aunque debido a sus características no es necesario). Se encola (con cola blanca) fácilmente y sin problemas. Suele ser de color marrón medio-oscuro y es un tablero de bajo costo económico en el mercado actual.

Recomendable para construir todo tipo de muebles (funcionales o artísticos) en los que el peso no suponga ningún problema. Son una base óptima para lacar. Excelente como tapas de mesas y bancos de trabajo. No es apto para exterior ni condiciones húmedas.

Básicamente se usa en la industria del mueble (en ebanistería para los fondos de armarios y cajones debido a que son muy baratos y no se pudren ni carcomen), la construcción e industrias afines, pero también se utiliza para hacer tallas y esculturas pegando varios tableros hasta conseguir el grosor adecuado, como soporte o lienzo de pintura, de base para maquetas, y como trasera de portarretratos.

Los tableros de MDF son producidos usando troncos frescos de pino, seleccionados y descortezados, provenientes de plantaciones generalmente manejadas bajo el concepto de una continua y permanente reforestación. Los rollizos se reducen a astillas, las que posteriormente se someten a un proceso termomecánico de desfibrado. La fibra se mezcla con aditivos (resina, cera y urea) y finalmente pasa por un proceso de prensado en donde se aplica presión y temperatura dando así origen al tablero de MDF.

Se clasifican de acuerdo a densidad (725; 600 y 500 kg/m^3) y apariencia (sin acabado, con caras enchapadas de melamina, enchapado con madera natural, ranurado para exhibidores y laqueado). Principalmente es comercializado en grosores desde 2,5 mm a 4 cm o más. La medida del tablero normalizado es de 244 x 122 cm, aunque en algunos casos se surte con una pulgada extra de ambos lados (49" x 97").

4.1.2 Selección De Tipo De Unión Cabina De Simulación-Base Del Simulador: hay varios tipos de uniones que pueden ser empleados para interrelacionar la cabina de

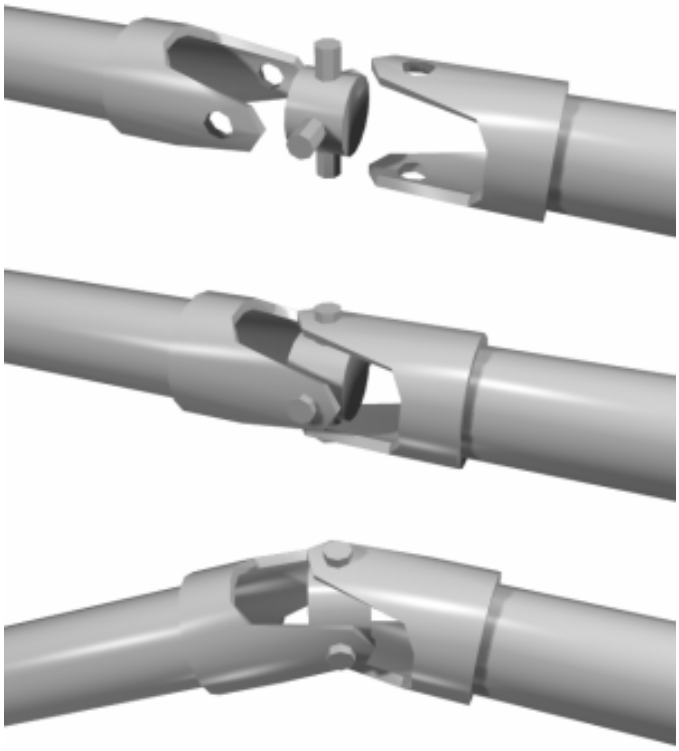
simulación y la base del simulador que permiten a dicha cabina desplazarse a lo largo de los diferentes ángulos de movimiento; entre estos se encuentran uniones tales como: pivotante, esfera-cavidad, plana o la tipo cardan.

Gracias a que permite movimiento en varias direcciones y su costo es moderado frente a sus múltiples ventajas, se ha seleccionado el cardán o junta cardánica como medio de unión entre la cabina y la base.

El cardán es un componente mecánico, que permite unir dos ejes que giran en ángulo uno respecto del otro. Su objetivo es transmitir el movimiento de rotación de un eje al otro a pesar de ese ángulo. En los vehículos de motor se suele utilizar como parte del árbol de transmisión, que lleva la fuerza desde el motor situado en la parte delantera del vehículo hacía las ruedas trasera.

El cardán es fácilmente observable en camiones, en los que el árbol de transmisión se observa como una larga pieza de metal que rota sobre sí misma cuando el vehículo está en marcha. Está ubicada longitudinalmente entre el motor y el tren trasero donde están montadas las ruedas, pudiéndose observar un cardán típicamente en el acople con el diferencial o a la salida de la caja de cambios.

Figura 2. Cardán



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Universal_joint.png

4.1.3 Dimensionamiento De La Cabina: el dimensionamiento de la cabina, se realiza mediante una estadística de cabinas de simuladores dinámicos con características similares, obteniendo así unas medidas generalizadas para ser utilizadas en un simulador de vuelo genérico. En estas estadísticas se tienen en cuenta patrones tales como: referencia de distancias, ergonomía, espacio interior y campo visual de la tripulación.

También se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

El piloto y miembros de la cabina deben estar situados de tal forma que alcancen todos los controles de vuelo de la cabina de forma cómoda desde un punto de referencia.

El piloto y miembros de la cabina deben tener completa visibilidad de los instrumentos de vuelo.

La visibilidad desde el interior de la cabina debe cumplir con los mínimos requerimientos ya que no va a volar pero se puede generar por medio de un video beam un ambiente de vuelo para un entrenamiento completo.

En las tabla 1, tabla 2 y la figura 3 podemos observar las medidas estándar de un miembro masculino en pie de la tripulación las cuales son de gran ayuda para determinar el tamaño de una cabina genérica.

Tabla 1. Dimensiones y pesos para un mimbro de la tripulación masculino mostradas en la fig 3

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1.600	870	230	300	620	350	435	850	140	760	300
1.750	920	255	335	685	390	475	950	150	805	330
1.900	990	280	370	750	430	515	1050	160	875	360

L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1600	300	50	200	190	260	80	25	20	20
1750	325	60	220	200	270	90	30	30	20
1900	350	70	240	210	280	100	30	30	20

Nota: ancho del cuerpo a través de los hombros: 533mm, a través de los codos: 561mm, a través de las caderas: 457 mm.

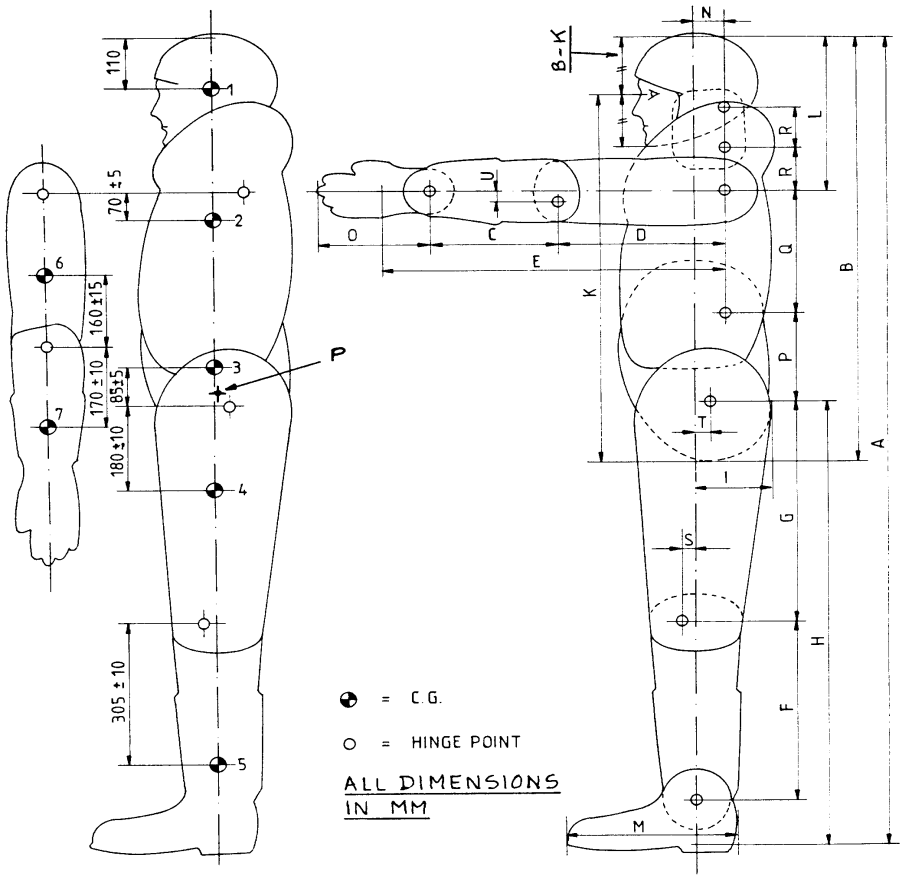
Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

Tabla 2. Peso de los componentes del cuerpo para un piloto masculino, con un peso de 179.36lbs.

COMPONENTE DEL CUERPO	NUMERO EN LA FIGURA 1	PESO EN LIBRAS
Cabeza y cuello	1	15.0
Torso superior	2	49.0
Torso inferior	3	283.0
Parte superior de las piernas	4	39.9
Parte inferior de las piernas y pies	5	29.8
Parte superior de los brazos	6	9.9
Parte inferior de los brazos y manos	7	7.7
TOTAL		179.3

Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

Figura 3. Dimensiones de un tripulante masculino en pie



Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

En las figura 4 y tabla 3 se muestran las dimensiones y pesos de un miembro de la tripulación masculina sentado.

Figura 4. Dimensiones de un tripulante masculino sentado.

Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

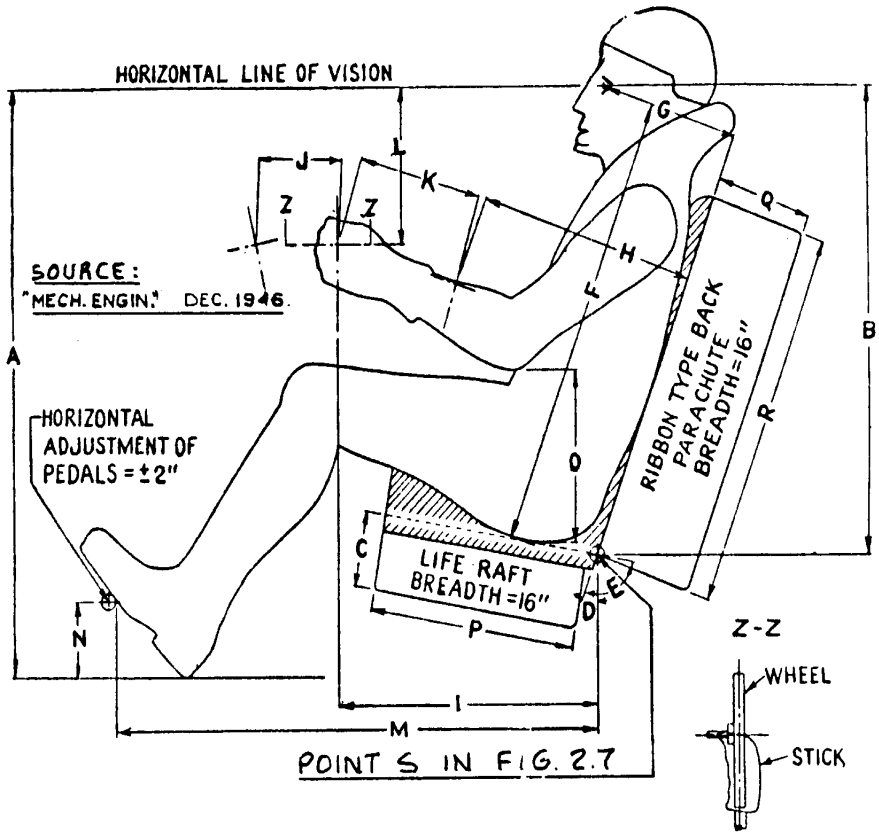


Tabla 3. Dimensiones y pesos para un miembro de la tripulación masculino mostradas en la Fig. 4

PARA CONTROLES DE RUEDA

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
37	30.25	5	21	101	29.75	10.00	16.63	19	6	9	37	10.00
39	30.75	5	19	101	30.25	9.75	15.75	19	6	9	39	10.50
41	31.50	5	16	101	31.00	9.75	15.13	19	6	9	41	10.75
43	31.75	5	16	101	31.25	10.00	15.13	19	6	9	43	11.00

N	O	P	Q	R	S
36.0	5	9.25	15	7	25
35.0	5	9.25	15	7	25

34.5	5	9.25	15	7	25
34.5	5	9.25	15	7	25

PARA CONTROLES DE PALANCA

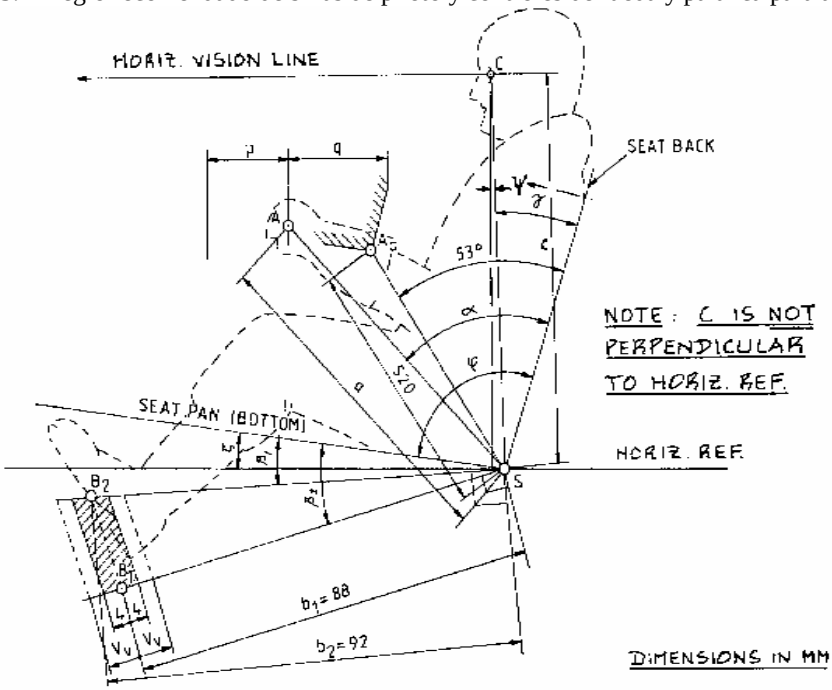
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
37	30.25	5	21	101	29.75	10.00	14.50	19	6	9	37	10.00
39	30.75	5	19	101	30.25	9.75	13.75	19	6	9	39	10.50
41	31.50	5	16	101	31.00	9.75	13.50	19	6	9	41	10.75
43	31.75	5	16	101	31.25	10.00	13.00	19	6	9	43	11.00

N	O	P	Q	R	S
36.0	5	9.25	15	7	25
35.0	5	9.25	15	7	25
34.5	5	9.25	15	7	25
34.5	5	9.25	15	7	25

Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

En las figura 5 y tabla 4 se observa el posicionamiento de las sillas y los controles de palanca y rueda recomendadas para una excelente visibilidad en aviones comerciales.

Figura 5. Arreglo recomendado de sillas de piloto y controles de rueda y palanca para aviones comerciales.



Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

Tabla 4. Dimensiones mostradas en la figura 5

Symbol	Wheel Control	Stick Control
a	67 (+/- 4)	63 (+/- 4)
ξ	7° (+/- 2°)	7° (+/- 2°)
p = Forward motion of point A:	18 (+/- 2)	16 (+/- 2)
q = Rearward motion of point A:	22 (+/- 2)	20 (+/- 2)
r = Sidewise motion of point A from center*:	-----	15 (+/- 2)
d = Distance between handgrips of wheel*:	38 (+/- 5)	-----
ε = Wheel rotation from center*:	85° (max.)	-----
v = Distance between rudder pedal center lines*:	38 (+/- 12)	45 (+/- 5)
α	64° (+/- 3°)	70° (+/- 3°)
β_1	22°	same
β_2	10°	same
c	77 (+/- 2)	same
γ	21° (+/- 1°)	same
φ	102° (+/- 2°)	same
V_v = Adjustment range of pedals from center position B:	7 (+/- 2)	same
U_v = Forward and aft pedal motion from center position B*:	10 (+/- 2)	same
S_h = Horizontal adjustment range of S from center position*:	< 10	same
S_v = Vertical adjustment range of S from center position*:	8 (+/- 1)	same

Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

- **Determinación de la visibilidad de la cabina.** Para determinar los ángulos de visibilidad del piloto es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

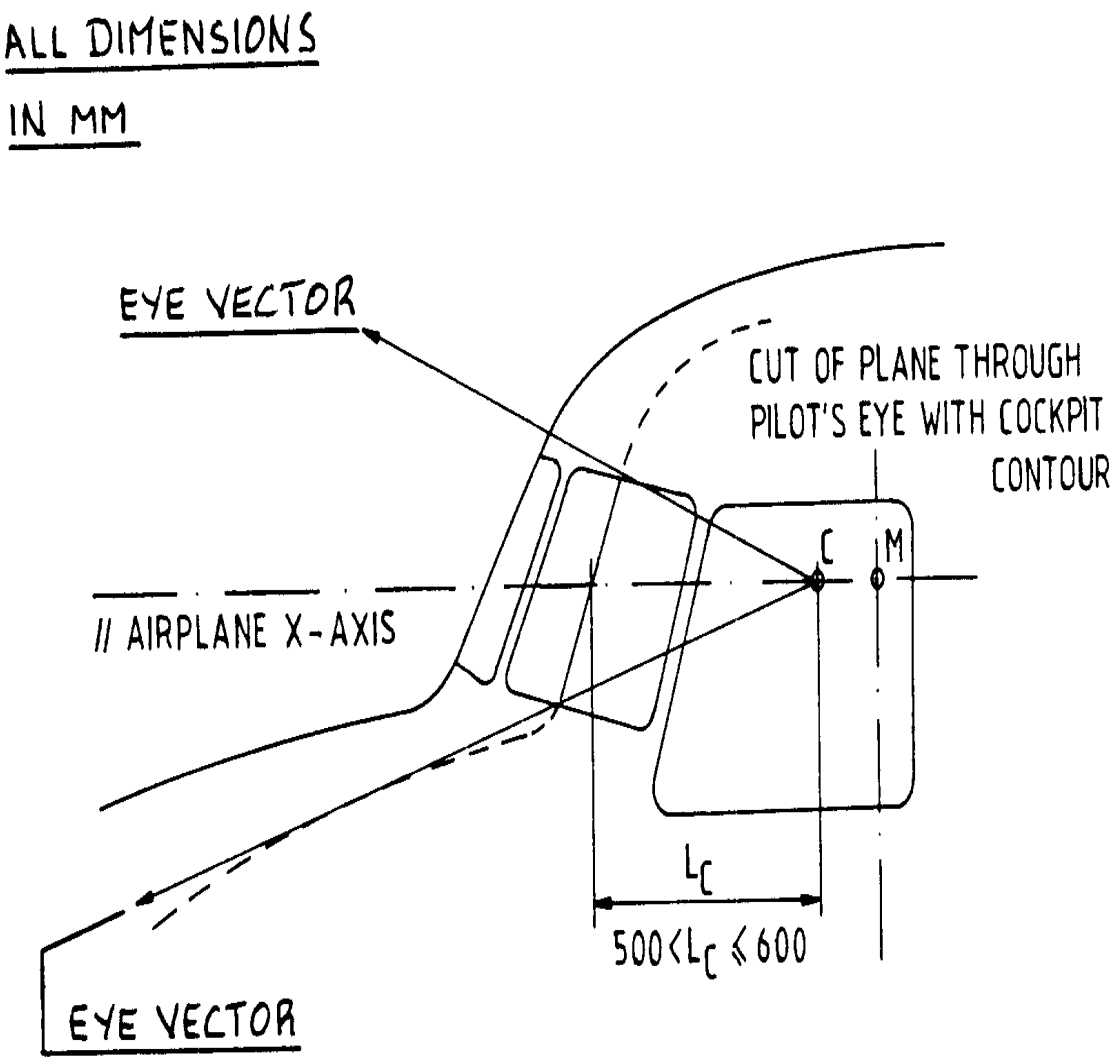
Localizar el punto C en el eje de visión horizontal como se indica en la figura 6.

Asegúrese que la distancia LC se encuentre entre los rangos establecidos.

Dibujar el ángulo ψ igual a 8.75 grados.

Ubicar la silla del piloto de acuerdo con las dimensiones de la figura 5.

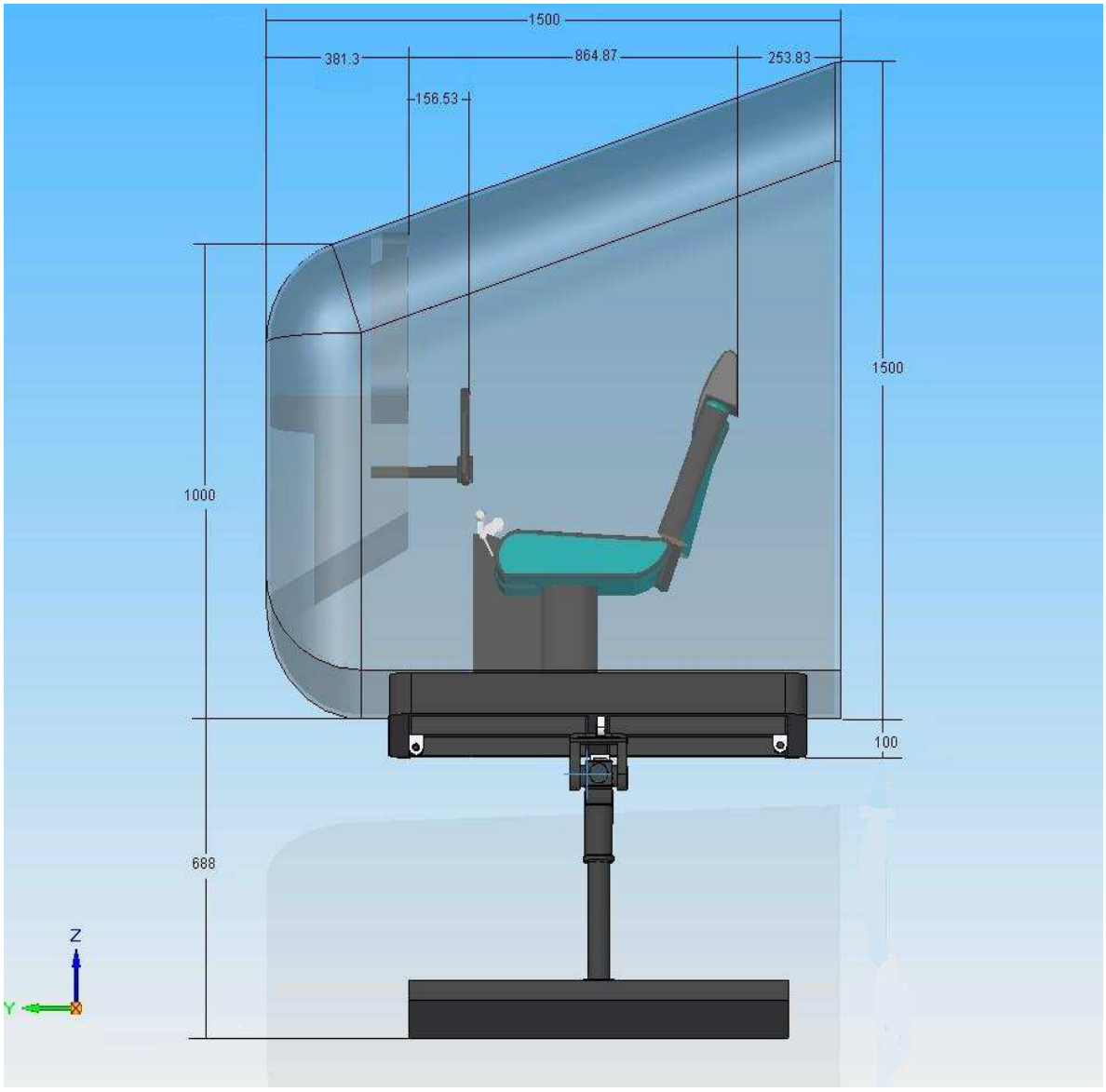
Figura 6. Definición de los vectores radiales del ojo



Fuente: Airplane design parte III, Jan Roskam.

Con base en el análisis realizado a partir de las graficas y tablas anteriormente mostradas, se determinaron las siguientes dimensiones para la cabina genérica a diseñar en milímetros. (Fig. 7)

Figura. 7. Dimensiones para la cabina genérica



4.1.4 Peso De Los Componentes En La Cabina: En la tabla 5, se muestran los pesos estimados de los componentes de la cabina de simulación.

Tabla 5. Peso de los componentes en cabina

CARACTERISTICA	CANTIDAD	PESO POR UNIDAD	PESO CON FACTOR DE SEGURIDAD
SILLAS	1	24,3kg	36,45 Kg.
PANTALLA DE VIDEO	2	5.5kg	16,5kg
PEDALES	2	1,75kg	5,25kg
CPU	1	10kg	15kg
TRIPULANTES	1	80kg	120kg
CONSOLA DE POTENCIA	1	85.6kg	128.4kg
JOYSTICK	1	3.9kg	5.85kg
WOOFER	1	5.75kg	8,625kg

4.1.5 Modelamiento De Los Componentes De La Cabina Para El Análisis De Propiedades Físicas

Mediante el uso del software de modelamiento 3D Solid Edge y con base en los cálculos y dimensiones previamente establecidos, se crearon los componentes de la cabina para ver sus propiedades físicas tales como: Centros de masa, centros de volumen, momentos de inercia de la masa, momentos principales de inercia y radios de giro. En las figuras 8 a 15, se pueden observar dichas propiedades.

Figura 8. Propiedades físicas de la consola de potencia (Globales)

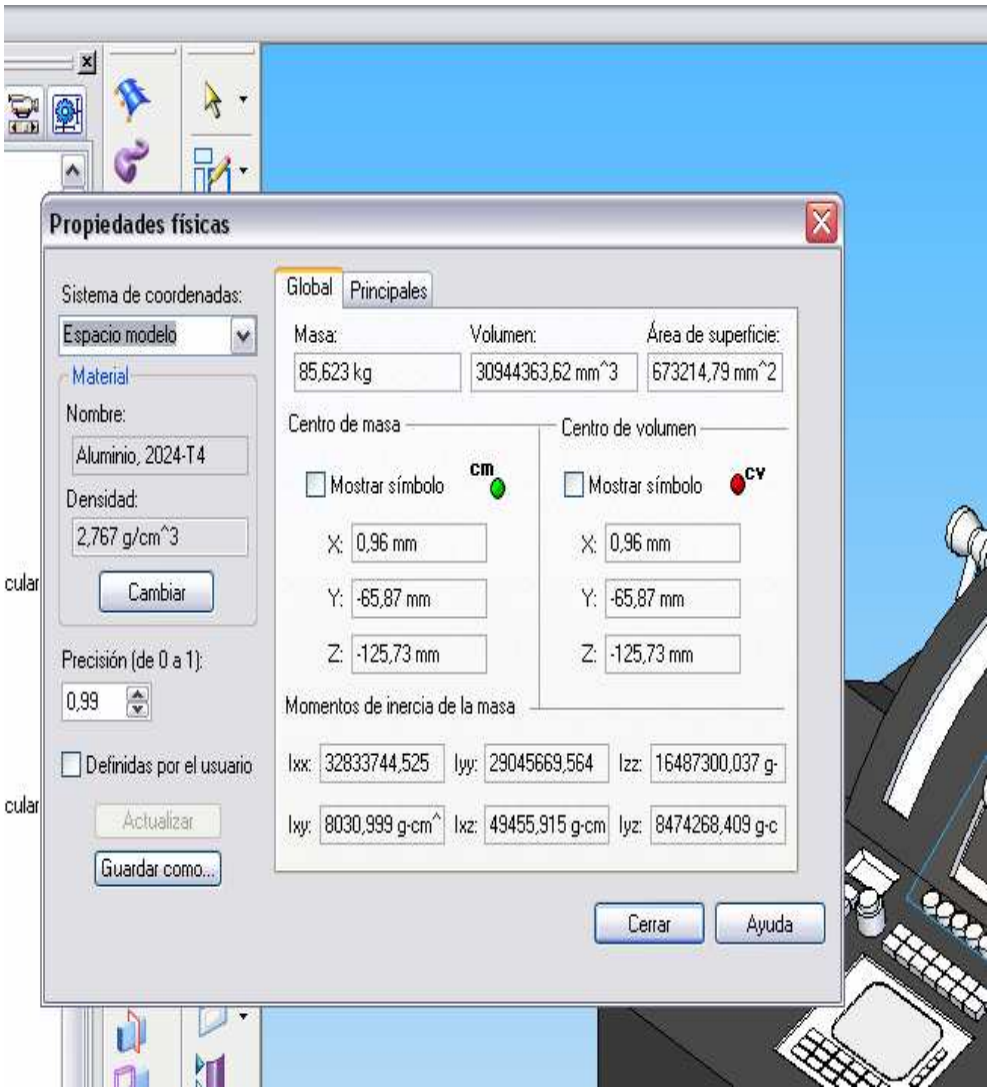


Figura 9. Propiedades físicas de la consola de potencia (Principales)

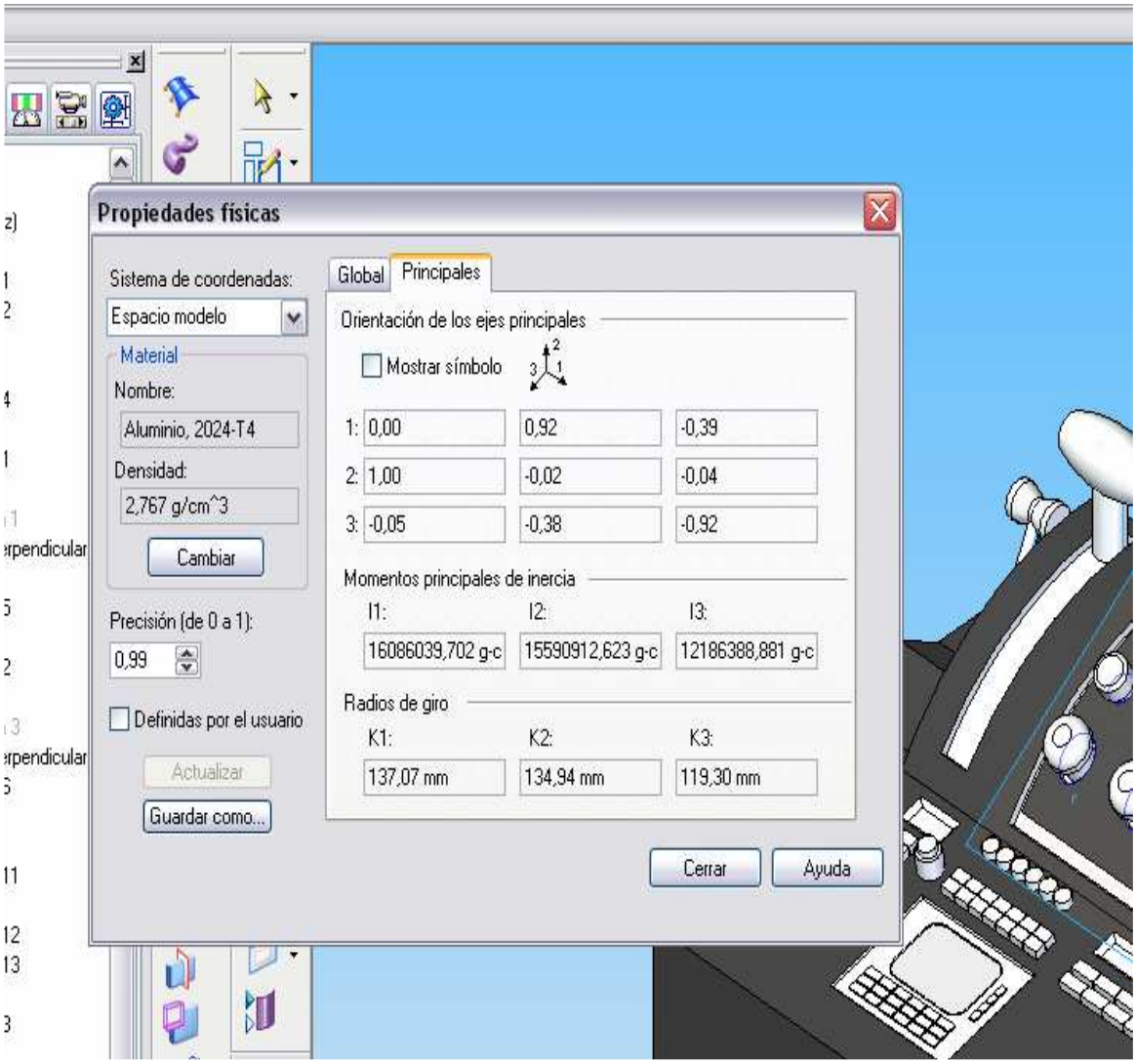


Figura 10. Propiedades físicas de la silla. (Globales)

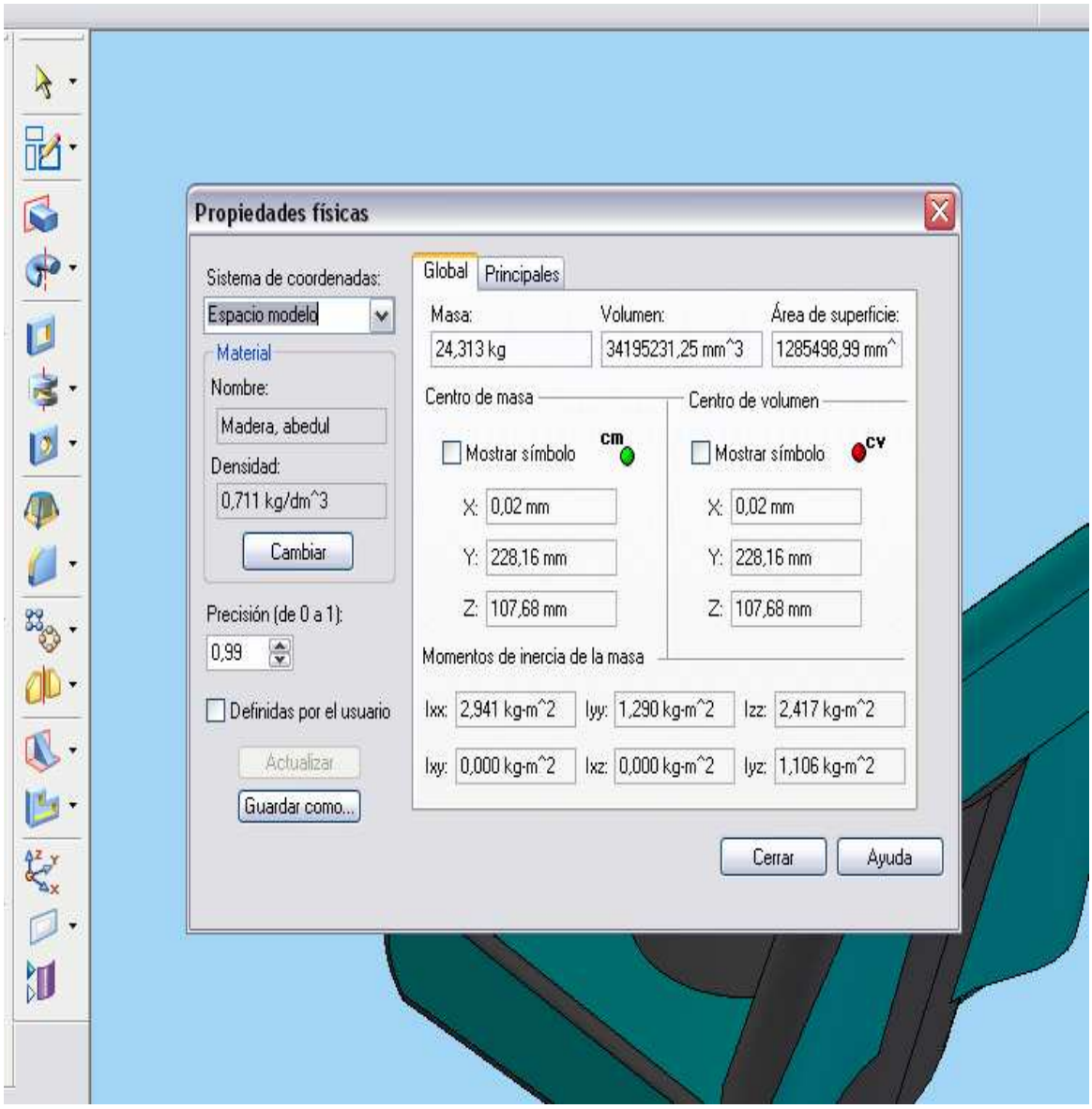


Figura 11. Propiedades físicas de la silla. (Principales)

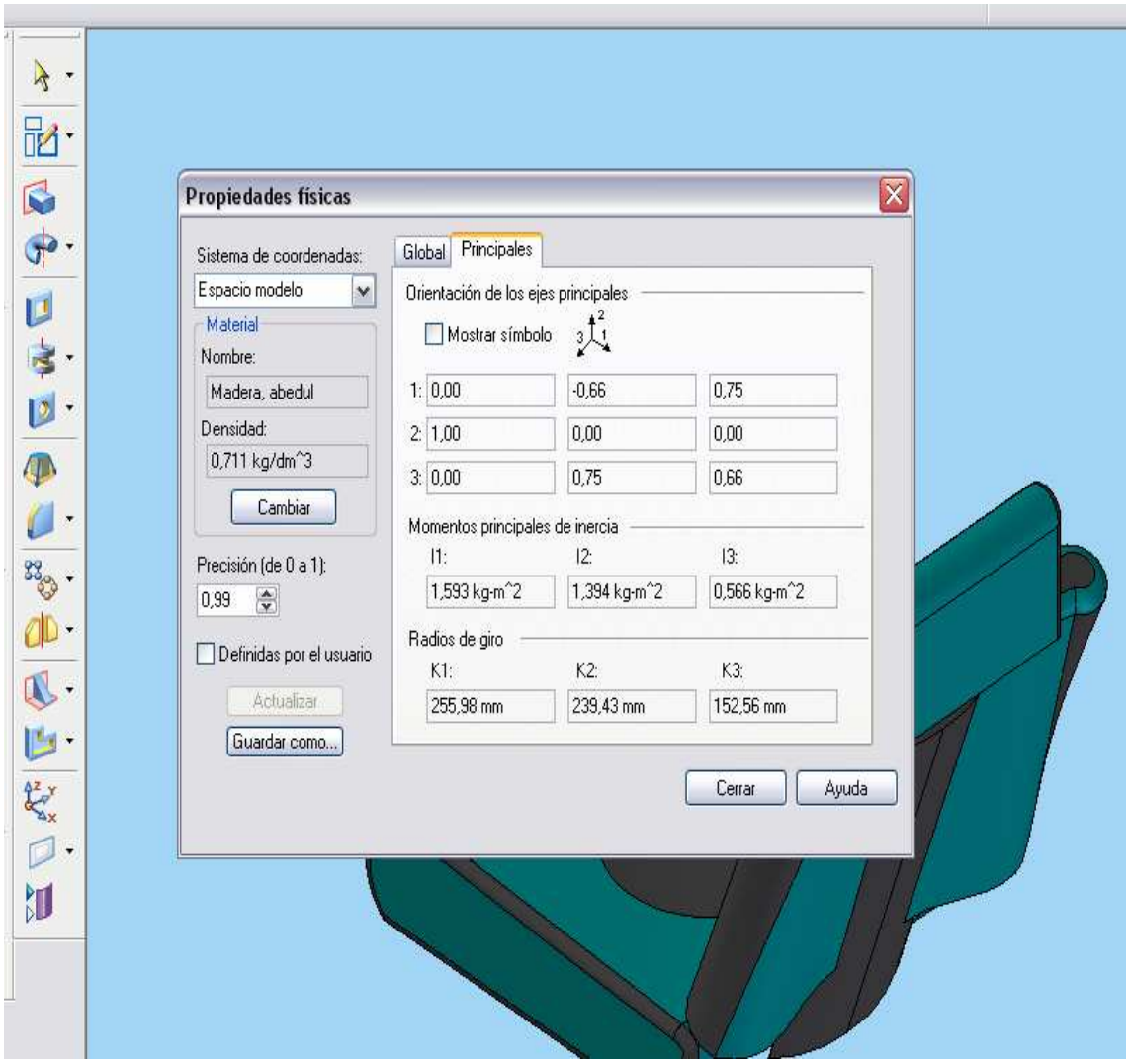


Figura 12. Propiedades físicas del timón (Globales)

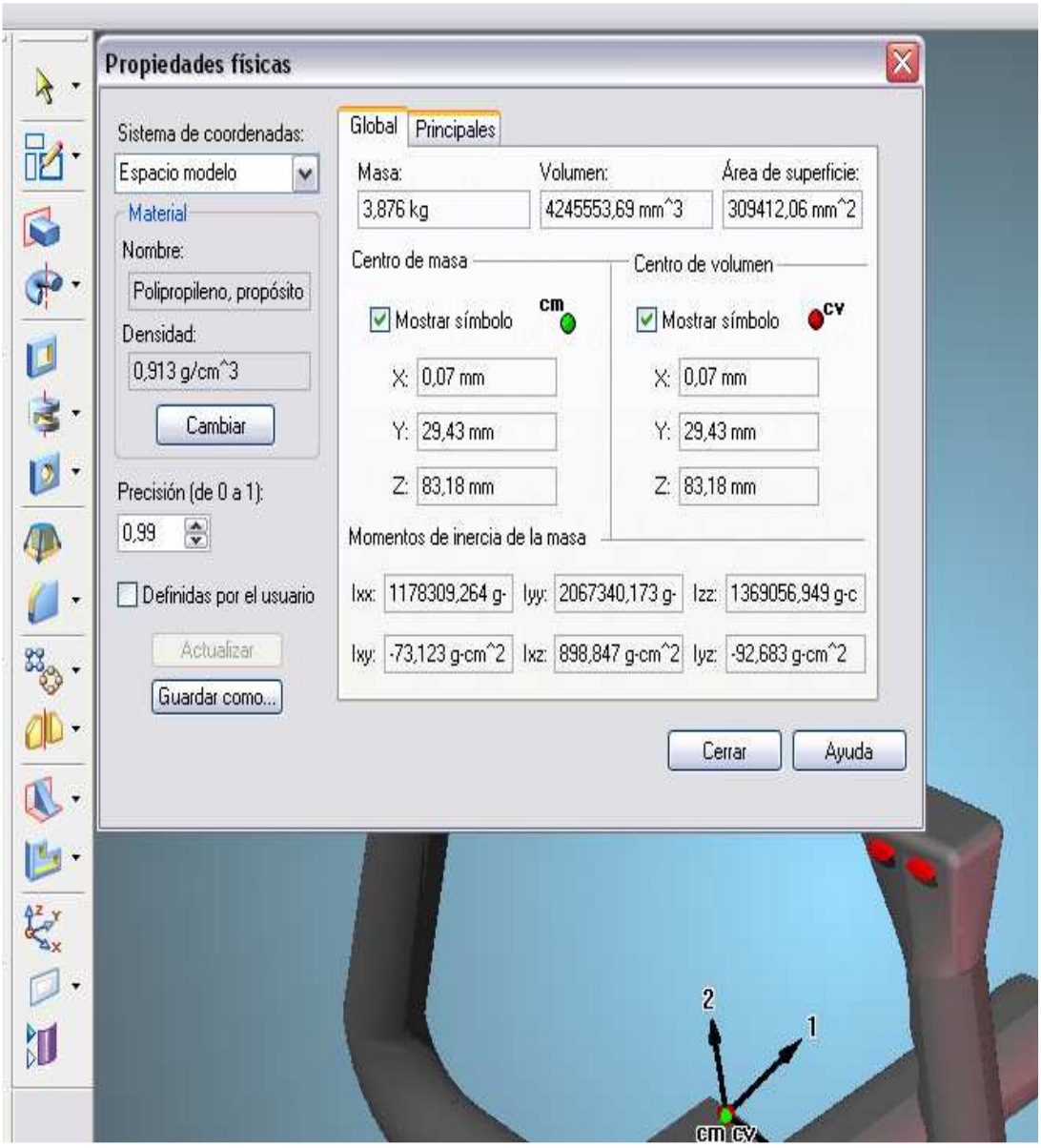


Figura 13. Propiedades físicas del timón (Principales)

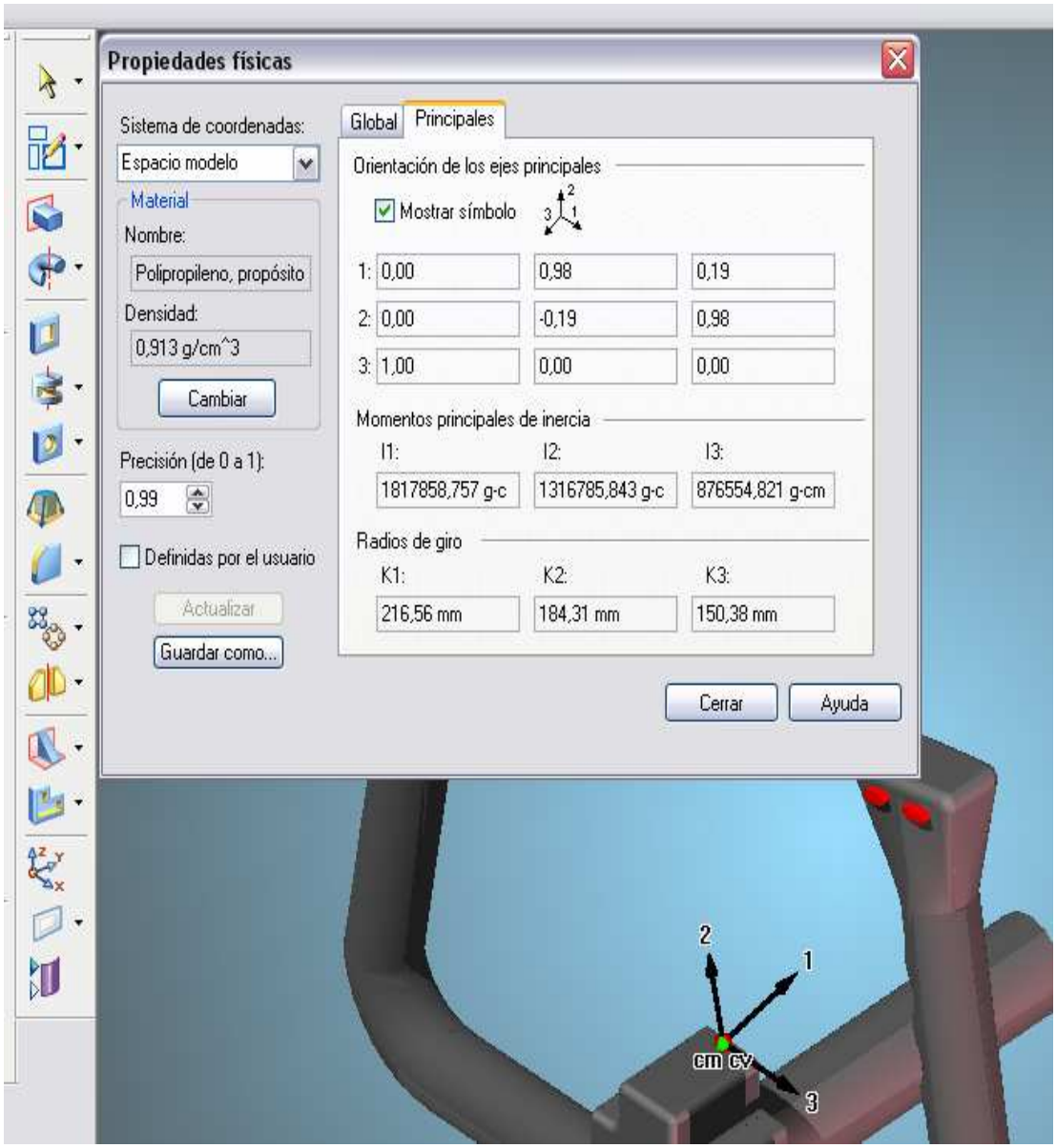


Figura 14. Propiedades físicas de la cabina completa (Globales)

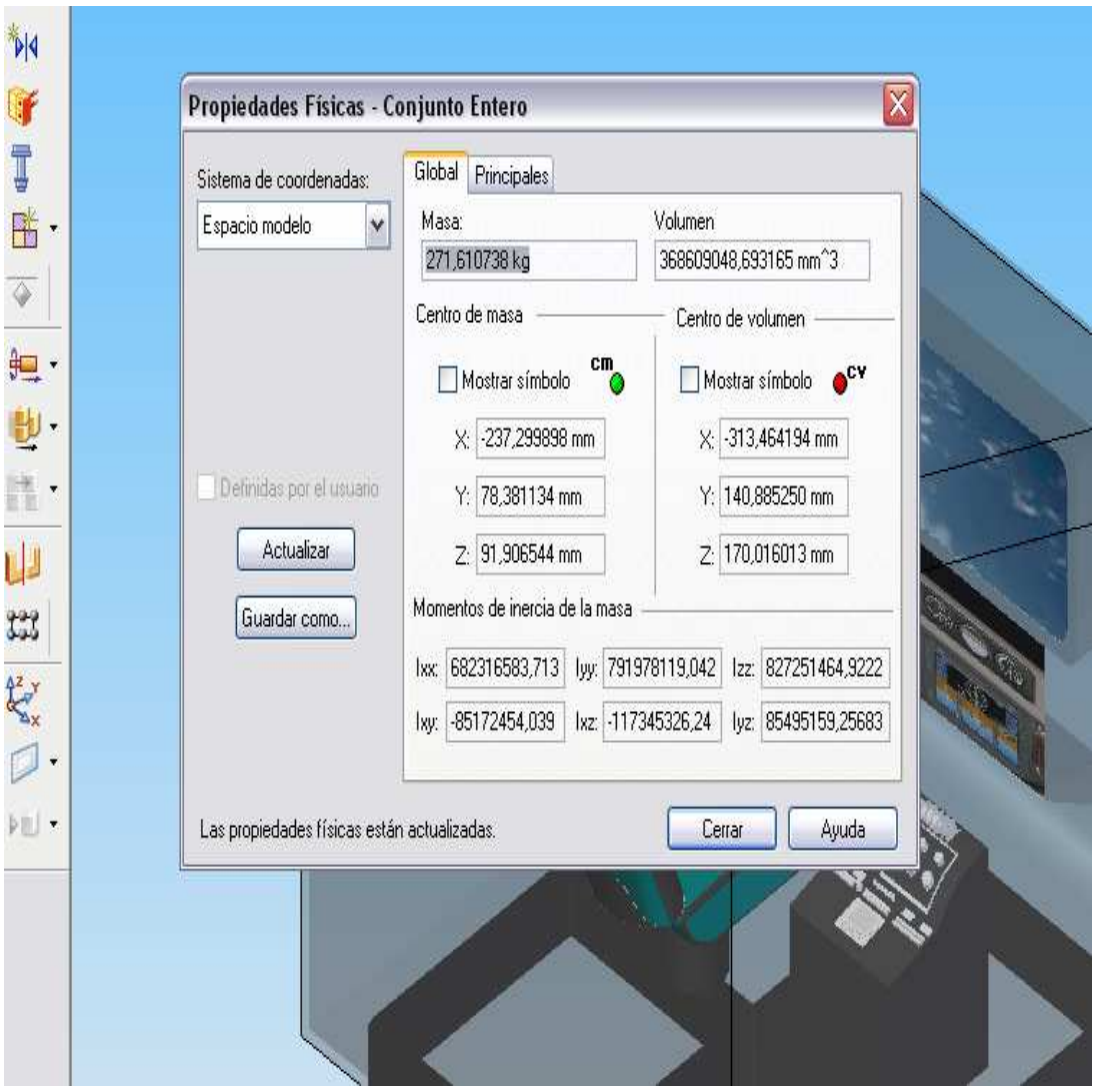
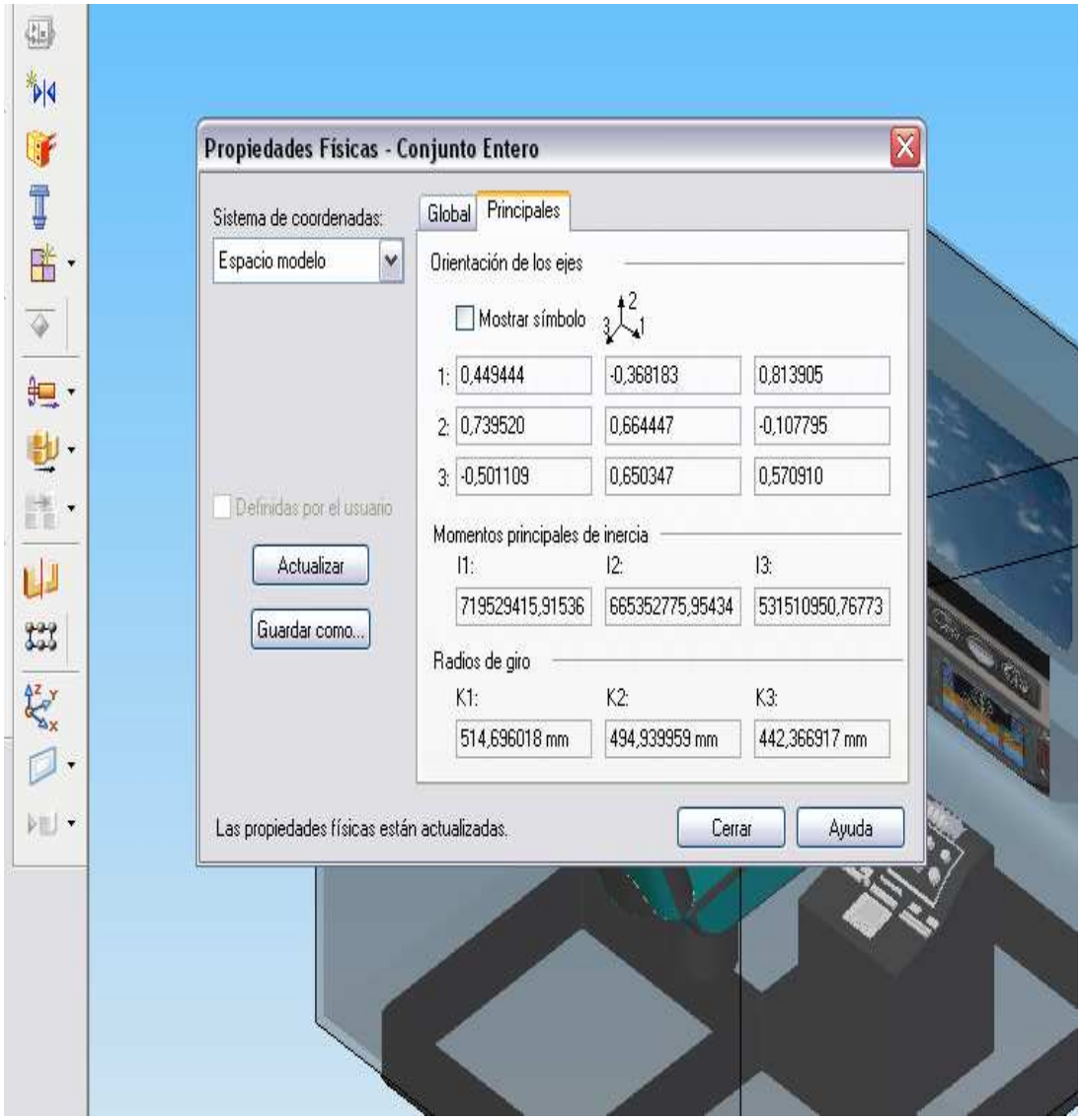


Figura 15. Propiedades físicas de la cabina completa (Principales)



Con base en la información obtenida con el modelamiento, y datos adicionales, el peso total de la cabina del simulador es de 324.5kg, sin tripulación.

4.1.6 Análisis De Esfuerzos: Después de tener determinado el material con el que vamos a construir nuestra cabina de simulación, los pesos y los momentos a los que va a ser expuesta debemos realizar un análisis estructural para verificar el diseño y la resistencia de la misma y así garantizar el buen funcionamiento del simulador y la seguridad de la persona y así mismo de los componentes que están instalados en el interior de la cabina .

Para realizar este análisis utilizamos un programa compatible con Solid Edge y así exportar los datos de un software al otro. Este programa es llamado ANSYS el cual es un proveedor de software de simulación para realizar análisis de elementos finitos y fluidos dinámicos.
Los fines generales del programa son solucionar problemas mecánicos, estáticos dinámicos de análisis estructural tanto lineales como no lineales, también para transferencias de calor, problemas de fluidos, acústicos y electromagnéticos.

En las siguientes graficas se muestran los esfuerzos máximos que soporta la cabina en los puntos críticos.

En la figura 17. se puede observar el esfuerzo máximo de la cabina el cual esta de color rojo y disminuyendo progresivamente hasta encontrar el esfuerzo mínimo.

Figura 16. Enmallado para cálculo de esfuerzos

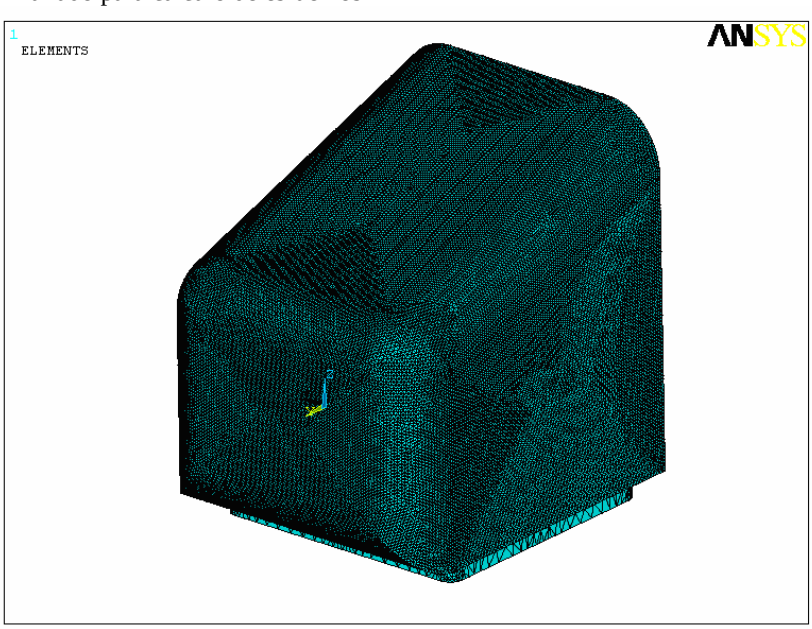


Figura 17. Calculo de esfuerzos. Vista isométrica.

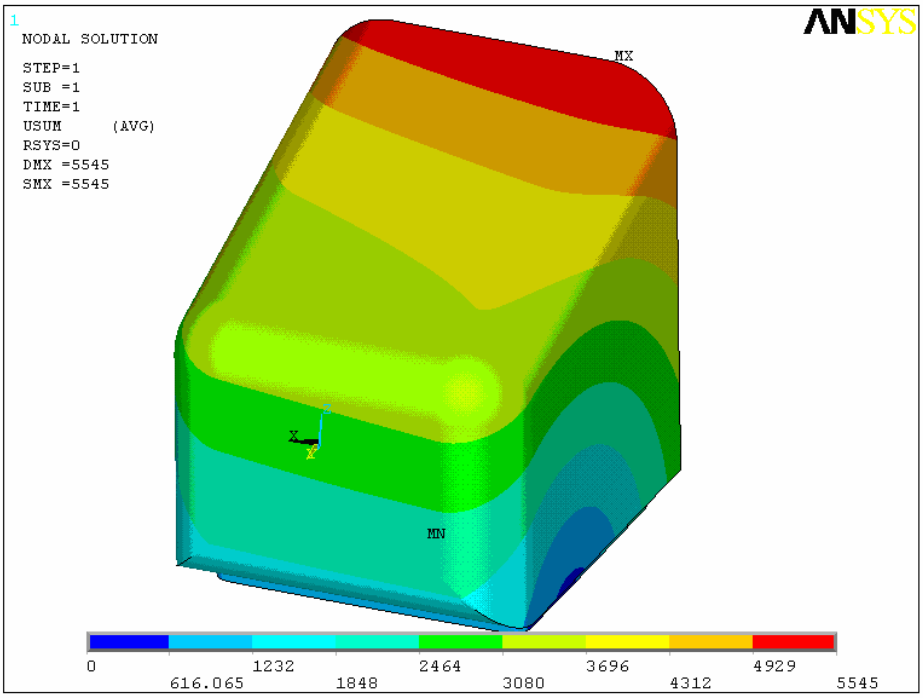


Figura 18. Cálculo de esfuerzos en punto de apoyo

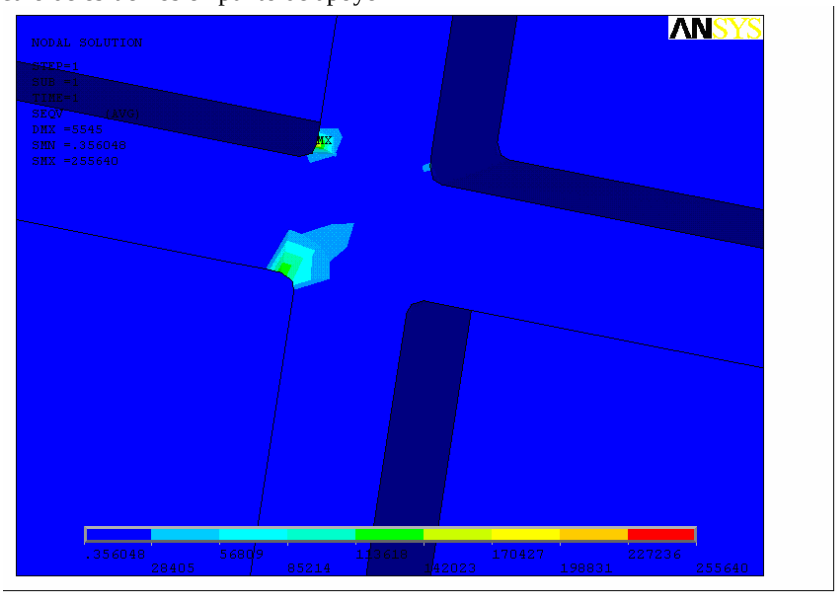
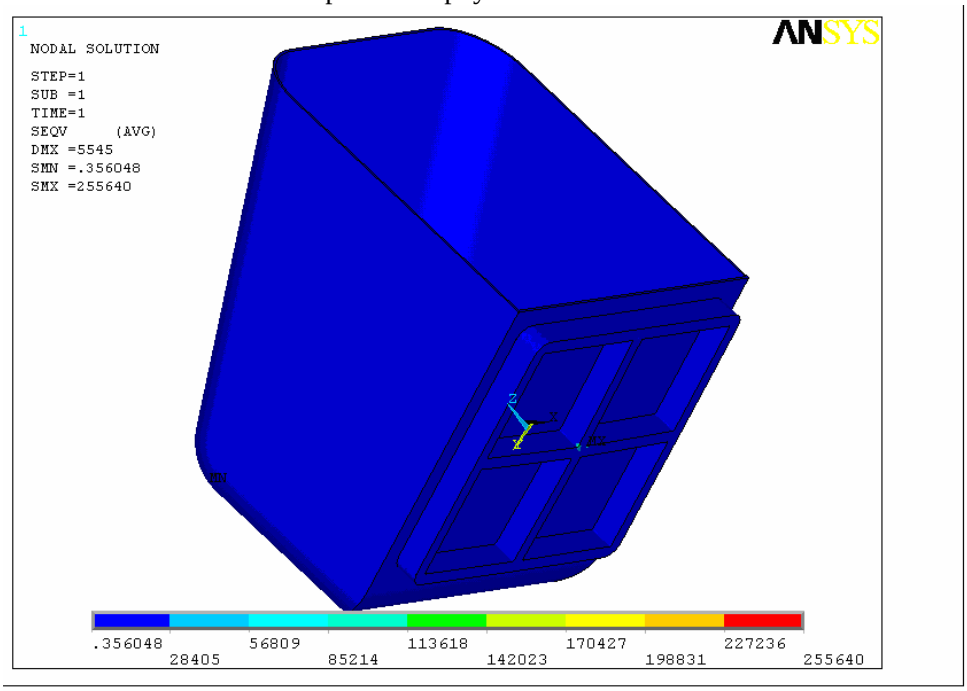


Figura 19. Cálculo de esfuerzos en punto de apoyo delantero



4.2 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAULICO

4.2.1 Lista De Componentes De Sistema Hidráulico Para El Simulador:

1 Tanque 30/40

1 Visor de nivel

1 Tapa filtro de llenado

2 Filtros de succión Ø 11/4

2 Bombas

2 Acoples motor - bomba

2 Campanas motor - bomba

2 Motores eléctricos 5hp, 1800 rpm 220/440

2 Válvulas de venteo

4 Válvulas de seguridad

4 Válvulas de retención

2 Filtro de presión

1 Válvula de paso

1 Filtro de retorno

1 Válvula de retorno de compensación

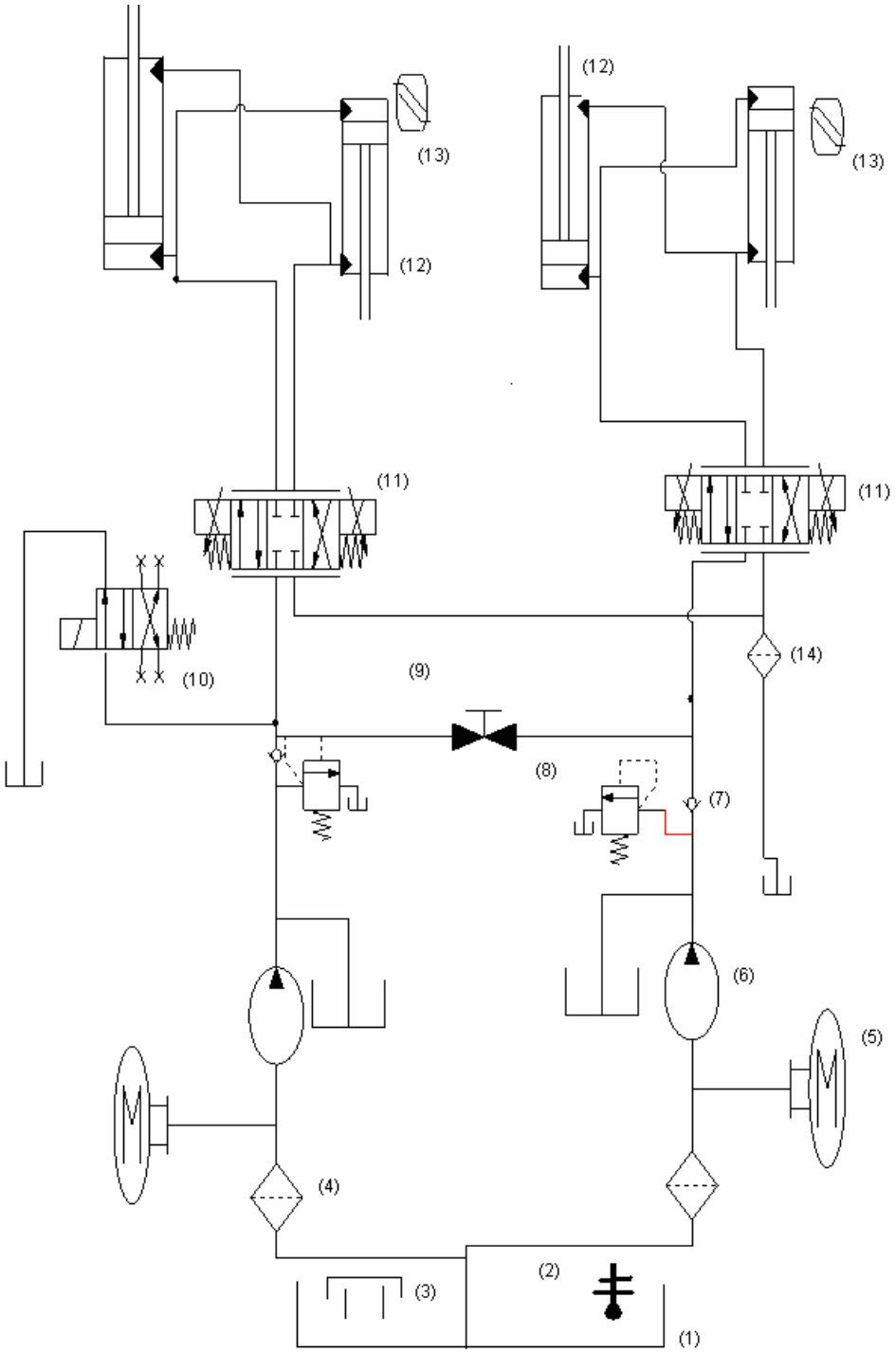
2 Válvulas proporcionales

2 Sensor de posición

1 PLC plus 1

Para ver detalles técnicos consultar los anexos B-K.

4.2.2 Circuito Hidráulico:



Tanque 30/40 galones
Termo nivel
Tapa del tanque
Filtro de succión 1/4
Motor eléctrico
Bomba
Válvula de retención
Válvula de alivio
Válvula de paso
Válvula de venteo
Válvula proporcional
Cilindros
Sensor de posición magnético
Filtro de retorno

4.2.3 Cálculos Hidráulicos:

Cilindro seleccionado

$\phi 50 \times 36 \times 600$

Esto significa que el diámetro de la camisa es de 50mm, el diámetro del vástago es de 36mm y la carrera es de 600mm

Área (A)

$$A = D^2 \times 0{,}7854$$

$D =$ Diámetro de la camisa

$$A = (50cm)^2 \times 0{,}7854$$

$$A = 19{,}635cm^2$$

Fuerza (F)

La fuerza es la necesaria para mover la cabina, la cual está soportada en una junta cardánica de tal manera que la fricción es mínima. Asumimos una presión de 1000psi, o en sistema internacional 70kg/cm².

$$F = p \times A$$

$p =$ Presión

$$F = (70kg / cm^2) \times (19{,}635cm^2)$$

$$F = 1370kg$$

Velocidad (V)

$$V = \frac{e}{t}$$

$e =$ Recorrido máximo

$t =$ Tiempo de respuesta

Recorrido máximo del cilindro que equivale a 60º del movimiento de la cabina. Esta requiere que la respuesta aproximada en 30º sea 2 segundos, es decir, 60º en aproximadamente 4segundos.

$$V = \frac{60cm}{4seg}$$

$$V = 15cm/seg$$

Caudal (Q)

$$Q = V \times A$$

$$Q = (15cm/seg) \times (19{,}635cm^2)$$

$$Q = 294{,}525cm^3/seg = 17{,}67LPM$$

Las bombas a nivel comercial, se encuentran normalmente en GPM (galones por minuto) y como $17{,}67LPM = 4{,}66GPM$, la bomba seleccionada es de 5GPM @ 1800 RPM.

Potencia (P)

$$P = Q \times p \times 0{,}0007$$

La potencia en los motores es encontrada comercialmente en HP, por consiguiente la potencia requerida para el motor requerido es:

$$P = 5GPM \times 1000\,psi \times 0{,}0007$$

$$P = 4{,}2HP \approx 5HP \text{ @ } 1800 \text{ RPM}$$

Cálculo de las tuberías

Para determinar este diámetro es necesario conocer el caudal total y aplicar la siguiente ecuación:

$$d_{tuberia} = 4607\sqrt{Q/\hat{W}}$$

El caudal se debe tomar en l/s y Ŵ de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 6. Valores recomendados de velocidad de flujo en tuberías

TUBERIA DE ASPIRACION		TUBERIA DE PRESION		TUBERIA DE RETORNO
Viscosidad cinemática mm^2/s	Ŵ m/s	Presión Bar	Ŵ m/s	Ŵ m/s
150 100 50 30	0,6 0,75 1,2 1,3	25 50 100 200 > 200	2,5 ~ 3 3,5 ~ 4 5,5 ~ 5 5 ~ 6 6	1,7 ~ 4,5

Fuente: Rexroth, Proyecto y construcción de equipos hidráulicos

Cálculo de la tubería de presión

Para la presión con la cual trabaja nuestro circuito que es 1000 psi en bares 68,948 la velocidad de flujo escogida es de 3,5 ~ 4.

$$d_{tuberia}=4{,}607\sqrt{18{,}921 l/s / 4\ m/s}$$

$d_{tuberia}$= 10,01982mm = 0,39448 in

Cálculo de la tubería de aspiración

$$d_{tuberia}=4{,}607\sqrt{18{,}921 l/s / 1{,}2 m/s}$$

$$d_{tuberia}=4{,}607\sqrt{18{,}921 l/s / 3 m/s}$$

Cálculo de la tubería de retorno

$$d_{tuberia}=18{,}2936\ mm=0{,}72022\ in$$

$$d_{tuberia}=11{,}569906 mm=0{,}45551\ in$$

Resumen de características técnicas

Potencia	5HP-1800 RPM
Caudal	5GPM @ 1800 RPM
Presión	1000 psi
Cilindro	ϕ 50x36x600
Área	19,635cm²
Fuerza	1370kg
Desplazamiento	60cm
Velocidad	15cm/seg
Tiempo de respuesta 60º	4seg

4.2.4 Funcionamiento Del Circuito Hidráulico: El motor hidráulico (5) acciona la bomba (6) la cual hace fluir el aceite hidráulico desde el depósito (1) a través del filtro de succión (4) pasando por la bomba (6) la cual alimenta la línea de presión que es regulada por una válvula de alivio (8), de allí pasa por una válvula de retención (7) y de esta se puede alimentar el sistema alterno por medio de una válvula paso (9) siempre estará cerrada, pero si alguno de los dos sistemas llegase a fallar el otro le puede suministrar el fluido hidráulico.

De la válvula de retención el fluido hidráulico pasa a las válvulas proporcionales (11) y ejerce la presión que acciona los cilindros (12) los cuales tienen un sensor magnético de posición para asegurar la misma velocidad y generar el movimiento, el sistema incluye una válvula de venteo (10) con retorno a tanque conectada entre la válvula de alivio y la válvula proporcional.

Cuando el fluido pasa por los cilindros entra por un filtro de retorno (14) para así volver al tanque.

4.3 SELECCIÓN DEL SOFTWARE

4.3.1 Software De Simulación: Para reducir costos y pensando en la simplicidad en cuanto a programación, se ha escogido en medio de muchas otras opciones, el simulador de vuelo Flight Gear.

FlightGear flight simulator es un proyecto para el desarrollo cooperativo de un simulador de vuelo multiplataforma y de código abierto. El código fuente del proyecto está disponible y licenciado bajo la GNU Licencia Pública General.

El objetivo del proyecto FlightGear es crear un sofisticado simulador de vuelo para su uso en el entorno académico o de investigación, para el desarrollo y búsqueda de otras ideas interesantes de simulación aérea, y como aplicación para el usuario final. Actualmente se esta desarrollando un entorno abierto y sofisticado de simulación que puede ser aumentado y mejorado por cualquier persona interesada en contribuir.

La idea de FlightGear nació de la insatisfacción con los simuladores de vuelo comerciales actuales existentes para PC. Un gran problema con estos simuladores es el hecho de ser propietarios y su falta de extensibilidad. Hay un montón de gente en todo el mundo con grandes ideas para mejorar los simuladores disponibles actualmente y que tienen la habilidad de escribir código, y que desean aprender y contribuir. Mucha gente dedicada a la enseñanza y la investigación podrían usar un fantástico entorno de simulación de vuelo sobre el que construir sus propios proyectos; sin embargo, los simuladores comerciales no les permiten la modificación y mejora.

Con FlightGear es posible elegir entre tres Modelos de Dinámica de Vuelo primarios. Es posible añadir nuevos modelos de dinámica o incluso conectar con modelos de dinámica de vuelo "propietarios" externos:

JSBSim: JSBSim es modelo de dinámicas de vuelo genérico y 6DoF para la simulación del movimiento de vehículos aéreos. Está escrito en C++. JSBSim se puede ejecutar en modo independiente para ejecuciones en batch, o puede hacer de controlador para un programa de simulación mayor que incluya subsistemas visuales (como FlightGear). En ambos casos, los aviones se modelan en un fichero de configuración XML, donde se definen las propiedades de masa, aerodinámica y control de vuelo.

YASim: Este MDV es parte integrante de FlightGear y usa una forma distinta a JSBSim simulando el efecto de la circulación del aire en distintas partes del avión. La ventaja de este modelo es que es posible realizar la simulación basada en la información de geometría y masa combinada con datos de funcionamiento disponibles más comunes para un avión. Esto permite construir rápidamente un avión con un comportamiento plausible que coincida con los datos de funcionamiento publicados sin necesidad de realizar todo el test de datos tradicional.

UIUC: Este MDV está basado en LaRCsim escrito originalmente por la NASA. UIUC aumenta el código permitiendo ficheros de configuración del avión en lugar de añadir código para la simulación del avión bajo condiciones de hielo.
UIUC (como JSBSim) utiliza tablas para recuperar los coeficientes de momento y fuerza para un avión... y entonces usa esos coeficientes para calcular la suma de fuerzas y momentos que actúan sobre el avión.

Base de Datos del Escenario Mundial Preciso y Extenso

Alrededor de 20.000 aeropuertos reales incluidos en el set de escenario completo.
Pistas, señalizaciones, emplazamientos y luces de aproximación correctas.
Pistas de rodaje disponibles para muchos aeropuertos grandes (incluso se incluyen luces de la línea verde central cuando es necesario).

Pistas inclinadas (las pistas cambian su inclinación tal y como ocurre en la vida real).

Iluminación direccional de aeropuerto que cambian de intensidad según cambia la dirección de la vista relativa.

Terreno preciso de todo el mundo, basado en la publicación más reciente de los datos de terreno SRTM. 3 arco segundo de resolución (sobre 90m post espacio) para América del Norte y del Sur, Europa, Asia, África y Australia.

El escenario incluye todos los lagos, ríos, carreteras, ferrocarriles, ciudades, pueblos, terrenos, etc.

Buena iluminación del escenario nocturno con iluminación concentrada en la áreas urbanas (basado en mapas reales) y luces visibles en las principales autopistas. Esto permite vuelos nocturnos realistas con la posibilidad de reconocer pueblos y ciudades y seguir carreteras.

Las porciones del escenario se paginan (cargan/descargan) en un hilo independiente para minimizar la tasa de fotogramas cuando se necesita cargar nuevas áreas.

Sistema de Modelado de Aviones Abierto y Flexible

FlightGear modela de una forma realista el comportamiento de los instrumentos del mundo real. Los instrumentos que tiene demora en la vida real, también se demoran correctamente en FlightGear, el movimiento del giroscopio está implementado correctamente, la brújula está sujeta a las fuerzas del cuerpo del avión - todas esas cosas que hacen que el vuelo en el mundo real sea un reto.

FlightGear reproduce de forma precisa los fallos de muchos sistemas e instrumentos. Si el sistema de presión falla, los giroscopios HSI giran hacia abajo lentamente con la correspondiente pérdida de respuesta así como un incremento lento del bias/error.

Opciones de Red

Una opción de entrada/salida genérica permite un protocolo definido por el usuario para un fichero, puerto serie o cliente de red.

FlightGear dispone de un protocolo multiusuario para red local en un entorno multiavión, por ejemplo para practicar vuelos en formación o para simulaciones de torre.

Las potentes opciones de red hacen posible sincronizar varias instancias de FlightGear permitiendo la multipantalla, o incluso un entorno de caverna. Si todas las instancias se están ejecutando con la misma tasa de fotogramas, es posible conseguir sincronizaciones realmente buenas entre las pantallas.

Figura 20. Escenarios de Flight Gear

Fuente: http://www.flightgear.org

4.3.2 Interacción Software y Sistema Hidráulico: La interacción entre el software y el sistema hidráulico se llevará a cabo mediante el uso de un PLC (Programable logic controller) que es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Como toda computadora, el PLC posee una CPU, Memoria, periféricos, etc. A continuación se analizaran las funciones de cada elemento. La CPU, también llamada unidad central de proceso es la encargada de ejecutar el programa almacenado en la memoria por el usuario. Se puede considerar que la CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando (esto es cuando el usuario del simulador va ejecutando los movimientos de los mandos de control de cabina). Cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica. Como se dijo, la memoria almacena el programa de aplicación o del usuario, pero además guarda el estado de variables internas del programa como por ejemplo número de piezas procesadas o máxima temperatura medida.

Los periféricos constituyen la interfaz entre el PLC y el sistema controlado. Son como mínimo entradas y salidas lógicas (o sea capaces de tomar solo dos valores: 1 ó 0, abierto o cerrado, presente o ausente) y pueden también, dependiendo de la sofisticación de cada PLC, incluirse entradas y salidas analógicas (o sea, capaces de tomar cualquier valor entre determinados máximo y mínimo) o entradas especiales para pulsos de alta frecuencia. El tipo más común de entrada lógica o binaria es la optoacoplada, en la que la corriente de entrada actúa sobre un LED, que a su vez ilumina un fototransistor que es quien en definitiva informa a la CPU el estado de la entrada en cuestión. No existiendo conexión eléctrica entre la entrada en sí y la CPU (ya que la información es transmitida por la luz) se logra alta aislación, de alrededor de 1.5 kV entre entradas y masa. El tipo de salida más común es el relé, que suma a la aislación que provee, la robustez y capacidad de manejo de moderadas corrientes tanto continuas como alternas. Su principal desventaja es el tiempo de respuesta, que puede resultar alto para algunas aplicaciones. Cuando esto sea un

inconveniente, puede elegirse en muchos casos el tipo de salida a transistor, mucho más rápido, pero limitado al manejo de corriente continua y considerablemente menos robusto.

Otro tipo de salida, también de estado sólido es la de tipo TRIAC. El triac es una llave de estado sólido para manejo de tensiones alternas. Al igual que el transistor es rápido y menos robusto que el relé, pero a diferencia de aquél, puede manejar corriente alterna. Todas las salidas del PLC deben protegerse contra las sobretensiones que aparecen sobre ellas, principalmente en el momento del apagado de las cargas a las que están conectadas.

Existen dos formas constructivas básicas para los PLC: el tipo fijo y el tipo modular. El primero consiste en un solo gabinete en el que se integran la CPU, la fuente de alimentación (para el propio PLC y con capacidad de reserva que le permite también alimentar algunos sensores), y una determinada cantidad de entradas y salidas. La posibilidad de expandir este tipo de PLC es baja o nula.

Por otra parte están los PLC modulares, en los que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas, las salidas, etc., son cada una un módulo que se elige en función de la aplicación y se monta en riel para conseguir la capacidad de cálculo, entradas, salidas, etc. que la aplicación requiera. La capacidad de expansión en este caso es altísima ya que fácilmente se alcanzan miles de puntos de entrada y salida, conexión a redes locales, dispositivos especiales de visualización, etc.

Esta herramienta fue escogida para ser empleada en el simulador de vuelo debido a sus ventajas, entre estas se encuentra el hecho de disminuir el tiempo empleado para la elaboración de proyectos debido a que no es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande, la lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, además de la posibilidad de introducir

modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos y un contar con mínimo espacio de ocupación.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Hay gran variedad de PLCs pero el más conveniente para este uso es el PLUS 1 fabricado por la empresa Saber-Danfoss por la simplicidad en su manejo.

El PLUS 1 es una herramienta de programación grafica ayudada por librerías de objetos y herramientas, que permite programar las terminales gráficas sin necesidad de conocer el leguaje de programación “C”.

4.3.4 Visual: Para generar horizonte y el ambiente de vuelo se puede utilizar la tarjeta Matrox Parhelia que permite la utilización de dos o más monitores, de modo que el mismo controlador de la tarjeta se encarga de repartir la señal de video entre las pantallas.

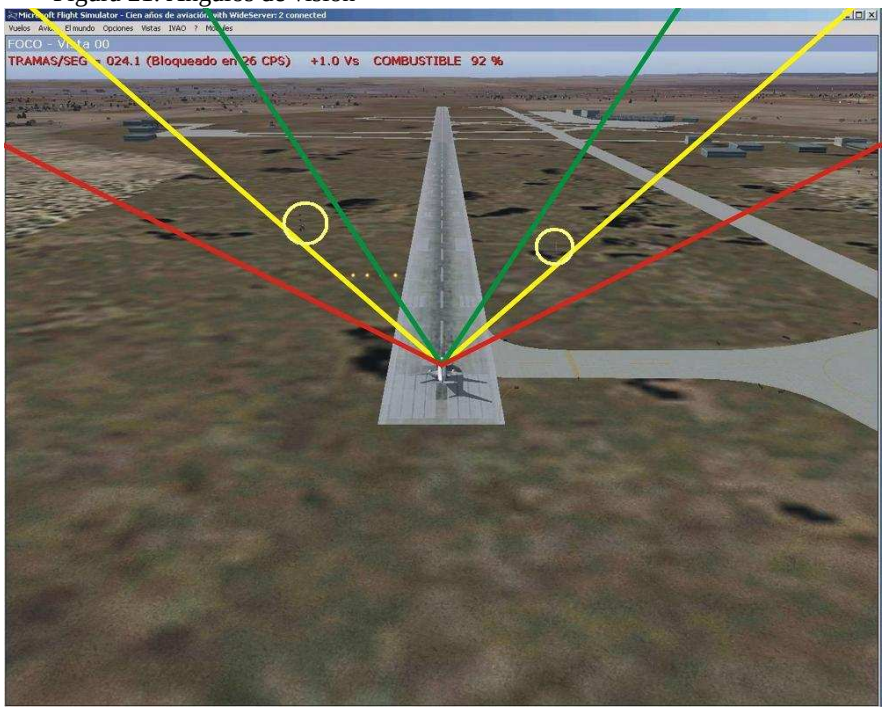
Se han hecho pruebas activando por separado 1, 2 o las tres salidas de video y se ha determinado que el rendimiento es el mismo y los grados de visión también.

Por tanto, lo que se consigue es aumentar el tamaño de la imagen del visual, tal como si estuviéramos trabajando con un proyector simulando el ambiente por fuera de la cabina. La diferencia es que con un proyector tenemos una imagen con el mismo número de pixels y cuadrada. Aquí, tenemos una imagen rectangular, que mantiene los pixels horizontales,

pero triplica los verticales, pudiendo alcanzar hasta 3840 x 1024. se puede perder un poco de imagen en la parte superior e inferior pero nada que comprometa la visibilidad total del tripulante de la cabina . Para ampliar el panorama se puede hacer aumentando o disminuyendo el zoom de la imagen sin necesidad de variar los grados de visión ya que no los aumenta la tarjeta grafica.

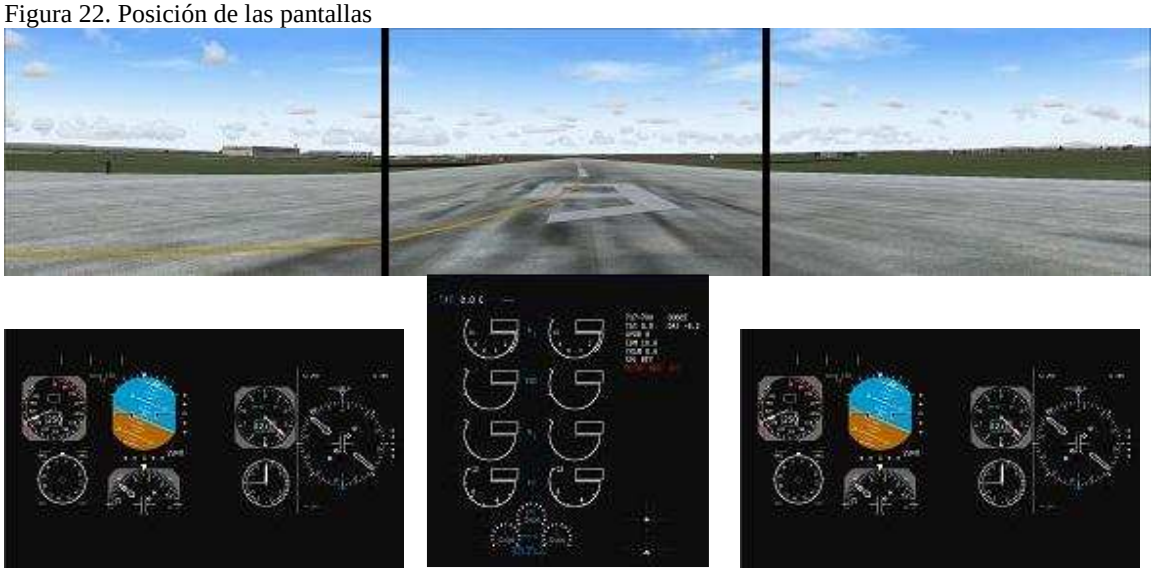
En la siguiente grafica se pueden observar los ángulos de visión que corresponden a:
60° Color verde
90° Color amarillo
120° Color rojo

Figura 21. Ángulos de visión



Fuente: http://www.micabinadevuelo.com

Figura 22. Posición de las pantallas



Fuente: http://www.micabinadevuelo.com

Las especificaciones de cada uno de los componentes internos de la cabina de simulación pueden observarse de manera detallada en el anexo L

5. RECURSOS Y PRESUPUESTOS

Presupuesto global de la propuesta (en $) para construcción.

RUBROS	$	TOTAL
EQUIPO	7.000.000	7.000.000
SOFTWARE	0	0
MATERIALES	37´250.000	37´250.000
SALIDAS DE CAMPO	0	0
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	0	0
PUBLICACIONES Y PATENTES	0	0
SERVICIOS TÉCNICOS	0	0
MANO DE OBRA	45.600.00	45.600.000
TOTAL	89.850.000	89.850.000

Descripción de los equipos y/o software que se planea adquirir (en $).

EQUIPO Y/O SOFTWARE	$
Computador	4.000.000
PLC Programable logic controller	3.000.000
TOTAL	7.000.000

Materiales y suministros (en $)

MATERIALES	JUSTIFICACIÓN	VALOR
Unidad hidráulica	Genera la potencia hidráulica del sistema	6´000.000
cilindros hidráulicos	Esenciales para generar el movimiento del simulador	8´000.000
sensores de posición	Controlar el suministro de fluido para indicar la posición de los cilindros	2´000.000
válvulas hidráulicas	Controlar el suministro de fluido hidráulico	12´000.000
Tanque 30/40 galones		1’500.000
Termo nivel y Tapa del tanque		250.000
Filtros		500.000
Motor eléctrico		4’000.000
TOTAL		37´250.000

Mano de obra (en $)

MANO DE OBRA	JUSTIFICACION	TIEMPO DE TRABAJO	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
CONSTRUCCION Y ENSAMBLE DEL PROYECTO	3 técnicos con conocimientos básicos en hidráulica y ensamble	8 meses	2.400.000	19.200.000
	1 Ingeniero con especialización en hidráulica	8 meses	1.500.000	12.000.000
	1 Ingeniero electrónico especializado en programación	8 meses	1.500.000	12.000.000
	2 ayudantes con conocimiento en carpintería	3 meses	800.000	2.400.000
TOTAL				45.600.000

6. CONCLUSIONES

- Un simulador de vuelo es un sistema que intenta replicar, o simular, la experiencia de volar una aeronave de la forma más precisa y realista posible. Los diferentes tipos de simuladores de vuelo van desde videojuegos hasta réplicas de cabinas en tamaño real montadas en actuadores hidráulicos (o electromecánicos), controlados por sistemas modernos computarizados.

- Los simuladores de vuelo son muy utilizados para el entrenamiento de pilotos en la industria de la aviación, para la simulación de desastres o fallas en vuelo y desarrollo de aeronaves.

- Cuando se realiza un diseño estructural de una cabina de vuelo para simulación se debe tener en cuenta la selección del material en que se va a construir, ya que aunque no debe ser aerodinámico, debe ser liviano y resistente ya que va a soportar cargas aplicadas en ciertos puntos en el momento que se genera el movimiento y no debe presentar ningún tipo de deformación.

- Para determinar el material de construcción se pueden utilizar software especializados que se encargan de proporcionar los datos necesarios para realizar la selección.

- El peso del simulador debe ser lo mas liviano posible ya que en el momento de elegir los actuadores del sistema hidráulico el peso total de la cabina es el que se utiliza para calcular fuerza de empuje y también para calcular el diámetro de los actuadores, es decir, es fundamental para el calculo y diseño de todo el circuito ya

que así determinamos el caudal la bomba, el motor, el tamaño del reservorio y todos los demás componentes que están integrados en el circuito.

- En el momento de la programación para generar la interacción entre el circuito hidráulico y el sofware de simulación ion entre las IOcards y un PLC fue la ultima versión de PLC llamado plus 1 ya que nos permite tener un control eléctrico sobre cada uno de los componentes del circuito hidráulicos haciendo mas fácil la programación con el sorfware de simulación.

BIBLIOGRAFIA

BEDFORD & FOWLER. Estática, Mecánica para ingenieros. Ed. Pearson, 1996.

HYDRAULIC SUPPLY COMPANY. Stock products catallog. 2001

TRINING HYDRAULICS COMPENDIOS. Proyecto y construcción de equipos hidráulicos. Ed. Rexroth.

ROSKAM, Jan. Airplane desing. Tomo III. Ed.DAR Corporation,2002.

FAA, Federal Aviation Administration. [En línea], disponible en www.faa.gov/safety/programs_initiatives/aircraft_aviation, consultado en marzo de 2008.

SIAA, Simulation Industry Association of Australia. [En línea], disponible en www.siaa.asn.au/get/2395365470.pdf, consultado en octubre de 2007.

ANEXO A
Advisory circulars

AC 120-40C

U.S. Department of Transportation
Federal Aviation Administration

DRAFT

Advisory Circular

Subject: **AIRPLANE SIMULATOR QUALIFICATION**

Date: 07/01/95
Initiated by: **AFS-205**

AC No: **120-40C**

1. PURPOSE. This advisory circular (AC) provides an acceptable means, but not the only means, of compliance with the Federal Aviation Regulations (FAR) regarding the evaluation and qualification of airplane simulators used in training programs or airmen checking under Title 14 Code of Federal Regulations (CFR). Criteria specified in this AC are those used by the Federal Aviation Administration (FAA) to determine whether a simulator is qualified and if so, the qualification level. While these guidelines are not mandatory, they are derived from extensive FAA and industry experience in determining compliance with the pertinent FAR. Mandatory terms used in this AC such as "shall" or "must" are used only in the sense of ensuring applicability of this particular method of compliance when the acceptable method of compliance described herein is used. Applicable regulations must also be referenced to ensure compliance with the provisions therein. This AC does not change regulatory requirements or create additional ones, and does not authorize changes in, or deviations from, regulatory requirements. The provisions of the FAR are controlling. This document does not interpret the regulations. Interpretations are issued only under established agency procedures. This AC applies only to the evaluation of airplane simulators. For information on airplane flight training devices, see AC 120-45, as amended.

U.S. Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Advisory Circular

Subject:	AIRPLANE SIMULATOR QUALIFICATION	Date: 7/29/91	AC No: 120-40B
		Initiated by: ASO-205	Change:

1. PURPOSE. This advisory circular (AC) provides an acceptable means, but not the only means, of compliance with the Federal Aviation Regulations (FAR) regarding the evaluation and qualification of airplane simulators used in training programs or airmen checking under Title 14 Code of Federal Regulations (CFR). Criteria specified in this AC are those used by the Federal Aviation Administration (FAA) to determine whether a simulator is qualified and the qualification level. While these guidelines are not mandatory, they are derived from extensive FAA and industry experience in determining compliance with the pertinent FAR. Mandatory terms used in this AC such as "shall" or "must" are used only in the sense of ensuring applicability of this particular method of compliance when the acceptable method of compliance described herein is used. Applicable regulations must also be referenced to assure compliance with the provisions therein. This AC does not change regulatory requirements or create additional ones, and does not authorize changes in, or deviations from, regulatory requirements. The provisions of the FAR are controlling. This document does not interpret the regulations. Interpretations are issued only under established agency procedures. This AC applies only to the evaluation of airplane simulators. See, for example, AC 120-45, Advanced Training Devices (Airplane Only) Evaluation and Qualification.

U.S. Department
of Transportation
**Federal Aviation
Administration**

Advisory Circular

Subject: **HELICOPTER SIMULATOR QUALIFICATION**

Date: **10/11/94**
Initiated by: **AFS-205**

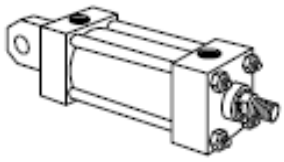
AC No: **120-63**

1. PURPOSE. This advisory circular (AC) provides an acceptable means, but not the only means, for qualifying helicopter simulators to be used in training programs or for airman checking under various parts of the Federal Aviation Regulations (FAR). Criteria specified in this AC are those used by the Federal Aviation Administration (FAA) to determine whether a simulator is qualified for such training and checking and, if so, the qualification level. While these guidelines are not mandatory, they are derived from extensive FAA and industry experience in determining compliance with the pertinent FAR. Mandatory terms used in this circular such as "shall" or "must" are used to ensure compliance with the criteria set forth in the advisory circular when the acceptable method of compliance described herein is used. Applicable regulations must also be referenced to ensure compliance with the provisions therein. This AC does not change regulatory requirements or create additional ones, and does not authorize changes in, or deviations from, regulatory requirements. This AC applies only to the evaluation of helicopter simulators. Criteria for the evaluation of airplane simulators are contained in AC 120-40, as revised, "Airplane Simulator Qualification."

ANEXO B
Catálogo del cilindro

TV47 Cap Fixed Eye Mount

(ISO MP3)

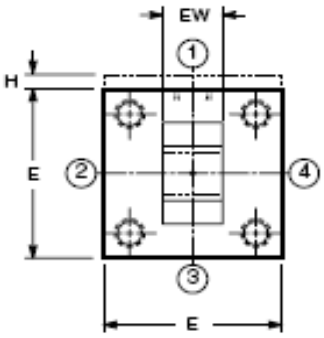


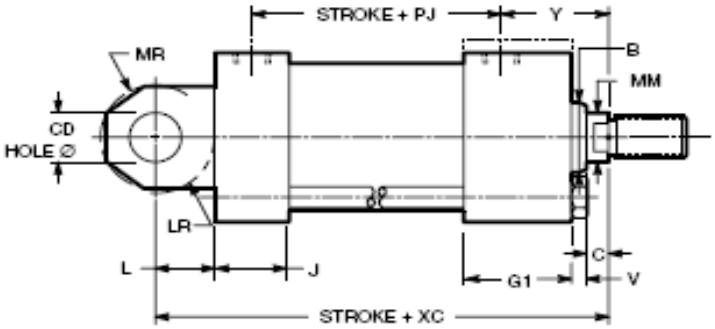
These mounts are for applications in which the machine member travels in a curved path within one plane.

These mounts can be used both in compression (push) and tension (pull). Care must be exercised to prevent rod buckling in compression applications with long strokes. See page 41 for stroke limitations.

NOTE

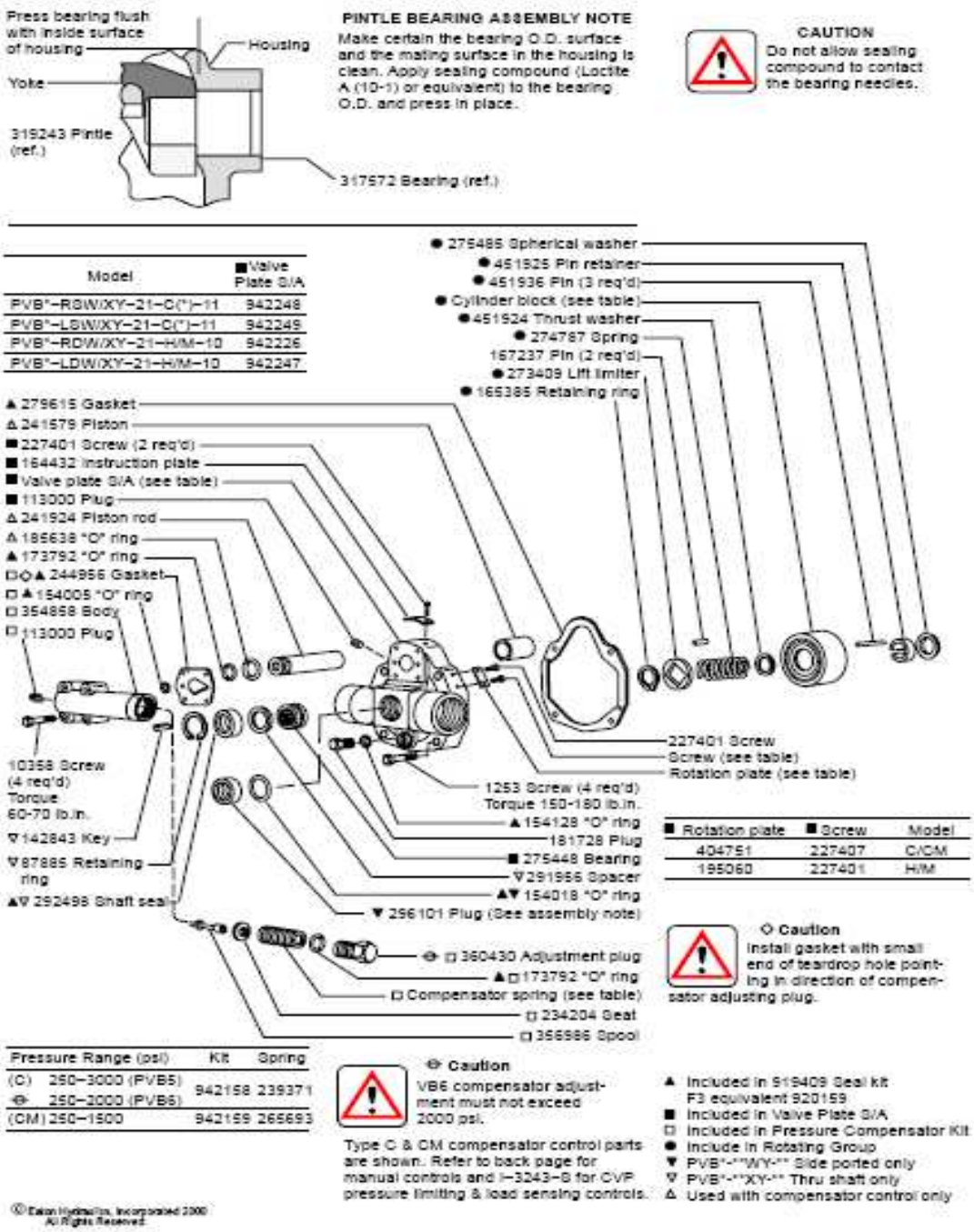
For strokes in excess of 500mm, see "Stop tube selection" on page NO TAG.





Bore	Rod MM	(f9) B	C	E	G1	H	J	L	V	Y	(h9) CD	EW	Min LR	Max MR	PJ+	XC+
25	12 18	24 30	10 10	40 40	50 50	5 5	25 25	13 13	6 6	50 50	10 10	12 12	12 12	12 12	53 53	127 127
32	14 22	26 34	15 17	45 45	50 50	5 5	27 27	19 19	10 9	60 60	12 12	16 16	17 17	17 17	56 56	147 147
40	18 22 28	30 34 42	20 17 14	63	57	– – –	38	19	6 9 12	62	14	20	17	17	73	172
50	22 28 36	34 42 50	17 20 17	75	60	– – –	38	32	9 5 9	67	20	30	29	29	74	191
63	28 36 45	42 50 60	27 24 20	90	60	– – –	38	32	5 9 12	71	20	30	29	29	80	200
80	36 45 56	50 60 72	26 23 23	115	69	– – –	44	39	5 9 9	77	28	40	34	34	93	229
100	45 56 70	60 72 88	30 30 26	130	73	– – –	44	54	5 5 9	82	36	50	50	50	101	257
125	56 70 90	72 88 108	27 26 26	165	80	– – –	57	57	9	86	45	60	53	53	117	289
160	70 90 110	88 108 133	26	205	88	– – –	57	63	7 6 6	86	56	70	59	59	130	308
200	90 110 140	108 133 163	26	245	107	– – –	76	82	6	98	70	80	78	78	165	381

ANEXO C
Catálogo de la Bomba

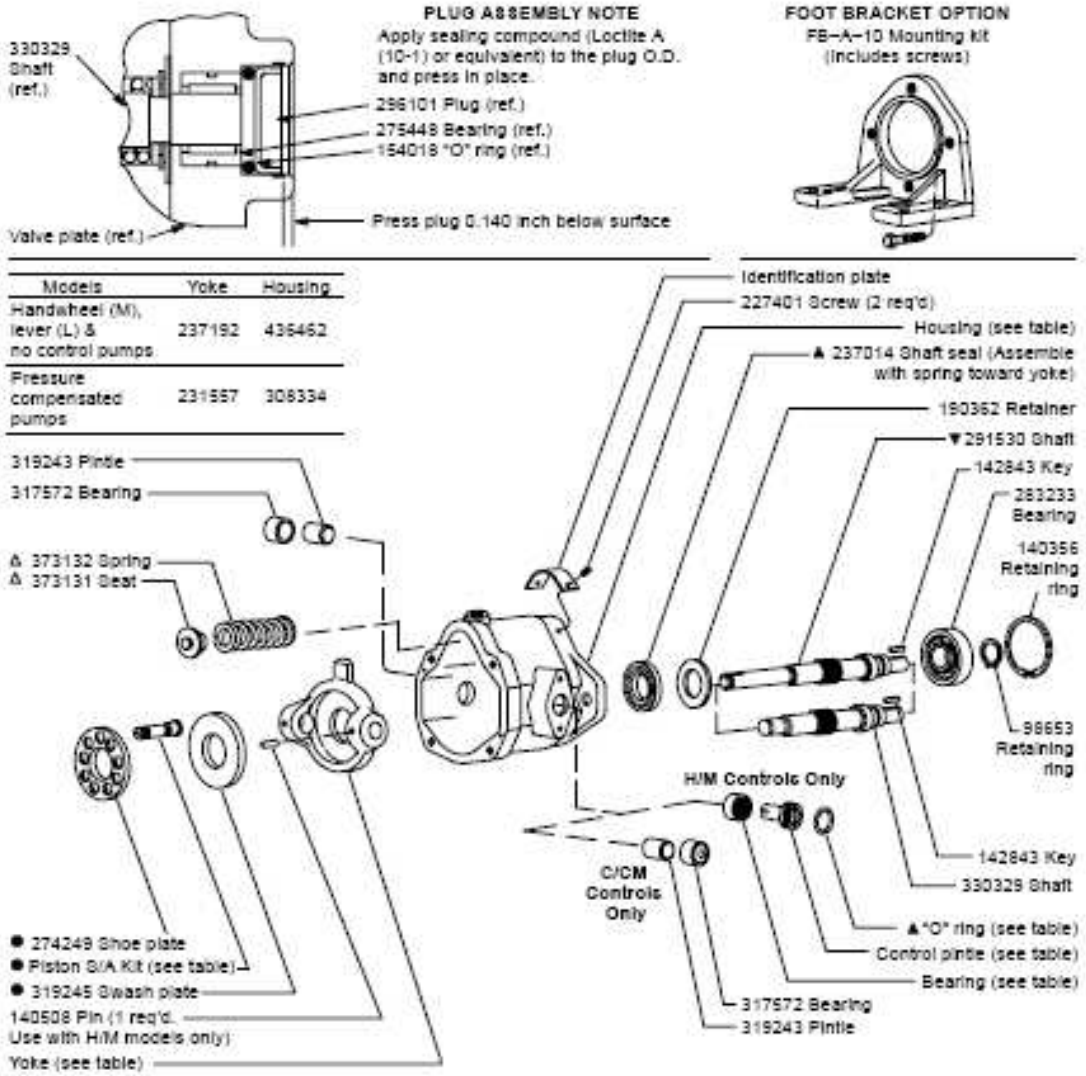


Model	■Valve Plate S/A
PVB*-RSW/XY-21-C(*)-11	942248
PVB*-LSW/XY-21-C(*)-11	942249
PVB*-RDW/XY-21-H/M-10	942226
PVB*-LDW/XY-21-H/M-10	942247

■ Rotation plate	■ Screw	Model
404751	227407	C/CM
195060	227401	H/M

Pressure Range (psi)		Kit	Spring
(C)	250-3000 (PVB5)	942158	239371
⊖	250-2000 (PVB6)		
(CM)	250-1500	942159	266693

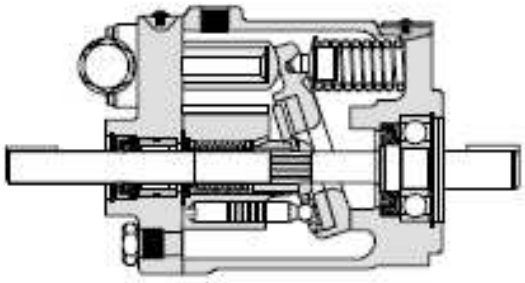
© Eaton Hydraulics, Incorporated 2000
All Rights Reserved



Models	Yoke	Housing
Handwheel (M), lever (L) & no control pumps	237192	436462
Pressure compensated pumps	231557	308334

Cylinder Block	Piston S/A Kit	Rotating Group	Model
677061	942229	875775	PVB5
677060	942230	875773	PVB6

Bearing	Control Pintle	"O"ring	Model
242222	237191	200088	H–10
	237433		M–10



For satisfactory service life of these components, use full flow filtration to provide fluid which meets ISO cleanliness code 16/13 or cleaner. Selections from pressure, return and in-line filters series are recommended.

Model Code

PVB ★ - (F) ★ ★ ★ Y - 21 ★ (★) (★) - 1★

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1 Variable displacement in-line piston unit

2 USgpm flow rating @1800 rpm

5 - 5 USgpm
6 - 6 USgpm

3 Mounting

F - Foot bracket
(Omit for flange mount)

4 Rotation (Viewed from shaft end)

R - Right hand
L - Left hand

5 Swash plate movement

D - Both sides of center
S - One side of center

6 Optional features

W - Side ports
X - Thru shaft

7 Shaft end

Y - Standard

8 Pump design

9 Control type

Pressure Compensator

C -	250-3000 psi (PVB5) 250-2000 psi (PVB6)
CM -	250-1500 psi (PVB5 & 6)
CVP -	Pressure limiter load sensing
H -	Handwheel
M -	Lever

10 C – Adjustable maximum displacement stop

(Pressure compensated models only-
See I–3255–S)

11 Other controls or options

L - Left hand viewing shaft end
(Omit for right hand models)

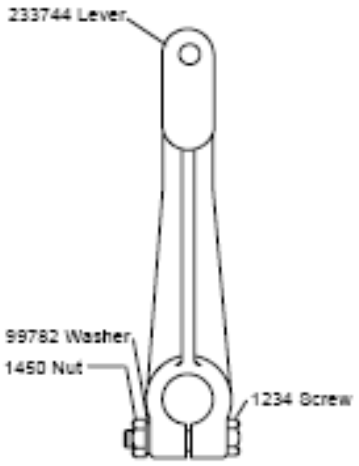
Compensator variations

D -	Dual-range (electric control 115 volts-60 cycle
DH -	Dual-range (hydraulic control)
G -	Hydraulic remote (left hand only except CCG models)

12 Control design number

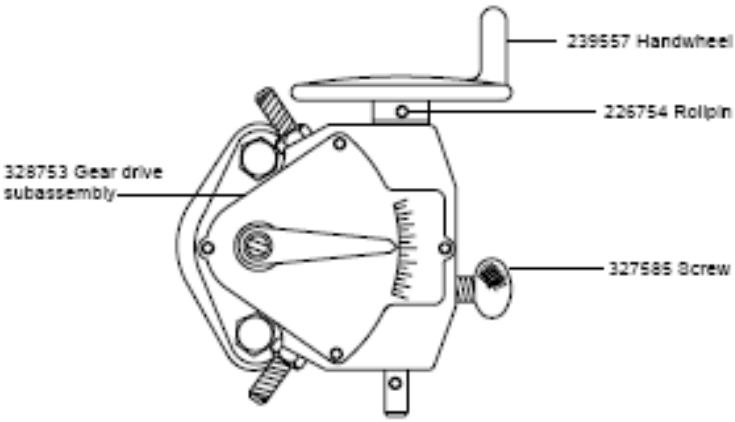
Manual Lever Control (M)

Parts shown included in 941360 kit



Handwheel Control (H)

Parts shown included in 938523 kit



Printed in U.S.A.

ANEXO D
Catálogo válvula proporcional

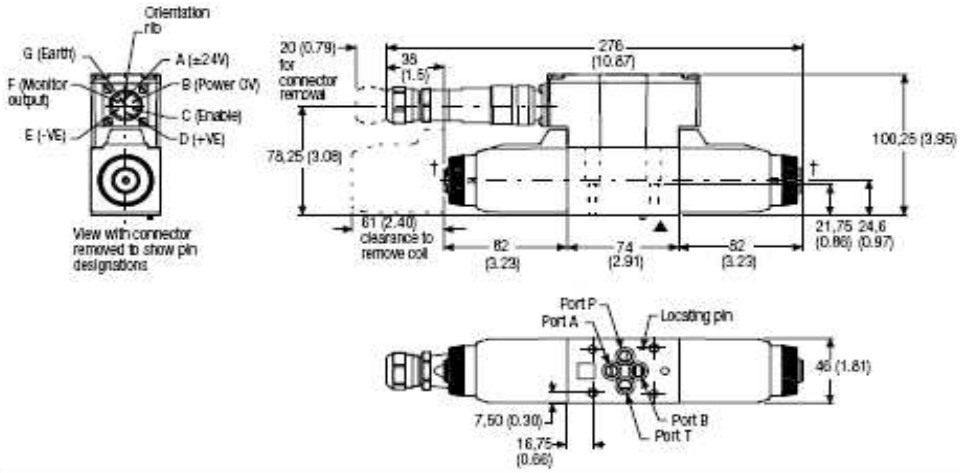
Proportional Directional Valves without Feedback

EATON

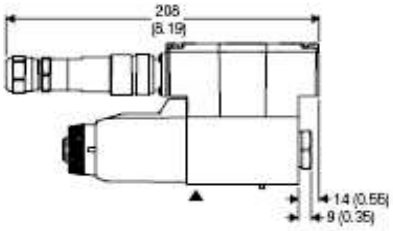
Installation Dimensions in mm (inches)

KBDG4V-3

3rd angle projection



KBTG4V-3



Warning
Valves with integral amplifiers are supplied with or without the metal 7-pin plug. The Vickers™ plug, part no. 934939, must be correctly fitted to ensure that the EMC rating and IP67 rating are achieved. The plug retaining nut must be tightened with a torque of 2-2,5 Nm (1.5-2.0 lbf ft) to effect a proper seal.

▲ Mounting surface seals supplied

† Note: Bleed screw locations. Air bleed: torque to 6,5-7,5 Nm (57-66 lbf ft).

NOTE: For optimum valve operation, bleed the air from the proportional solenoids at initial start-up. This may be done as follows:
- Remove the bleed screws until no bubbles appear and then reinstall bleed screws, or...
- Remove both bleed screws, and use a standard oil can nozzle to pump fluid in one side until it flows, free of air bubbles, out the other side. Reinstall screws.

If there is no inherent back pressure in the tank port of the circuit, do not allow the tank line to empty. This may be prevented by installing a check valve in the tank line. The cracking pressure of the check valve should be in the range of 1.5-3 bar (22-45 psi).

ANEXO E
Catálogo válvula cheque

SAUER DANFOSS

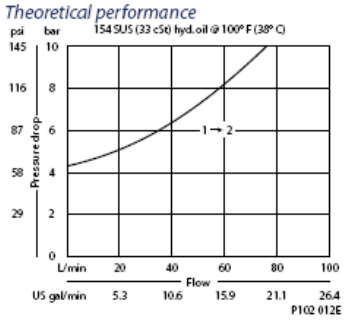
Cartridge Valves Technical Information
Check valves
CV10-NP

OPERATION

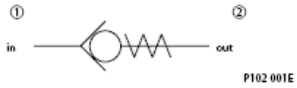
This valve allows free flow from 1 to 2 and blocks flow from 2 to 1.

SPECIFICATIONS

Theoretical performance



Schematic

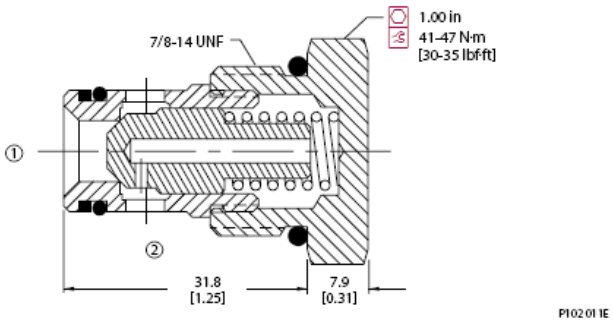


Specifications

Rated pressure	300 bar [4350 psi]
Rated flow at 7 bar [100 psi]	85 l/min [22 US gal/min]
Leakage	6 drops/min @ Rated pressure
Weight	0.80 kg [1.76 lb]
Cavity	SDC10-2

DIMENSIONS
mm [in]

Cross-sectional view



ORDERING INFORMATION

CV10-NP-0.3-B-6S

Crack Pressure
0.3= 0.3 bar [5 psi]
1 = 1.0 bar [15 psi]
2 = 2.0 bar [30 psi]
5 = 5.0 bar [65 psi]
7 = 7.0 bar [100 psi]
10 = 10 bar [145 psi]

Housing and ports — **Housing P/N**

00 =	No Housing	No Housing
DG3B =	Al, 3/8 BSP	SDC10-2-DG-3B
DG4B =	Al, 1/2 BSP	SDC10-2-DG-4B
6S =	Al, #6 SAE	CP10-2-6S
8S =	Al, #8 SAE	CP10-2-8S

Other housings available

Seals — Seal kit

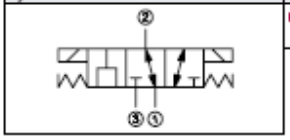
B =	Buna N	120015
V =	Viton	120016

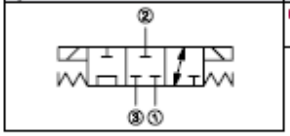
P103 650E

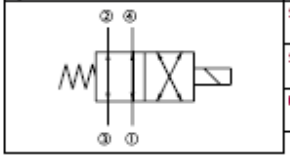
ANEXO F
Válvula de venteo

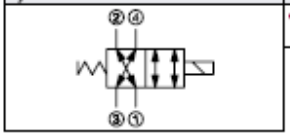
SAUER DANFOSS

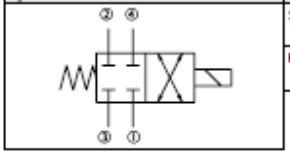
Cartridge Valves Technical Information
Solenoid valves
Quick reference

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	EDH 12/33 02	NCS12/3	3w 3p spool	40 l/min [11 US gal/min]	210 bar [3000 psi]	10.53

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	EDH 12/33 03	NCS12/3	3w 3p spool	50 l/min [13 US gal/min]	210 bar [3000 psi]	10.54

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	SV08-24-01	SDC08-4	4w 2p spool (reversing)	8 l/min [2 US gal/min]	230 bar [3300 psi]	10.55
	SV10-24-01	SDC10-4		15 l/min [4 US gal/min]	230 bar [3300 psi]	10.56
	EDH 12/42 05	NCS12/4		55 l/min [15 US gal/min]	210 bar [3000 psi]	10.57

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	CPS31-21	CP12-4	4w 2p spool (reversing)	32 l/min [8 US gal/min]	240 bar [3500 psi]	10.58

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	SV08-24-02	SDC08-4	4w 2p spool (normally closed)	10 l/min [3 US gal/min]	230 bar [3300 psi]	10.59
	EDH 12/42 06	NCS12/4		60 l/min [16 US gal/min]	210 bar [3000 psi]	10.60

Solenoid valves quick reference

* Flow ratings are based on a pressure drop of 7 bar [100 psi] unless otherwise noted. They are for comparison purposes only.

SAUER DANFOSS

Cartridge Valves Technical Information
Solenoid valves
SV08-24-01

OPERATION

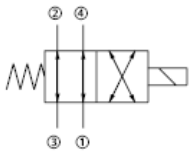
This is a direct-acting, 2-position, 4-way, spool-type solenoid valve.

SPECIFICATIONS

Specifications

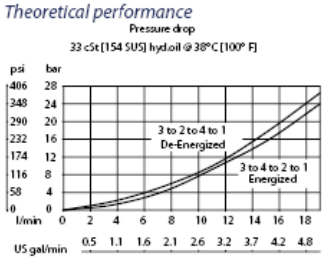
Rated pressure	230 bar [3300 psi]
Rated flow at 7 bar [100 psi]	8 l/min [2 US gal/min]
Weight	0.32 kg [0.71 lb]
Cavity	SDC08-4
Coil	M13 20 watt

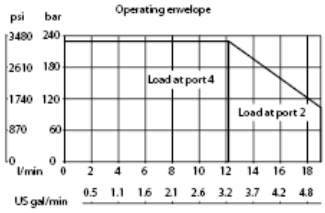
Schematic



P102 393E

Theoretical performance



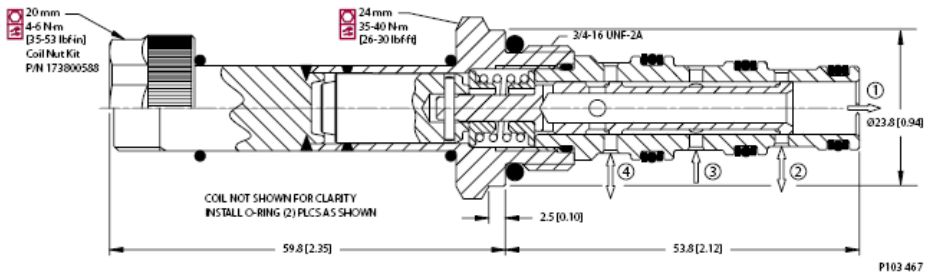


P103 568E

DIMENSIONS

mm [in]

Cross-sectional view



P103 467

ORDERING INFORMATION

SV08-24-01-12-DN-B-6S

Coil Voltage
00 = No coil
12 = 12 VDC
24 = 24 VDC

Coil Termination:
00 = No connector
FL = Flying Lead
DN = DIN 43650
DE = Deutsch
AJ = Amp Junior
SP = Spade
AS = Amp SuperSeal 1.5 and MetriPak 150 Series Type 1

Housing and ports
00 = No Housing
L2B = AL,1/4 BSP
4S = AL,#4 SAE
6S = AL,#6 SAE
Other housings available

Seals — **Seal kit**
B = Buna-N — 35400331
V = Viton — 35400391

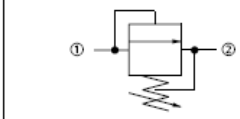
Housing P/N
No Housing
SDC08-4-L-2B
CP08-4-4S
CP08-4-6S

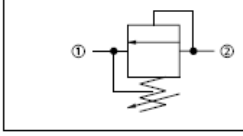
P103 429E

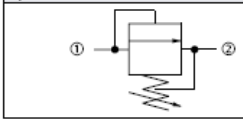
ANEXO G
Catálogo válvula de alivio

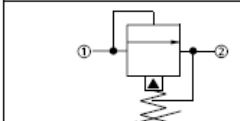
SAUER DANFOSS

Cartridge Valves Technical Information
Relief valves
Quick reference

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	CP208-4	SDC08-2	Relief valve (direct acting poppet)	1.1 l/min [0.3 US gal/ min]	415 bar [6000 psi]	04.5
	VEN 06	NCS06/2		20 l/min [5 US gal/min]	315 bar [4500 psi]	04.6
	RV08-DR	SDC08-2		30 l/min [8 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.7
	CP208-3	SDC08-2		30 l/min [8 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.8
	CP200-3	SDC10-2		40 l/min [11 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.9
	VME 06	VME06		40 l/min [11 US gal/min]	315 bar [4500 psi]	04.10
	VME 07	VME07		50 l/min [13 US gal/min]	315 bar [4500 psi]	04.11
	VME 08	VME08		50 l/min [13 US gal/min]	315 bar [4500 psi]	04.12

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	CP208-1	SDC08-2	Relief valve (differential area poppet)	40 l/min [11 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.13
	CP200-2	SDC10-2		40 l/min [11 US gal/min]	350 bar [5000 psi]	04.14
	CP200-1	SDC10-2		75 l/min [20 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.15
	CP201-1	CP12-2		150 l/min [40 US gal/min]	250 bar [3600 psi]	04.16

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	CP210-1	SDC10-2	Relief valve (direct acting spool)	45 l/min [12 US gal/min]	210 bar [3000 psi]	04.17
	CP211-1	CP12-2		75 l/min [20 US gal/min]	40 bar [600 psi]	04.18

Symbol	Model No.	Cavity	Description	Flow*	Pressure	Page
	RPP 06	NCS06/2	Relief valve (pilot operated spool)	100 l/min [26 US gal/min]	315 bar [4500 psi]	04.19
	CP210-2	SDC10-2		115 l/min [30 US gal/min]	350 bar [5000 psi]	04.20
	CP211-2	CP12-2		190 l/min [50 US gal/min]	350 bar [5000 psi]	04.21

Relief valves
Quick reference

* Flow ratings are based on a pressure drop of 7 bar [100 psi] unless otherwise noted. They are for comparison purposes only.

ANEXO H
Catálogo válvula de seguridad

SAUER DANFOSS

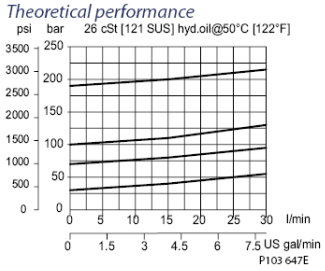
Cartridge Valves Technical Information
Relief valves
RV08-DR

OPERATION

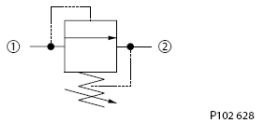
This is a direct-acting, poppet-type relief valve that relieves from 1 to 2. It features a highly damped poppet for smooth and stable response.

SPECIFICATIONS

Theoretical performance



Schematic



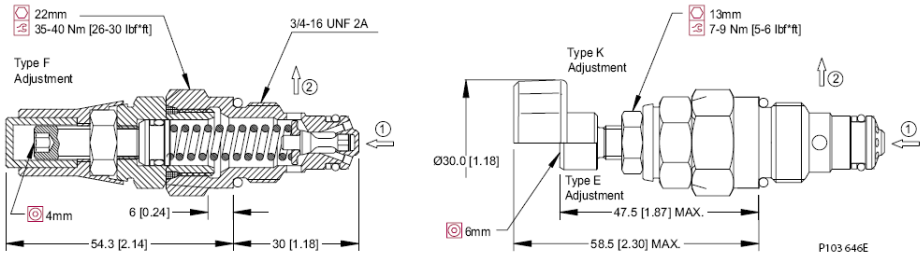
Specifications

Rated pressure	250 bar [3600 psi]
Rated flow at 7 bar [100 psi]	30 l/min [8 US gal/min]
Leakage	10 drops/min @ 80% of pressure setting
Weight	0.10 kg [0.22 lb]
Cavity	SDC08-2

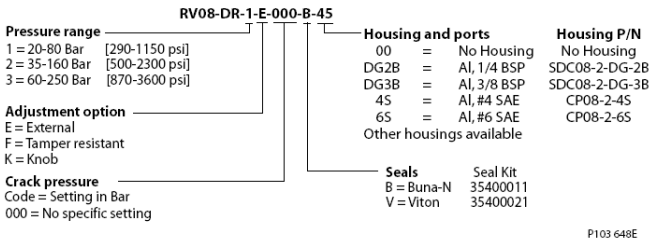
DIMENSIONS

mm [in]

Cross-sectional view



ORDERING INFORMATION



ANEXO I
Catálogo filtro de retorno

STAUFF®

Spin-On Elements SF6500 Series

Stauff SF6500 series spin-on elements are used with the Stauff SAF series spin on filters.

Technical Specification

Seals	NBR (Buna-N®) seals
Working pressure	14 bar *(200 PSI)* working pressure,maximum pressure differential of 5.5 bar *(80 PSI)* for any application with no bypass valve
Operating temperature	-32°C to 100°C (-25°F to 212°F)
Media	Mineral oils, other fluids on request

Dimensions and Ordering Code

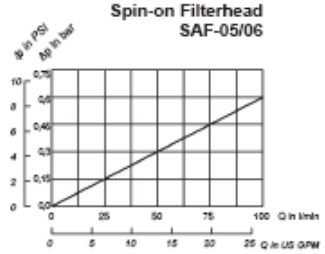
	Paper				Microglass			Water Absorbing
	SF 6520	SF 6521	SF 6510	SF 6511	SF 6549	SF 6505	SF 6504	SF 6520-W
	10µm	10µm	25µm	25µm	3µm	10µm	25µm	10µm water absorb
Diameter	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(3.67)*	93.2 *(36.7)*
Length	146.3 *(5.76)*	203.2 *(8.00)*	146.3 *(5.76)*	203.2 *(8.00)*	146.3 *(5.76)*	146.3 *(5.76)*	146.3 *(5.76)*	133 *(5.25)*
Element Thread	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF	1-12 UNF
Beta Ratio	ß10 ≥ 2	ß10 ≥ 2	ß25 ≥ 2	ß25 ≥ 2	ß3 ≥ 75	ß12 ≥ 75	ß25 ≥ 75	ß10 ≥ 2
Dirt Holding Capacity ACFTD (g)	14.4	22	20.4	31.2	19	11	26	Water holding capacity 162 ml (5.5 oz)
Filtration Area	2303 cm² *(357.5 in²)*	3881 cm² *(601.7 in²)*	2212 cm² *(342.9 in²)*	3388 cm² *(525.1 in²)*	2519 cm² *(390.4 in²)*	2405 cm² *(372.7 in²)*	2405 cm² *(372.7 in²)*	1225 cm² *(190 in²)*
Maximum Working Pressure	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	14 bar *(200 PSI)*	6.9 bar *(100 PSI)*
Carton Quantity	12	12	12	12	12	12	12	12
Carton Weight	6.3 kg *(13.9 lb)*	8.4 kg *(18.5 lb)*	6.4 kg *(14.2 lb)*	8.8 kg *(19.4 lb)*	8.6 kg *(19 lb)*	8.6 kg *(19 lb)*	8.6 kg *(19 lb)*	8.6 kg *(19 lb)*

Spin-On Elements SF6500 Series

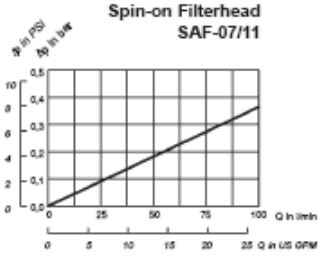
Flow Characteristics

The following characteristics are valid for mineral oils with a density of 0,85 kg/dm³ and the kinematic viscosity of 30 mm²/s. The characteristics have been determined in accordance to ISO 3968.

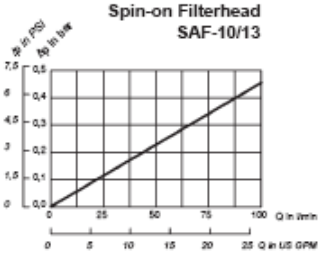
Spin-on Filterhead SAF-05/06



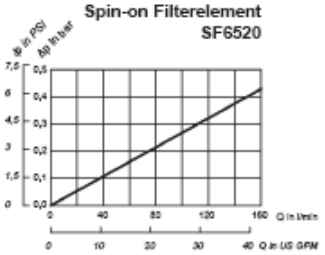
Spin-on Filterhead SAF-07/11



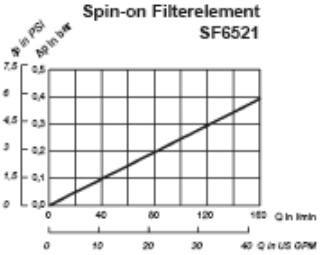
Spin-on Filterhead SAF-10/13



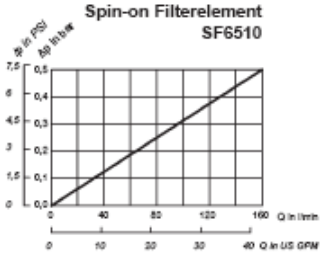
Spin-on Filterelement SF6520



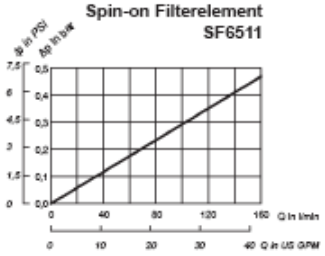
Spin-on Filterelement SF6521



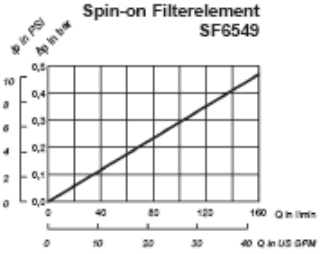
Spin-on Filterelement SF6510



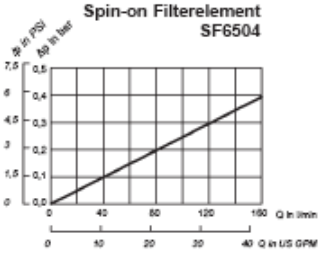
Spin-on Filterelement SF6511



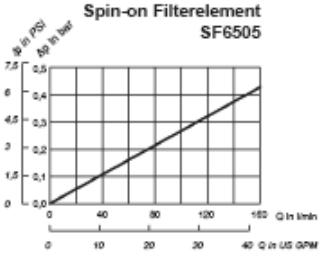
Spin-on Filterelement SF6549



Spin-on Filterelement SF6504



Spin-on Filterelement SF6505



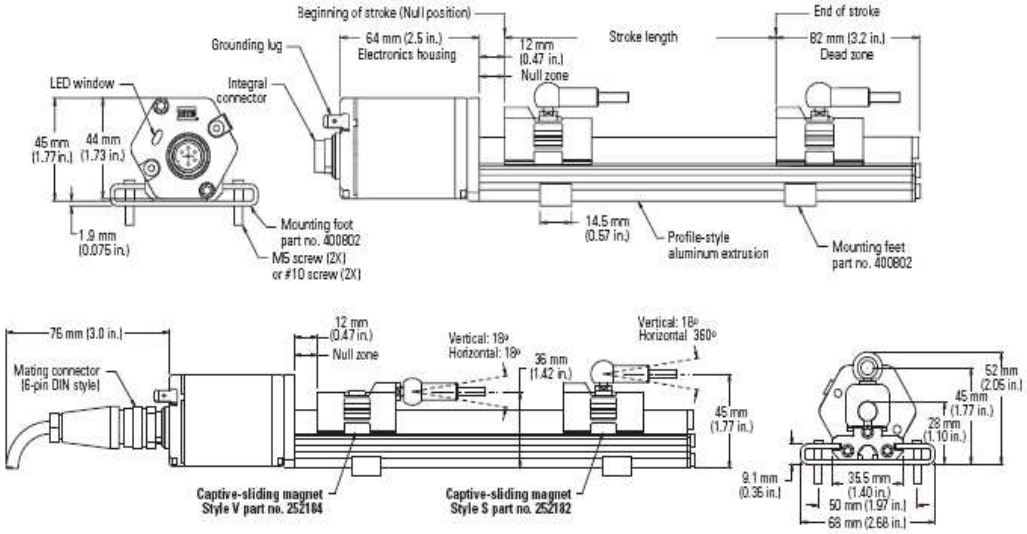
ANEXO J
Catálogo sensor de posición

Model GP profile-style sensor

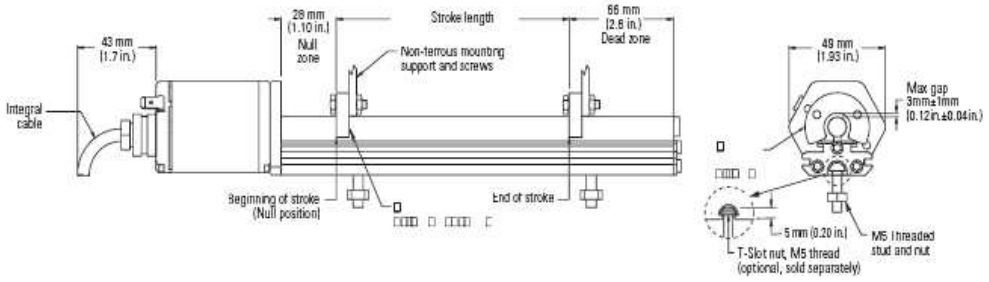
Temposonics Model GP profile-style sensors offer modular construction, flexible mounting configurations, and easy installation. A choice of two magnet configurations are available with the profile housing: captive-sliding magnet or floating magnet.

Note:
Temposonics Model GP sensors include two mounting feet (part no. 400802) for sensors up to 1250 mm (50 in.) One additional mounting foot is included for every additional 500 mm (20 in.)

Captive-sliding magnet



Floating magnet (Open Ring)



Wiring and Magnets

Sensor integral connector (D60 Male)

Pinout/wire color code (integral or extension cable)

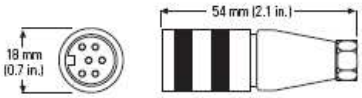
Pin no.	Wire color	Function Digital-pulse outputs	Function Analog outputs
1	Gray	(-) Gate for PWM (-) Stop for Start/Stop or Programming (RS-422 TX-)	0 to 10, -10 to +10 Vdc or 4 to 20 mA, 0 to 20 mA or reverse acting: 10 to 0, 10 to -10 Vdc or 20 to 4 mA, 20 to 0 mA
2	Pink	(+) Gate for PWM (+) Stop for Start/Stop or Programming for (RS-422 TX+)	Return for pin 1
3	Yellow	(+) Interrogation for PWM (+) Start for Start/Stop or Programming (RS-422 RX+)	Programming (RS-485+)
4	Green	(-) Interrogation for PWM (-) Start for Start/Stop or Programming (RS-422 RX-)	Programming (RS-485-)
5	Red or Brown	Supply voltage (+Vdc)	Supply voltage (+Vdc)
6	White	DC Ground (for supply)	DC Ground (for supply)

Integral D6 connector (male) as viewed from end of sensor

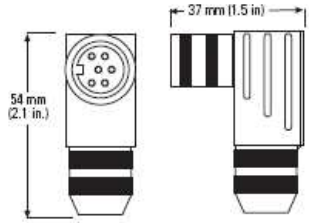
Notes:
- A grounding lug on the end of the sensor is provided for convenient connection to earth ground.
- Appropriate grounding of cable shield is required at the controller end.

Cable connectors (field-installed D6 female)
Mates with sensor's integral connector

D6 Straight-exit connector
part no. 560700



D6 90° connector
part no. 560778

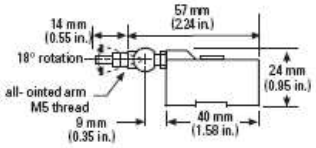


Magnets

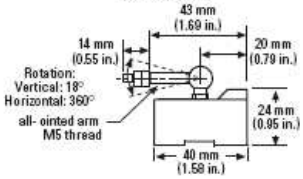
Magnets must be ordered separately with Model GH position sensors. The standard ring magnet (part no. 201542-2) is suitable for most applications.

Magnets are included when you order the Model GP position sensor. The sensor can be configured with one of two magnet configurations: captive-sliding or floating magnet (open ring).

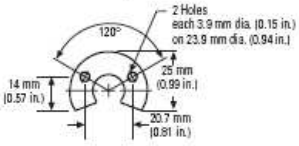
Captive-sliding magnet, style V
part no. 252184



Captive-sliding magnet, style S
part no. 252182



Floating magnet (open ring), style M
(may be used with models GH and GP sensors)
part no. 251416-2

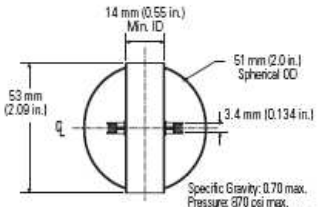


ID: 13.5 mm (0.53 in.)
OD: 32.8 mm (1.29 in.)
Thickness: 7.9 mm (0.312 in.)

Ring magnet
part no. 400533

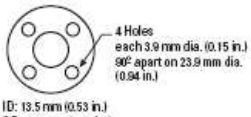
ID: 13.5 mm (0.53 in.)
O.D.: 25.4 mm (1.0 in.)
Thickness: 7.9 mm (0.312 in.)

Magnet float
(level sensing applications)
part no. 251447



Specific Gravity: 0.70 max.
Pressure: 870 psi max.
(Float for use with rod-style sensors in hydraulic fluid or fresh water applications only)

Standard-ring magnet
part no. 201542-2



ID: 13.5 mm (0.53 in.)
OD: 32.8 mm (1.29 in.)
Thickness: 7.9 mm (0.312 in.)

Magnet spacer
(non-ferrous spacer for use with standard ring magnet)
part no. 400633

ID: 14.3 mm (0.56 in.)
O.D.: 31.8 mm (1.25 in.)
Thickness: 3.2 mm (0.125 in.)

ANEXO K

Catálogo de empaquetaduras para cilindros hidráulicos

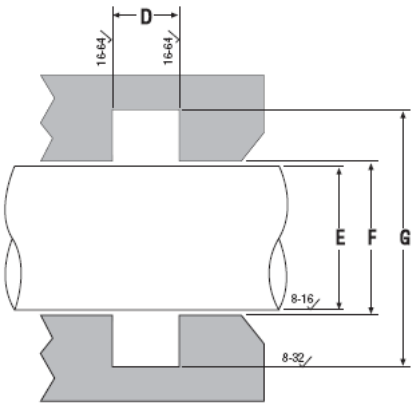
SEAL PROFILE INDEX

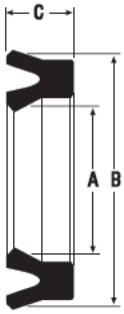
METRIC SEALS

Type	Prefix	Seal Cross Section	Seal Name	Material	Page #
U-TYPE PISTON SEALS	MPU		Style MPU Type Piston Seals	Urethane	164 - 165
WEAR RINGS	MGF		Style MGF Flexible Guide Bearings	Fabric Reinforced PTFE	166
	MGB		Style MGB Flexible Guide Bearings	Bronze Filled PTFE	167
ROD BUSH-ING	MDU		Style DU Rod Bushings	Bronze Lining PTFE/Lead Overlay Steel Backing	168 - 169
DUST SEAL	MDS		Style MDS Link Pin Dust Seals	Urethane Lip Steel Case	170
PISTON SEALS	MPS		Style MPS Two Piece Piston Seals	Carbon Graphite / PTFE Nitrile Energizer	171 - 172
	MPSU		Style MPSU Two Piece Piston Seals	Urethane Nitrile Energizer	173
	MCPS		Style MCPS Four Piece Piston Seals	PTFE Piston Seal Nitrile Energizer Nylon Back-up Rings	174
	MPSA		Style MPSA Five Piece Piston Seals	Nitrile Piston Seal Polyacetal Back-up Rings Polyacetal Bearings	175 - 176
	MPSB		Style MPSB Five Piece Piston Seals	Nitrile / Fabric Polyacetal Bearings	177
WIPERS	MCW		Style MCW Metal Clad Wipers	Urethane / Metal	178
	MCWA		Style MCWA Metal Clad Wipers	Urethane / Metal	179
	MCWI		Style MCWI Metal Clad Wipers	Urethane / Metal	180
	MCKBI		Style MCKBI Metal Clad Wipers	Urethane / Metal	181
	MCKB		Style MCKB Metal Clad Wipers	Nitrile / Metal	182
	MCWE		Style MCWE Metal Clad Wipers	Urethane / Metal	183
	MDK		Style MDK Snap-In Wipers	Nitrile	184
	MSW		Style MSW Snap-In Wipers	Urethane	185
	MSWE		Style MSWE Snap-In Wipers	Urethane	186
	MSWH		Style MSWH Snap-In Wipers	Urethane	187

STYLE MRU ROD U-SEALS

All measurements on this page are in millimeters unless otherwise specified.





HERCULES PART NUMBERS

MRU – 20 x 28 x 5.7

Style Prefix | I.D. | O.D. | Height

SEAL INFORMATION	
MATERIAL	94A URETHANE
TEMPERATURE RANGE	-30° TO +212° F
MAXIMUM PRESSURE	5,000 PSI
MAXIMUM VELOCITY	1 M/S

PART NUMBER	A NOM. I.D.	B NOM. O.D.	C NOM. HT.	D GROOVE WIDTH	E ROD DIA.	F THROAT DIA.	G HOUSING DIA.
MRU-16x26x7.7	16.0	26.0	7.7	8.7 +0.3/-0	16.00 -0.020/-0.053	16.00 +0.052/-0	26.00 +0.084/-0
MRU-20x28x5.7	20.0	28.0	5.7	6.7 +0.3/-0	20.00 -0.020/-0.053	20.00 +0.052/-0	28.00 +0.084/-0
MRU-20x30x8	20.0	30.0	8.0	9.0 +0.3/-0	20.00 -0.020/-0.053	20.00 +0.052/-0	30.00 +0.084/-0
MRU-25x33x5.7	25.0	33.0	5.7	6.7 +0.3/-0	25.00 -0.020/-0.053	25.00 +0.052/-0	33.00 +0.100/-0
MRU-25x35x8	25.0	35.0	8.0	9.0 +0.3/-0	25.00 -0.020/-0.053	25.00 +0.052/-0	35.00 +0.100/-0
MRU-28x38x7.3	28.0	38.0	7.3	8.3 +0.3/-0	28.00 -0.020/-0.053	28.00 +0.052/-0	38.00 +0.100/-0
MRU-30x40x7	30.0	40.0	7.0	8.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-30x40x7.3	30.0	40.0	7.3	8.3 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-30x40x8	30.0	40.0	8.0	9.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-30x40x10	30.0	40.0	10.0	11.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-30x43x10	30.0	43.0	10.0	11.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-30x46x9	30.0	46.0	9.0	10.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	46.00 +0.100/-0
MRU-30x50x10	30.0	50.0	10.0	11.0 +0.3/-0	30.00 -0.020/-0.053	30.00 +0.052/-0	50.00 +0.100/-0
MRU-32x40x6	32.0	40.0	6.0	7.0 +0.3/-0	32.00 -0.025/-0.064	32.00 +0.062/-0	40.00 +0.100/-0
MRU-32x42x6	32.0	42.0	6.0	7.0 +0.3/-0	32.00 -0.025/-0.064	32.00 +0.062/-0	42.00 +0.100/-0
MRU-32x42x10	32.0	42.0	10.0	11.0 +0.3/-0	32.00 -0.025/-0.064	32.00 +0.062/-0	42.00 +0.100/-0
MRU35x51x9	35.0	51.0	9.0	10.0 +0.3/-0	35.00 -0.025/-0.064	35.00 +0.062/-0	51.00 +0.100/-0
MRU-36x46x10	36.0	46.0	10.0	11.0 +0.3/-0	36.00 -0.025/-0.064	36.00 +0.062/-0	46.00 +0.100/-0
MRU-40x48x5	40.0	48.0	5.0	6.0 +0.3/-0	40.00 -0.025/-0.064	40.00 +0.062/-0	48.00 +0.100/-0
MRU-40x50x7	40.0	50.0	7.0	8.0 +0.3/-0	40.00 -0.025/-0.064	40.00 +0.062/-0	50.00 +0.100/-0
MRU40x50x7.3	40.0	50.0	7.3	8.3 +0.3/-0	40.00 -0.025/-0.064	40.00 +0.062/-0	50.00 +0.100/-0
MRU-40x55x9	40.0	55.0	9.0	10.0 +0.3/-0	40.00 -0.025/-0.064	40.00 +0.062/-0	55.00 +0.120/-0
MRU-40x60x12	40.0	60.0	12.0	13.0 +0.3/-0	40.00 -0.025/-0.064	40.00 +0.062/-0	60.00 +0.120/-0
MRU-42x52x7.3	42.0	52.0	7.3	8.3 +0.3/-0	42.00 -0.025/-0.064	42.00 +0.062/-0	52.00 +0.120/-0
MRU-45x55x7.3	45.0	55.0	7.3	8.3 +0.3/-0	45.00 -0.025/-0.064	45.00 +0.062/-0	55.00 +0.120/-0
MRU-45x60x9	45.0	60.0	9.0	10.0 +0.3/-0	45.00 -0.025/-0.064	45.00 +0.062/-0	60.00 +0.120/-0
MRU-45x65x12	45.0	65.0	12.0	13.0 +0.3/-0	45.00 -0.025/-0.064	45.00 +0.062/-0	65.00 +0.120/-0
MRU-50x60x7.3	50.0	60.0	7.3	8.3 +0.3/-0	50.00 -0.025/-0.064	50.00 +0.062/-0	60.00 +0.120/-0
MRU-50x63x8	50.0	63.0	8.0	9.0 +0.3/-0	50.00 -0.025/-0.064	50.00 +0.062/-0	63.00 +0.120/-0
MRU-50x63x10	50.0	63.0	10.0	11.0 +0.3/-0	50.00 -0.025/-0.064	50.00 +0.062/-0	63.00 +0.120/-0
MRU-50x65x9	50.0	65.0	9.0	10.0 +0.3/-0	50.00 -0.025/-0.064	50.00 +0.062/-0	65.00 +0.120/-0
MRU-50x70x12	50.0	70.0	12.0	13.0 +0.3/-0	50.00 -0.025/-0.064	50.00 +0.062/-0	70.00 +0.120/-0
MRU-55x68x10	55.0	68.0	10.0	11.0 +0.3/-0	55.00 -0.030/-0.076	55.00 +0.074/-0	68.00 +0.120/-0
MRU-55x70x9	55.0	70.0	9.0	10.0 +0.3/-0	55.00 -0.030/-0.076	55.00 +0.074/-0	70.00 +0.120/-0
MRU-55x75x12	55.0	75.0	12.0	13.0 +0.3/-0	55.00 -0.030/-0.076	55.00 +0.074/-0	75.00 +0.120/-0

ANEXO L
Especificaciones generales de los componentes internos de la cabina.

MONITOR ACER AL1916WDS 19"

Monitor TFT de 19", pantalla ancha, resolución 1440x900, brillo 300 cd/m2, contraste 2000:1, tiempo de respuesta 5 ms. Precio: 139,00€

Características MONITOR ACER AL1916WDS 19"

• General
- Tipo de pantalla - Display de pantalla plana / matriz activa TFT- Tecnología TFT - TN
- Anchura - 44.9 cm
- Profundidad - 18.2 cm
- Altura - 37.7 cm
- Peso – 5.5 kg
- Color incluido - Negro, plata

• Display
- Tamaño en diagonal - 19" - pantalla ancha
- Resolución máxima - 1440 x 900
- Soporte color - Up to 16.2 million colors
- Velocidad sincronización máx. (V x H) - 76 Hz x 80 kHz

- Tiempo de respuesta - 5 ms
- Controles/Ajustes - Brillo, contraste posición H/V, temperatura de color, reloj
- Ajustes de posiciones de la pantalla - Plataforma giratoria, inclinación
- Entrada de señal – VGA

• Imagen
- Brillo de imagen - 300 cd/m2
- Coeficiente de contraste de imagen - 2000:1
- Máx. Ángulo de vista H imagen – 150
- Máx. Ángulo de vista máx. V imagen – 135

• Expansión / Conectividad
- Interfaces - 1 x VGA - HD D-Sub de 15 espigas (HD-15)

• Diverso
- Características - Ranura de bloqueo de seguridad (bloqueo de cable de venta por separado)
- Cumplimiento de normas - Plug and Play, TCO '03, certificado FCC Clase B , CE, UL, TUV GS, VCCI, C-Tick, BSMI, ISO 9241-3, ISO 9241-8, ISO 9241-7, cUL, DDC-1, DDC-2B, ISO 13406-2, WHQL

• Alimentación
- Factor de forma – Interna
- Voltaje necesario - CA 120/230 V (50/60 Hz)
- Consumo eléctrico en funcionamiento - 50 vatios
- Consumo eléctrico en modo de espera / reposo - 2 vatios

Especificaciones MONITOR ACER AL1916WDS 19"
Cod. Producto: 10432103
Ref. Fabricante: ET.C16WE.D01

CH FLIGHT SIM YOKE USB

Control de potencia, de pasos de hélice y mezcla de combustible ó cada palanca puede configurarse para controlar hasta 3 motores de manera individual.

- Switch para la extensión y retracción de Flaps
- Switch para la extensión y retracción de Tren de Aterrizaje
- Control de Trim (compensador) Up & Down
- 8 Botones y Switches adicionales para cualquier función del flight simulator de microsoft, Propilot de Sierra, Flight unlimited, Airline Simulator, X-plane y prácticamente cualquier software de simulación de vuelo para P.C. y mac.
- Partes internas de Metal de Alta Duración
- Control Ergonómico.
- Más de 18 funciones programables (olvidate del teclado)
- Pensado en aviones Jets de cualquier tamaño y aviones turboprop. 2 años de Garantía.

El Mejor control para simuladores de vuelo por precio y calidad, el CH Flght Sim Yoke USB permitirá controlar el movimiento de alerones y elevadores tal como el avión real, tiene control de potencia, paso y mezcla, compensador, flaps, tren, freno, timón (engarzado al alerón o independiente con pedales) control de vistas, compensador de timón y más de 18

funciones programables desde diversos botones. 2 años de garantía con soporte y servicio en México.

CH THROTTLE QUADRANT USB

Consola de potencia, con varias configuraciones posibles
Multimotor (controla hasta 4 de forma independiente)
Bimotor Prop (con control de paso y mezcla)
6 Switches para programar 12 funciones adicionales
Partes internas de Metal de Alta Duración
Control Ergonómico.
Personalizable para Jets de cualquier tamaño y aviones turboprop.
2 años de Garantía.
100% Compatible con los el fligth ch flight sim yoke usb y con pedals usb
Compatible con Windows 95/98/2000/XP/ ME, Vista y Mac O.S.
Esta consola incluye un software de calibración propio por lo que es compatible con cualquier simulador de vuelo civil o militar.

CH PEDALS USB

Características:

Se conecta a una entrada USB

Dos ejes de Movimiento (Guiñada y Freno)

Diseño Fuerte:

Basado en plástico de alta resistencia y partes internas de metal

Cable de 3.5 mts de largo.

Base estable acomodable a cualquier superficie.

Dos años de Garantía

Compatible con todos los programas de Simulación de vuelo.

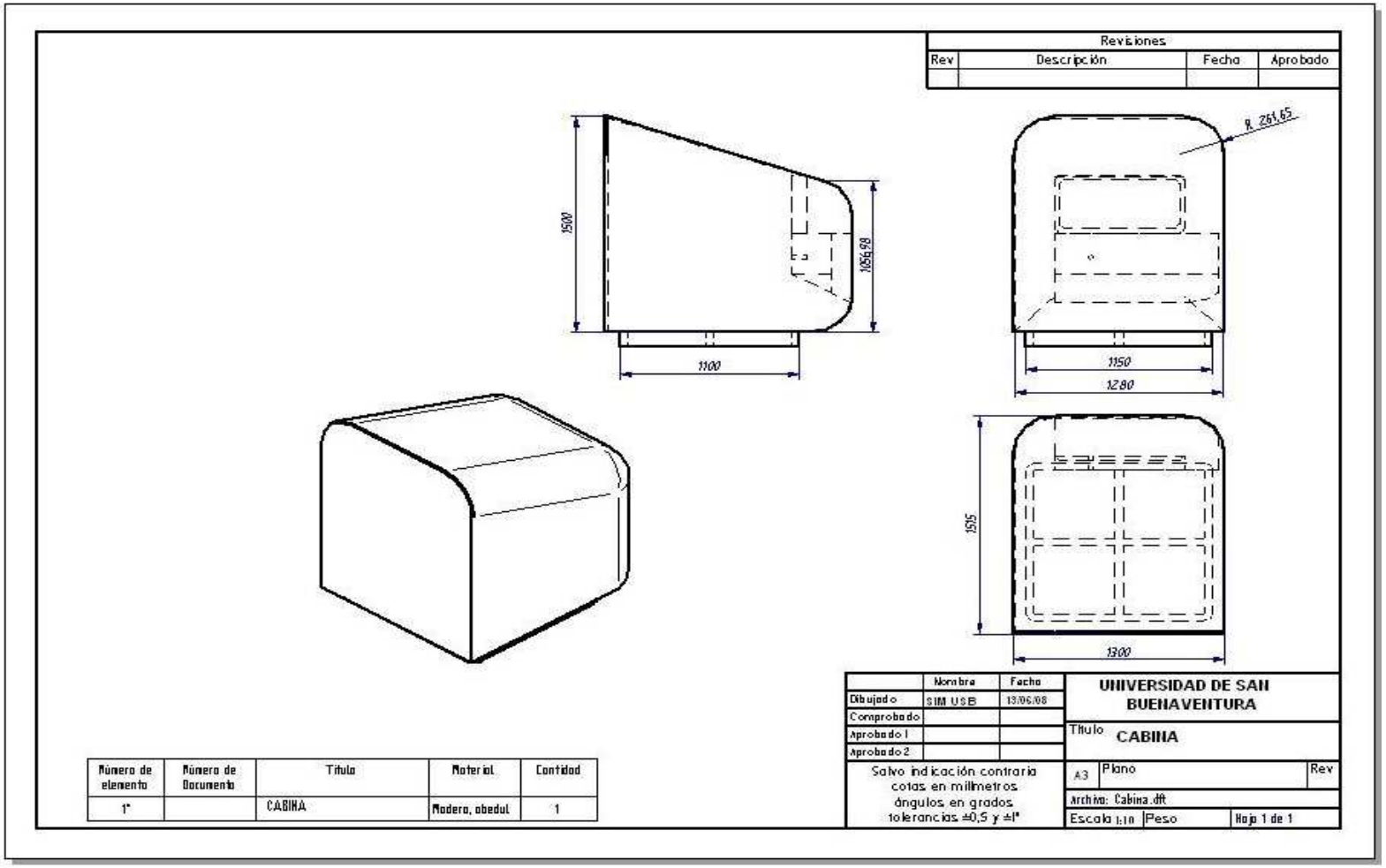
El complemento perfecto del Flight Sim Yoke USB, con estos pedales se controla el timón de dirección de tu aeronave, el movimiento de guiñada y cada pedal tiene freno diferencial para que frene el neumático izquierdo o derecho de tu aeronave de manera independiente.

2 años de garantía con soporte y servicio en México.

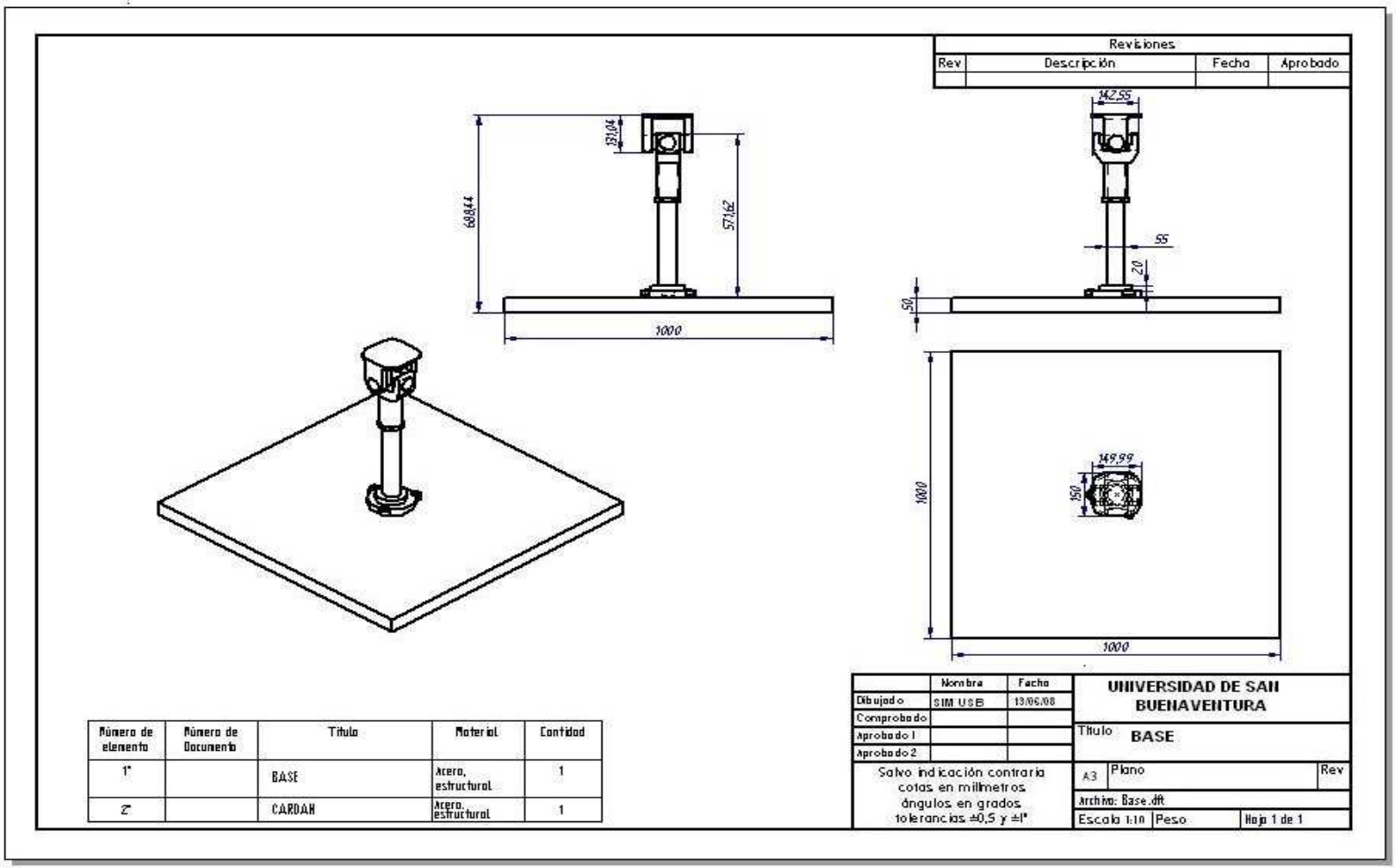
Compatible con Windows 95/98/2000 /XP/ ME Vista y Mac O.S.

ANEXO M
Planos de los componentes de cabina

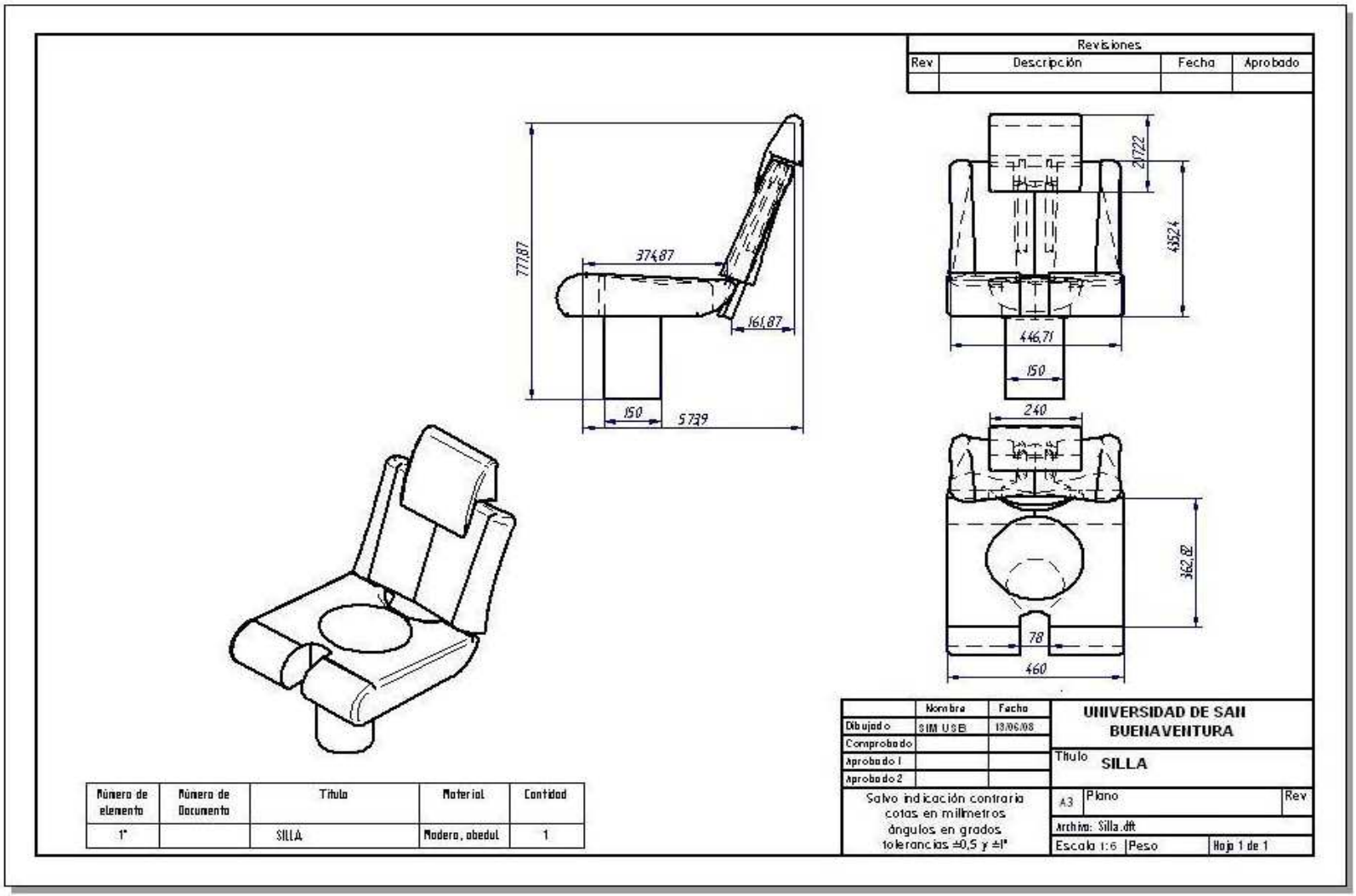
Plano de la cabina



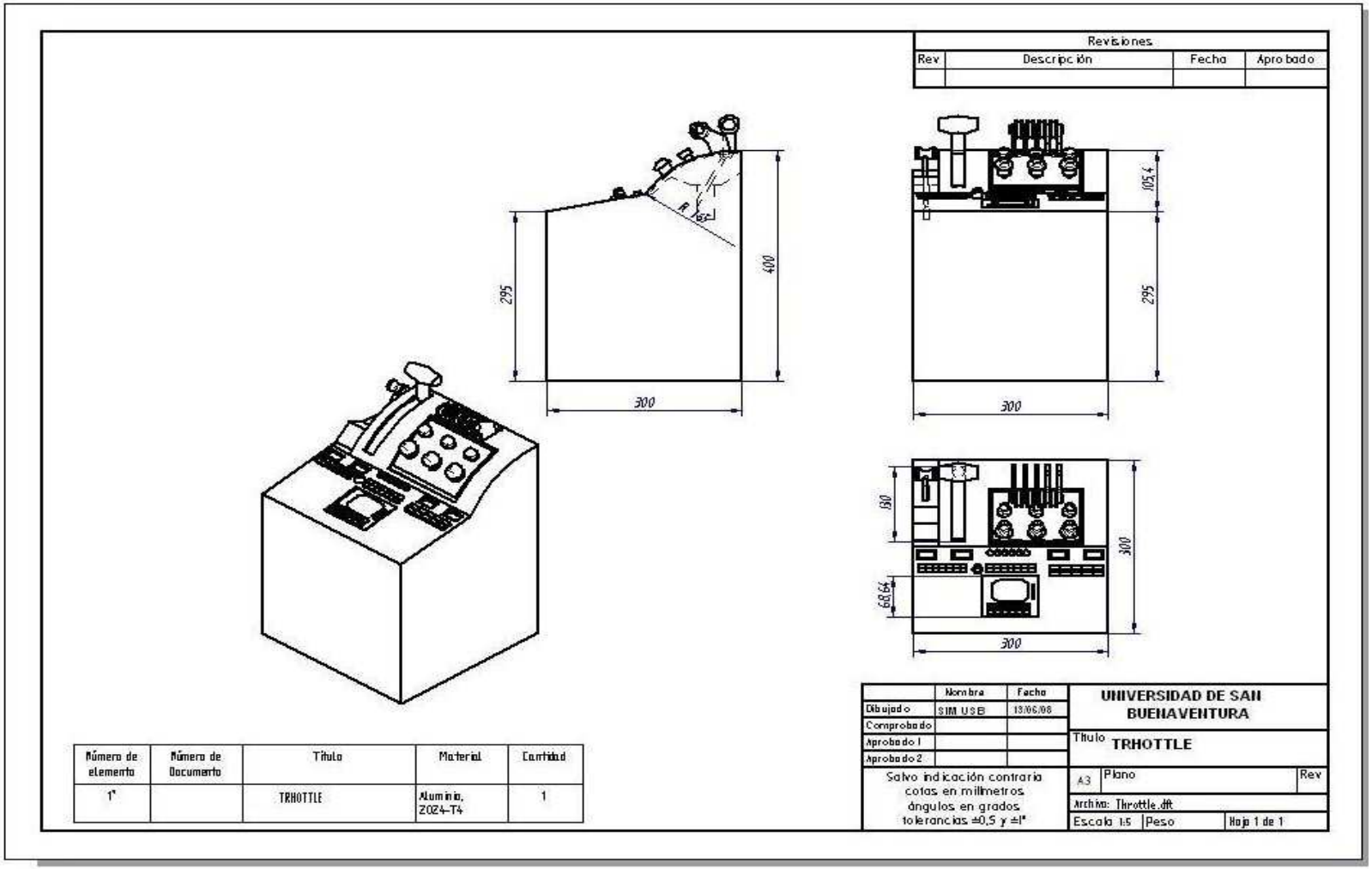
Base y junta cardanica



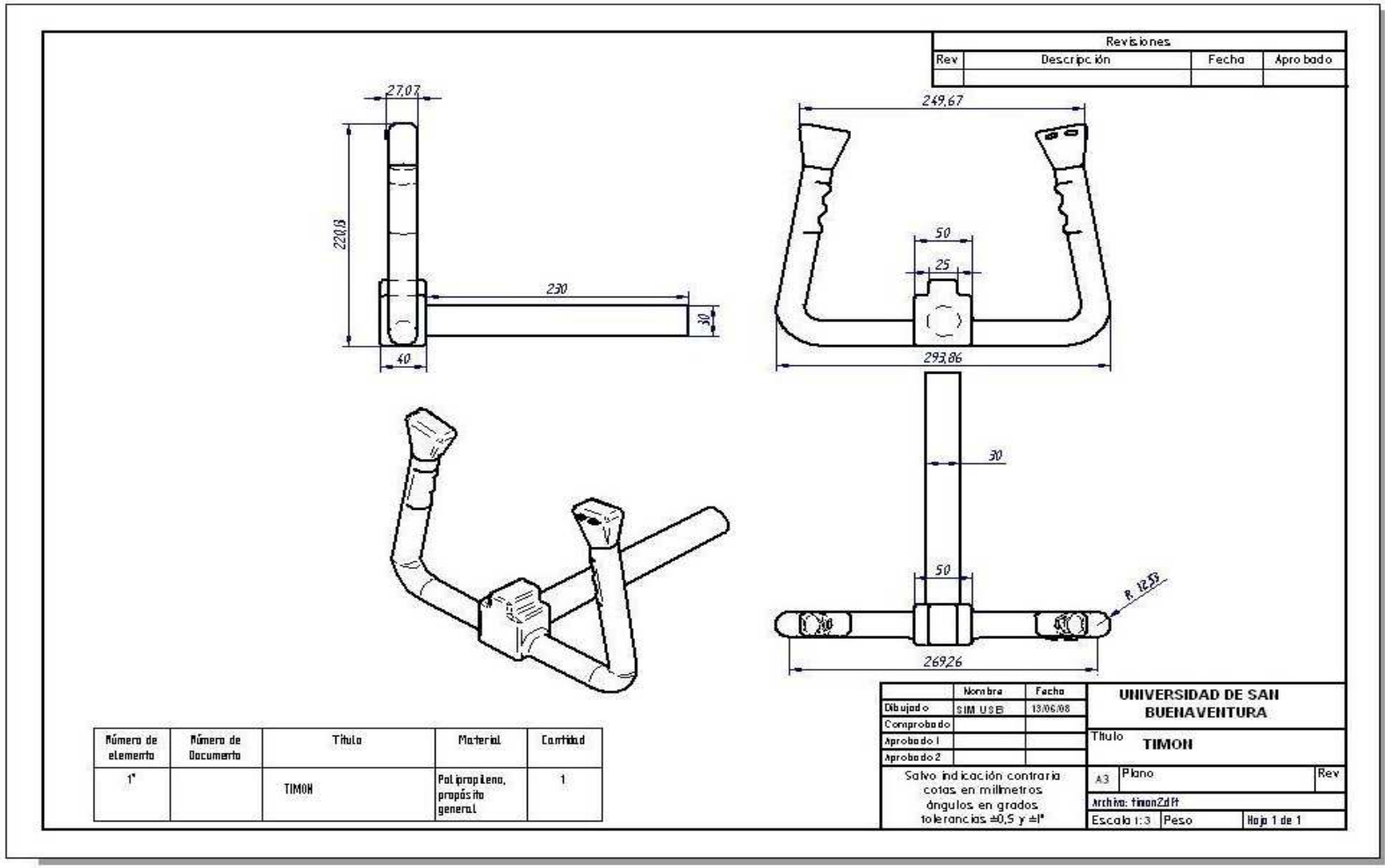
Plano silla


Revisiones
Rev
Descripción
Fecha
Aprobado
777,87
374,87
161,87
150
573,9
217,22
435,24
446,71
150
240
362,82
78
460
Número de elemento
Número de Documento
Título
Material
Cantidad
1°
SILLA
Madera, obeduL
1
Nombre
Fecha
Dibujado
SIM USB
13/06/08
Comprobado
Aprobado 1
Aprobado 2
Salvo indicación contraria
cotas en milímetros
ángulos en grados
tolerancias ±0,5 y ±1°
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
Título
SILLA
A3
Plano
Rev
Archivo: Silla.dft
Escala 1:6
Peso
Hoja 1 de 1

Plano consola de potencia



Plano timón


Revisiones
Rev
Descripción
Fecha
Aprobado
27,07
220,13
230
30
40
249,67
50
25
293,86
30
50
R 12,53
269,26
Número de elemento
Número de Documento
Título
Material
Cantidad
1*
TIMON
Polipropileno, propósito general
1
Nombre
Fecha
Dibujado
SIM USB
13/06/08
Comprobado
Aprobado 1
Aprobado 2
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
Título
TIMON
A3
Plano
Rev
Archivo: timonZd.ft
Escala 1:3
Peso
Hoja 1 de 1