

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA PRUEBAS DE UN
ACTUADOR ELECTRO HIDRAULICO MECANICO DEL AFCS (Automatic Flight
Control System) DEL HELICÓPTERO UH-60 BLACK HAWCK**

Yudy Andrea Monje Gordo
Cristhian Andrés Serna Loaiza

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2007

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA PRUEBAS DE UN
ACTUADOR ELECTRO HIDRAULICO MECANICO DEL AFCS (Automatic Flight
Control System) DEL HELICÓPTERO UH-60 BLACK HAWCK**

Yudy Andrea Monje Gordo
Cristhian Andrés Serna Loaiza

Trabajo de grado presentado como requisito
para obtener el titulo como Ingeniero Electrónico.

Director:
Ing. AGUSTIN SOTO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA
2007

NOTA DE ACEPTACION

Director Tesis

Primer jurado

Segundo Jurado

A Dios por ser mi guía y consejero en cada obstáculo que encontré en el camino, y por darme la sabiduría necesaria para finalizar con éxitos mi carrera y para desarrollar este valioso proyecto.

A mis padres por su incondicional apoyo moral en todas las situaciones de tristeza y felicidad durante mi carrera, por que siempre estuvieron a mi lado brindándome fuerza y animo en cada uno de los momentos de derrota o frustración. Y a mis hermanos por su paciencia y comprensión. A ellos mil bendiciones y agradecimientos.

A Oscar por su apoyo y comprensión en cada una de las dificultades que se presentaron al final del camino, porque siempre creyó en mí y me dio las fuerzas para seguir. Gracias por estar en los momentos que mas te necesite y por nunca decirme no en cualquier necesidad o ayuda que te pudiera pedir. A ti mil veces gracias y que Dios te bendiga por siempre.

A mi amigo y compañero de tesis Cristhian Andrés Serna por aguantar mis rabietas y trabajar conmigo con mucho sacrificio hasta el ultimo momento.

A todos mis compañeros y profesores de quienes me llevo gratos recuerdos y quienes aportaron sabios conocimientos y consejos a mi vida. A mi amiga Leidy Rondon por estar conmigo en momentos tristes de mi vida en los cuales más necesite de su consejo y compañía.

A todos ellos muchas pero muchas gracias, los llevare siempre en mi corazón y nunca los olvidare.

Yudy Andrea Monje.

A Dios por acompañar cada uno de mis pasos a través de este camino incierto que es la vida diaria.

A mis padres por el amor y comprensión durante todo este tiempo, por el apoyo que día a día me brindaron y llevaron a tomar fuerzas para seguir adelante. Por estar siempre conmigo en los momentos difíciles y hacerlos mas llevaderos. Por seguirme la corriente cuando decidí estudiar esta locura de carrera, y que nunca dudaron que algún la culminaría con éxito. Gracias mil gracias los Amo.

A mis Hermanos Angie y Oscar, por apoyarme en todo lo que me propuse.

A Martha, una persona especial en mi vida, con la que compartí muchos momentos felices y que estuvo siempre conmigo en los momentos en que casi desfallecí me diste fuerzas para seguir. Por ser la persona mas especial que se ha acercado a mi vida transformaste mi forma de vivir, te dedico este logro porque también es tuyo.

A una gran persona, la mejor compañera de tesis que podía tener, Andrea eres una mujer muy especial, con carácter y tesón para alcanzar las metas que te propones, esa es tu mejor virtud. Gracias por compartir conmigo este camino y espero me perdones todos los malos momentos.

A mi gran grupo de amigos, han sido los mejores que he tenido durante toda mi vida, son las mejores personas con las que alguien puede contar y siempre los voy a llevar en mi corazón, Diego, Nano, Mono, Wilder, Tuty, son los mejores.

A todos los compañeros que he tenido en el camino, de todos he aprendido mucho, si no los hubiera conocido no hubiese sido igual.

Cristhian Andrés Serna Loaiza

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Rotor System por facilitarnos los medios y disponer a nuestro servicio sus laboratorios e implementos, para desarrollar este proyecto de grado.

Al Técnico Primero de la Fuerza Aérea de Colombia Oscar Belalcazar López, por su gran apoyo, incondicional trabajo y completa colaboración, transmitiéndonos todos sus valiosos conocimientos sobre los Black Hawk, y permitiéndonos llevar a cabo nuestras pruebas finales en la Base Aérea de Rionegro, Antioquia.

A la Fuerza Aérea Colombiana por permitirnos el ingreso a su zona de operación y por facilitarnos el actuador Pitch Trim objetivo del proyecto.

A la Universidad Surcolombiana por acogernos durante esta etapa de nuestra vida, y por darnos las oportunidad de ser egresados de esta importante alma mater.

A nuestros profesores por brindarnos su conocimiento y sabiduría

CONTENIDO

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	18
2	MARCO TEÓRICO	20
2.1	DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PITCH TRIM CTUATOR ASSEMBLY	20
2.1.1.	TRIM básico	20
2.1.1.1.	Potenciómetros internos del TRIM básico	23
2.1.2.	SAS Assembly	24
2.1.2.1.	Funcionamiento del servo-válvula de SAS	24
2.1.2.2.	Actuator SAS	25
2.1.3.	BOSST Actuator	25
2.1.3.1.	Funcionamiento del BOOST	25
2.1.4.	Sistema de alimentación hidráulica del Pitch Trim Assembly	25
2.2.	INTERFAZ DE COMUNICACIÓN POR PUERTO USB	27
2.2.1.	Topología	27
2.2.2.	Funcionamiento	28
2.2.3.	Cable y conectores	29
2.3.	SISTEMA SENSORIAL	30
2.4.	MICROCONTROLADOR PIC 18F2550	31
2.4.1.	Características	32
2.4.2.	Módulo Universal Serial Bus (USB)	32
2.4.2.1.	Registros principales	32
2.4.3.	Módulo del convertor Análogo Digital (ADC)	36
2.4.3.1.	Registros principales	36
2.4.3.2.	Voltaje de referencia análogo	38
2.4.3.3.	Requerimientos de adquisición A/D	38
2.4.3.4.	Configuración y selección del tiempo de adquisición	38
2.4.3.5.	Selección del reloj del convertor A/D	38
2.4.3.6.	Configuración de una conversión AD	39
2.4.4.	Módulo Timer 0	40
2.4.4.1.	Registros principales	41
2.4.5.	Módulo Timer 1	42
2.4.5.1.	Registros principales	42
2.5.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	43

2.6.	NACIONAL INSTRUMENT LABVIEW	44
2.6.1.	Que es LABVIEW?	44
2.6.2.	Aplicaciones del LABVIEW	44
2.6.3.	Programación gráfica con LABVIEW	44
2.6.4.	Diseño de la interfaz de usuario a partir del código	44
3	DISEÑO DE HARDWARE	46
3.1.	GENERALIDADES	46
3.2.	MÓDULO DE ALIMENTACIÓN	47
3.2.1.	Circuito de 28Vdc 5 Amp	47
3.2.2.	Circuito de +/- 15Vdc	48
3.2.3.	Circuito de 5Vdc	48
3.3.	MÓDULO DE CONEXIÓN AL PITCH TRIM ACTUATOR	48
3.4.	MÓDULO DE CONEXIÓN DE LAS ELECTRO VÁLVULAS	50
3.5.	MÓDULO DEL SISTEMA DE CONTROL	50
3.6.	MÓDULO DEL FIRMWARE	53
3.7.	MÓDULO DEL SISTEMA SENSORIAL	57
3.7.1.	Sensor de desplazamiento	57
3.7.2.	Stick position y Trim position	58
3.8.	MÓDULO DE CONEXIÓN USB	59
3.8.1.	Conexión de USB a LABVIEW	63
4	DISEÑO DE SOFTWARE	65
4.1.	INTERFÁZ GRÁFICA PARA SAS ACTUATOR	65
4.2.	INTERFÁZ GRÁFICA PARA TRIM ACTUATOR	66
5	CONCLUSIONES	68
5.1.	MEJORAS AL PROYECTO	69

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTADO DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Ubicación del Pitch Trim Actuator Assembly en el Helicóptero.
- FIGURA 2.** Actitud de cabeceo del Helicóptero sobre el eje longitudinal.
- FIGURA 3.** Subconjuntos del Pitch Trim Actuator Assembly.
- FIGURA 4.** Lado 1 de los componentes principales del Trim Básico.
- FIGURA 5.** Lado 2 de los componentes principales del Trim Básico.
- FIGURA 6.** Esquema operacional del Pitch Trim Assembly.
- FIGURA 7.** Bastón Cíclico y ubicación en la cabina.
- FIGURA 8.** Diagrama de bloques de las señales eléctricas hacia el SAS Assembly
- FIGURA 9.** Diagrama eléctrico de la servo-válvula SAS.
- FIGURA 10.** Esquema para el actuador BOSST.
- FIGURA 11.** Conexión del módulo asistencia del piloto al Pitch Trim.
- FIGURA 12.** Modulo asistencia y válvulas Shut Off.
- FIGURA 13.** Tipo de conectores.
- FIGURA 14.** Sensor de desplazamiento.
- FIGURA 15.** Diagrama de bloques del módulo USB
- FIGURA 16.** Diagrama de bloques A/D.
- FIGURA 17.** Diagrama de bloques Timer0.
- FIGURA 18.** Diagrama de bloques Timer1.
- FIGURA 19.** Fuentes de 28V y triple.
- FIGURA 20.** Panel frontal LabView.
- FIGURA 21.** Esquema general del conjunto de prueba de fallas.

FIGURA 22. Diagrama de bloques del sistema interno del banco de pruebas.

FIGURA 23. Módulo de asistencia del piloto.

FIGURA 24. Conector Trim.

FIGURA 25. Conector SAS.

FIGURA 26. Conector Shut Off.

FIGURA 27. Esquema circuital control.

FIGURA 28. Diagrama de flujo programa PIC.

FIGURA 29. Conexiones PIC.

FIGURA 30. Esquema circuital acople señales sensoriales.

FIGURA 31. Escritura de datos del Host.

FIGURA 32. Lectura de datos desde es Host.

FIGURA 33. Panel frontal módulo SAS en LabView.

FIGURA 34. Panel frontal módulo Trim en LabView.

FIGURA 35. Conexión entre el Actuador, Banco y PC.

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. Pinout y colores de identificación del cable USB. Pg 24

TABLA 2. T_{AD} Vs Frecuencia de operación del dispositivo. Pg 34

TABLA 3. Valores aproximados del actuador SAS. Pg 46

TABLA 4. Valores aproximados del amplificador hidráulico del trim básico Pg 46

GLOSARIO

ACTUADOR: Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado

BIT: es el [acrónimo](#) de *Binary digit*. (dígito binario). Un bit es un dígito del [sistema de numeración binario](#).

CONCENTRADOR: Es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una [red](#). También conocido con el nombre de *hub*.

CONVERTIDOR A/D: En la automatización e instrumentación industrial, se producen señales analógicas que varían constantemente, con variaciones que pueden ser muy rápidas o lentas.

Estas señales no son fáciles de tratar, como sumar almacenar, comparar etc. Por lo que se recurre a estos dispositivos en circuito integrado.

EJE LONGITUDINAL: Línea recta que se recorre longitudinalmente.

EXTENDER: Aumentar la superficie de una cosa.

FIRMWARE: Programación en firme. Programa que es grabado en una memoria [ROM](#) y establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo. Se considera parte del [hardware](#) por estar integrado en la electrónica del dispositivo, pero también es software, pues proporciona la lógica y está programado por algún tipo de [lenguaje de programación](#). El firmware recibe órdenes externas y responde operando el dispositivo.

FLUIDO: Se dice de los cuerpos cuyas moléculas tienen poca coherencia y toman la forma del recipiente que los contiene como los líquidos y gases

HARDWARE: Es el sustrato físico en el cual existe el software. El hardware abarca todas las piezas físicas.

HOST: Utilizado a veces como sinónimo de mainframe, en realidad identifica al ordenador central en un sistema informático complejo.

INTERFAZ: La interfaz de usuario (IU) es uno de los componentes más importantes de cualquier sistema computacional, pues funciona como el vínculo entre el humano y la máquina. La interfaz de usuario es un conjunto de protocolos y técnicas para el intercambio de información entre una aplicación

LEVA: Es un elemento que impulsa, por contacto directo, a otro elemento denominado seguidor de forma que este último realice un movimiento alternativo

concreto. También es cualquier dispositivo que, en una máquina, permite transformar un movimiento de rotación en un movimiento repetitivo lineal o alternativo a una segunda pieza denominada pulsador. Las levas se emplean, por ejemplo, para abrir y cerrar las válvulas de un motor siguiendo una secuencia determinada relacionada con el giro del eje llamado por ello “árbol de levas”.

NRZI: Método de almacenamiento de datos en el cual un bit (dígito binario) 0 es representado por una señal de cambio y un bit 1 es representado sin cambio

PIC: (Programmable Interrupt Controller) Controlador de Interrupciones Programable, se encarga de la comunicación entre los periféricos y el procesador

PINOUT: Es un término anglosajón que, en traducción libre, significa patillaje, o más correctamente asignación de patillaje. Es usado en [electrónica](#) para determinar la función de cada pin en un circuito integrado, o bien en un dispositivo electrónico discreto.

PISTON: Pieza metálica deslizante que se encuentra dentro del cilindro y que se acciona mediante la presión hidráulica, mecánica o de los gases de combustión.

PRESURIZAR: .Mantener la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independientemente de la presión exterior.

PROTOCOLO: Descripción formal de formatos de mensaje y de reglas que dos ordenadores deben seguir para intercambiar dichos mensajes. Un protocolo puede describir detalles de bajo nivel de las interfaces máquina-a-máquina o intercambios de alto nivel entre programas de asignación de recursos.

REGISTRO: Conjunto de informaciones relacionadas entre sí que constituyen la unidad de tratamiento lógico de ficheros o memoria.

RETRAER: Llevar hacia dentro o hacia atrás, ocultar o apartar:

SINCRONO: Que tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento. Son procesos síncronos los que dependen de un acontecimiento externo que los dispara.

T_{AD} : Tiempo de conversión del convertidor A/D por bit.

TOKEN: En [programación](#), un elemento individual en un [lenguaje de programación](#). Es un bloque de texto categorizado. Por ejemplo una marca de puntuación, un operador, un identificador, un número, etc.

TOKEN RING: Es un protocolo para redes de área local de IBM. En síntesis consiste en la presencia de un testigo (token) que circula a través de la red. Cuando una estación o nodo desea transmitir, debe esperar al paso del testigo en condiciones de transportar la información.

USB: Son las siglas de Universal Serial Bus. En ordenadores, un **bus** es un subsistema que transfiere datos o electricidad entre componentes del ordenador dentro de un ordenador o entre ordenadores. Un bus puede conectar varios periféricos utilizando el mismo conjunto de cables.

INTRODUCCION

Los sistemas de prueba son herramientas imprescindibles en el campo de la aeronáutica, debido a que el comportamiento complejo de las aeronaves en vuelo debe ser muy bien calculado en tierra para determinar cualquier tipo de falla, de ahí la necesidad de encontrar medios para desarrollar tecnología que mejore los sistemas de detección de fallas de los dispositivos dispuestos en las aeronaves.

Este avance de la tecnología hace que los sistemas de prueba deban estar en constante renovación para no estar desactualizados, ya que el permanente cambio en el campo aeronáutico hace necesaria las mejoras de estos sistemas; debido a esto, y a la necesidad nuestra de elaborar un proyecto para optar por el título de Ingeniero Electrónico, optamos por abordar este campo tan poco explorado en nuestra universidad, y gracias al apoyo de grandes personas lograr consolidar un estudio investigativo que conllevara al desarrollo de un sistema de pruebas para el **Actuador Electro-Hidráulico-Mecánico del AFSC del Helicóptero UH 60 Black Hawk**.

Esta investigación se basó en los manuales que se encontraron acerca de aeronáutica en la red, además de la experiencia invaluable de personal que ha tenido contacto directo en este campo de acción y nos transmitieron toda su experiencia para lograr un entendimiento total de los sistemas que involucran el control de vuelo de una aeronave, tales como los ángulos de elevación, sus diferentes ejes de acción, y señales eléctricas, que cada una independiente y conjuntamente hacen que la aeronave funcione de la manera mas adecuada.

Estas señales que se aplican en vuelo real, serán simuladas de manera puntual por medio del sistema que se desarrolla, el cual presentara a los diferentes dispositivos involucrados en el **Actuados E-H-M del AFSC** las señales que se le aplicarían en condiciones de vuelo real, pudiendo obtener valores precisos de las condiciones de funcionamiento de tales dispositivos, ya que se cuenta con parámetros de control que se deben de cumplir. Si estos estándares no se cumplen, estos dispositivos deben ser enviados a un nivel más alto de mantenimiento.

RESUMEN

El Sistema de prueba para el servo actuador electro hidráulico mecánico PITCH TRIM, se ha diseñado con el fin de simular en tierra las señales provistas por la computadora de vuelo en el helicóptero. De esta manera, el mantenimiento avanzado que se aplica a este tipo de dispositivos se practica con mayor eficiencia, permitiendo que los operadores tengan un panorama más amplio del estado del actuador, y así tomar decisiones más acertadas.

El Pitch Trim Actuator Assembly esta conformado por tres subconjuntos conocidos como; SAS Actuador, Trim Básico y Boost Actuador.

El Trim permite la ejecución de movimientos de cabeceo del helicóptero sobre el eje longitudinal en el ángulo de pitch. Y el SAS realiza correcciones pequeñas de amortiguación al movimiento para aumentar la estabilidad.

El proyecto está conformado por la parte circuital conocido como Hardware junto con la adquisición de la información externa, y por la interfaz gráfica de control llamada Software.

El actuador requiere que el banco de prueba esté provisto de un sistema de variación de corriente con un rango del orden de los mA, desde valores positivos a negativos. Esto con el fin de desplazar dos pistones full extendido y full retraído, que se alojan en los actuadores SAS y Boost, y que en el helicóptero realizan la función de transformar la fuerza de una presión hidráulica en fuerza mecánica, para mover los rotores de la aeronave en la ejecución de cabeceo o ángulo de *pitch*.

El pistón del SAS se desplaza a una determinada posición según el nivel de la corriente, y el pistón del Boost se mueve a una velocidad constante con un valor fijo de corriente.

El banco de prueba debe estar en condiciones para dar al operador una visión amplia de la ejecución del actuador, para ello se emplea un sensor de desplazamiento lineal de resolución infinita, que suministra una señal en voltaje, la cual es introducida al microcontrolador que la procesa y la adecua para luego enviarse a la interfaz del usuario donde se analiza y se presenta al operador.

El actuador SAS se compone de dos bobinas que actúan independientemente o en paralelo. El Trim Básico inyecta la corriente a través de un amplificador hidráulico, y tiene dos elementos que informan a la computadora de vuelo el estado del bastón cíclico presente en la cabina del piloto y la posición de dos pistones internos del Trim Básico. El Stick position se encarga del bastón cíclico, el cual deberá estar acorde a la señal de movimiento del sensor de desplazamiento. El Trim position informa la posición de los pistones del Trim,

efecto de la señal de corriente inyectada a un amplificador hidráulico del Trim Básico.

La interfaz del usuario realizada en el software de programación gráfica de National Instruments LABVIEW, recibe las señales procesadas en el microcontrolador del Hardware y el resto de circuitería interna, que describen el estado del actuador, como lo son la impedancia, el voltaje y la corriente de las electro-válvulas, el tiempo de ejecución del movimiento de los pistones y las señales sensoriales.

Con toda esta información se presenta al usuario una descripción detallada del proceso de ejecución del actuador, sus posibles fallas y puntos exactos de mal funcionamiento. Los datos son mostrados gráfica y numéricamente de tal manera que exista una valoración exacta del estado del dispositivo y una reparación eficiente a partir del análisis realizado.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto del diseño e implementación de un dispositivo para pruebas del actuador PITCH TRIM ASSEMBLY, que hace parte del Sistema de Control de Vuelo Automático (AFCS) de los helicópteros Black Hawk, se ha desarrollado con el fin de detectar fallas y verificar el correcto funcionamiento del actuador en vuelo.

De acuerdo a las estadísticas de reportes de fallas presentadas, muchas de ellas son causadas por el actuador Pitch Trim, retrasando las misiones de los helicópteros y tomando un largo tiempo para corregirlas. Estos problemas ocurren debido a que no se cuenta con sistemas computarizados y tecnificados, que sean capaces de suministrar un reporte total y detallado del estado de los dispositivos.

El actuador Pitch Trim es uno de los componentes fundamentales del Sistema de Control de Vuelo Automático (AFCS) y está ubicado en la plataforma hidráulica de la aeronave (Figura 1). Su función es mantener la actitud de cabeceo del helicóptero sobre el eje longitudinal (Figura 2), lo cual consiste en fijar un ángulo ideal de la nariz del helicóptero y hacer pequeñas correcciones en vuelo, de acuerdo a las señales eléctricas que recibe la computadora desde diferentes dispositivos sensoriales o desde los controles de vuelo del piloto.

Figura 1. Ubicación del PITCH TRIM ACTUATOR ASSEMBLY en el helicóptero.

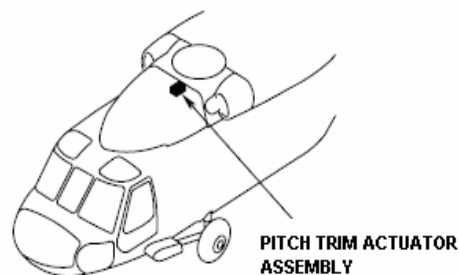
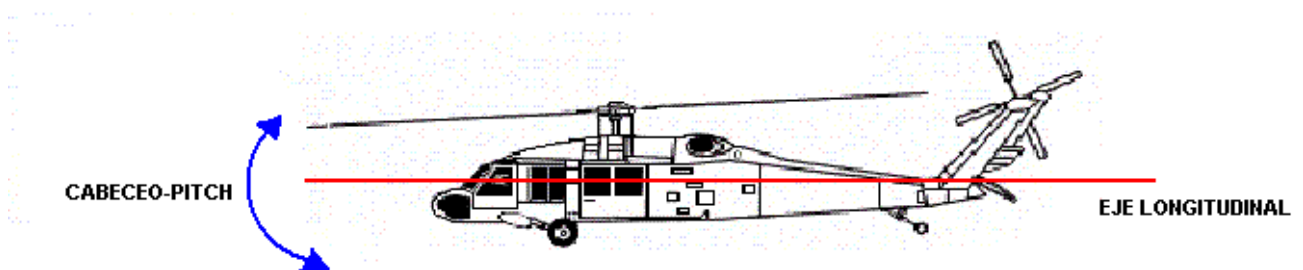


Figura 2. Actitud de cabeceo del helicóptero sobre el eje longitudinal.



Fuente: Manual de partes TM1-1520-237-23P4

El banco de pruebas diseñado esta en la capacidad de proveer al actuador las señales eléctricas necesarias para su correcto funcionamiento, con el fin de simular las condiciones que le provee el helicóptero en vuelo.

Estos actuadores funcionan además con presión hidráulica, lo que les permite multiplicar la fuerza necesaria para mover los rotores del helicóptero que actúan en el movimiento de cabeceo sobre el eje longitudinal.

Las fallas presentadas en vuelo que involucran al actuador Pitch Trim, se perciben de diferentes maneras, como lo es en movimientos erráticos de cabeceo con ascenso y descenso no uniforme de la nariz de la aeronave; restricción de movimiento del Bastón Cíclico en la cabina del piloto; e iluminación de la señal de precaución de falla del Trim o FPS (Flight Path Stabilator) en el panel de control del helicóptero.

Una vez se simulan las condiciones de la aeronave en el sistema de prueba, un sensor de desplazamiento y posición envía información constantemente al hardware, acerca del movimiento lineal de los pistones del actuador.

Además al banco de prueba llegan señales de dos potenciómetros internos del actuador, quienes normalmente cumplen la función de alertar a la computadora del helicóptero de posibles afecciones del Pitch Trim Actuador, aunque muchas veces son ellos mismos los causantes del comportamiento errático del dispositivo. Estas señales, junto con información extra de valores de impedancias, voltajes y corrientes, serán útiles para dar una completa exposición del estado de todos los subconjuntos del actuador Pitch Trim.

El dispositivo de prueba procesa y envía los datos, a través de un canal de comunicación por USB al computador. Al llegar allí, son manipulados por una interfaz grafica hecha en LABVIEW, donde están alojados los controles del banco de prueba y donde se muestran los resultados del análisis detallado gráficamente. De esta manera, se provee al operador de una visión amplia acerca de lo que exactamente esta ocurriendo con el dispositivo a probar y la facilidad de determinar las operaciones de reparación necesarias para lograr el correcto mantenimiento del actuador.

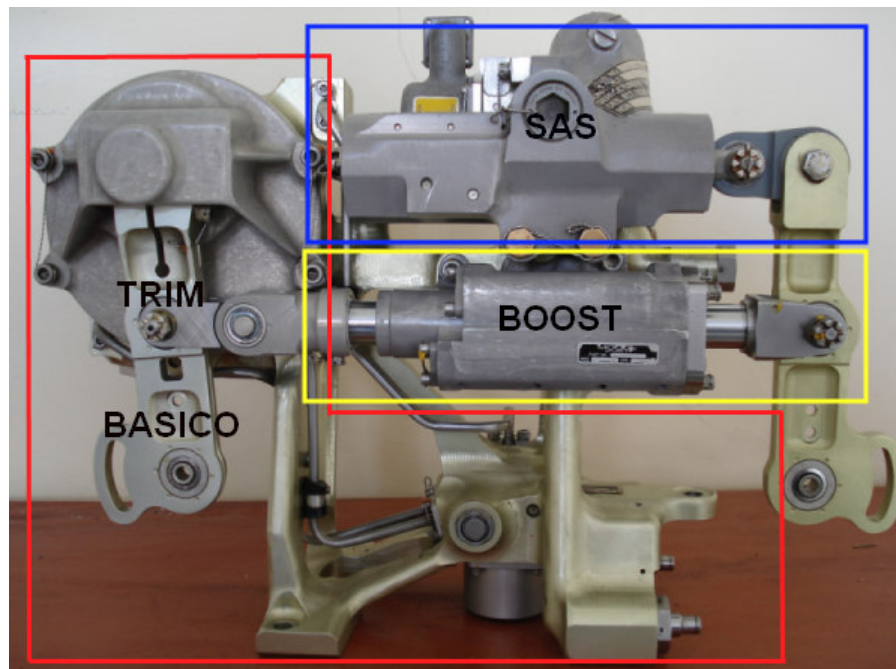
Para efectos de diseño se tomaron patrones de referencia a partir de manuales de dispositivos de Black Hawk, pruebas reales con Pitch Trim en buen estado y según experiencia de los técnicos de aviación de la Fuerza Aérea de Colombia.

2. MARCO TEORICO

2.1 Descripción y funcionamiento del PITCH TRIM ACTUATOR ASSEMBLY

El PITCH TRIM ASSEMBLY está conformado por tres subconjuntos principales: el SAS ASSEMBLY, Trim Básico y el Boost, como se muestra en la imagen (figura 3).

Figura 3. Subconjuntos del PITCH TRIM ACTUATOR ASSEMBLY.



Fuente: Imagen tomada en hangares de Base Aérea de Rionegro Antioquia.

2.1.1 TRIM Básico.

Este actuador esta a su vez conformado por los siguientes elementos, mostrados en la Figura 4 y Figura 5:

- Amplificador Hidráulico.
- Acoples de desconexión rápida de presión y retorno.
- Líneas Hidráulicas.
- Pistones del trim.
- Leva de entrada.
- Potenciómetros internos (Stick position y Trim position).
- Conector del trim básico.

Figura 4. Lado 1 de los componentes principales del Trim Básico.

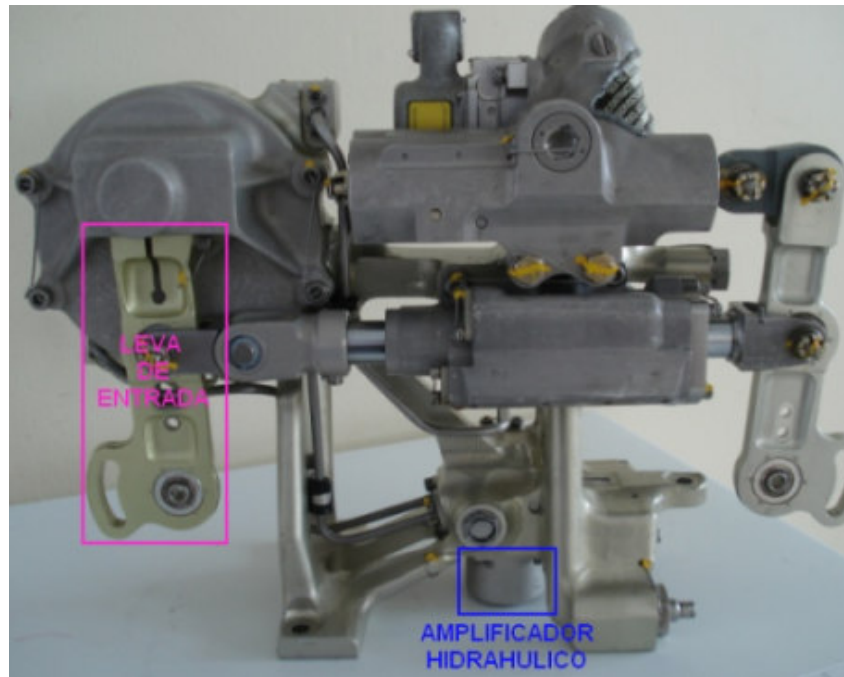
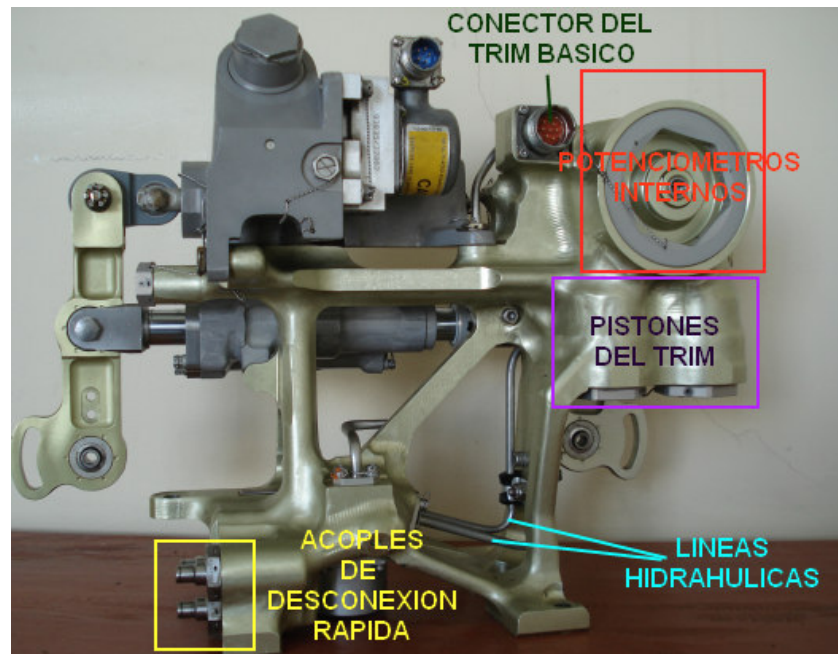


Figura 5. Lado 2 de los componentes principales del Trim Básico.

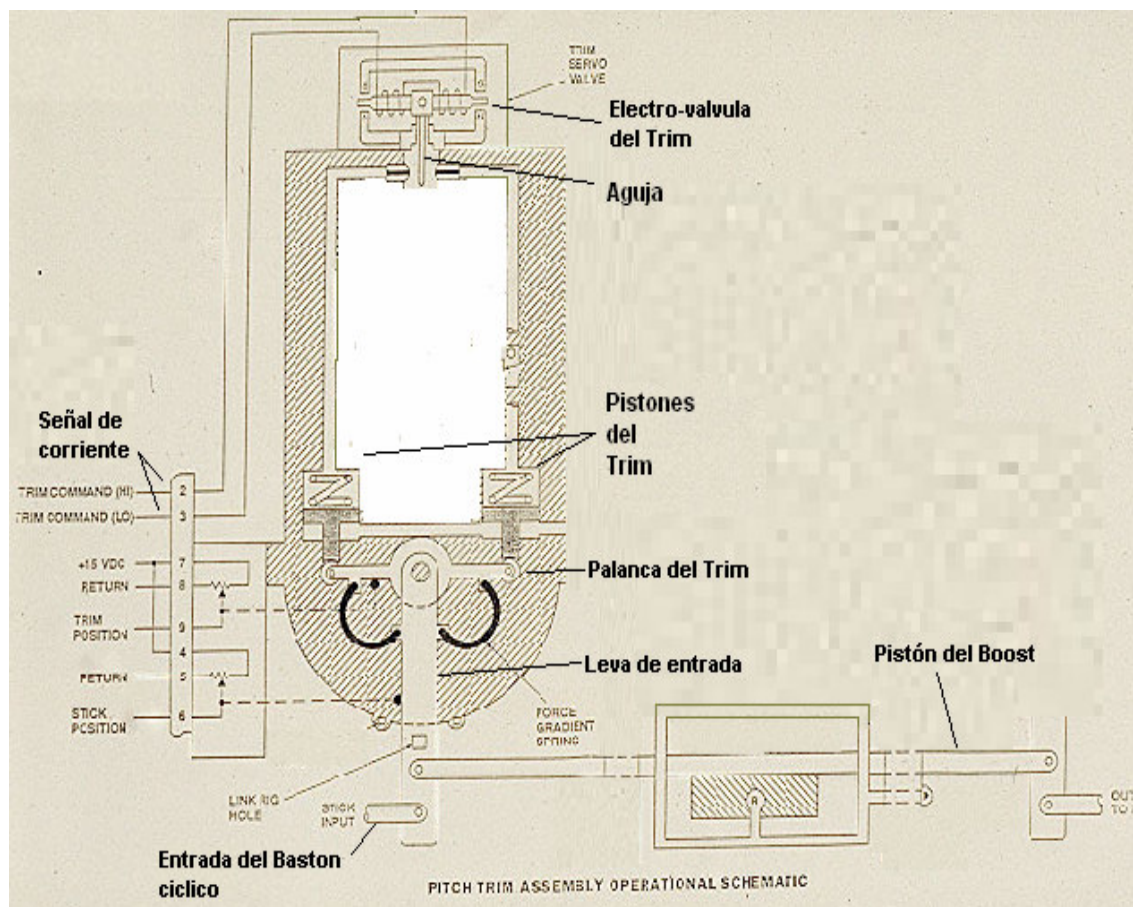


Fuente: Imagen tomada en los hangares de la Fuerza Aérea.

El Trim Básico es alimentado con 1000 libras de presión hidráulica, inyectadas al Amplificador Hidráulico, quien recibe señales eléctricas a través del conector del Trim Básico proveniente de la computadora de vuelo. Estas señales de corriente

determinan la dirección y la intensidad del flujo hidráulico, puesto que son inyectadas a un arreglo de bobinas que generan el movimiento de una aguja para cerrar o abrir los orificios por donde pasa el fluido hacia los dos pistones del trim. Estos pistones a su vez están conectados a la leva de entrada quien se moverá adelante o atrás, dependiendo de la posición de los mismos. La leva de entrada se encuentra acoplada al BOOST ACTUATOR para transmitirle movimiento lineal al pistón del Boost (Figura 6).

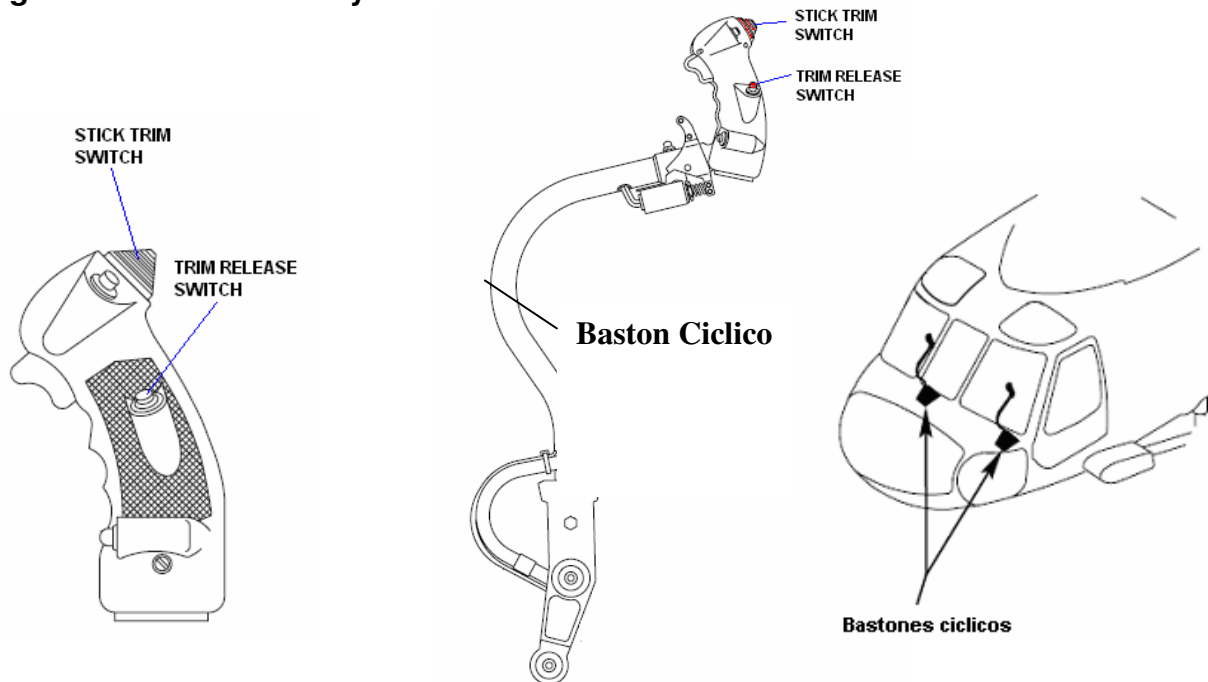
Figura 6. Esquema operacional del PITCH TRIM ASSEMBLY.



Fuente: Manual del sistema de control de vuelo automático

En el trim básico existen dos formas de dar orden de movimiento con señales eléctricas; ya sea automáticamente a través de la computadora o de forma manual desde la cabina de pilotos, por medio de un interruptor llamado STICK TRIM SWITCH ubicado en el bastón cíclico (cyclic stick), como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Bastón cíclico y su ubicación en la cabina.



Fuente: Manual de mantenimiento uh60. Capítulo controles de vuelo.

2.1.1.1 Potenciómetros internos del Trim Básico.

El Trim Básico internamente cuenta con un potenciómetro doble, utilizado para sentir la posición de los pistones del Trim y la posición del Stick (Bastón Cíclico de la cabina de pilotos). Los potenciómetros son alimentados con una señal de voltaje de +15Vdc y -15Vdc. La señal de salida de estos potenciómetros es muy cercana entre si y proporcional al desplazamiento o movimiento de los pistones y el stick (bastón cíclico). El control de la corriente proporcionada al amplificador hidráulico del trim se realiza de dos maneras, una a través del Stick Trim Switch que se mueve hacia delante o hacia atrás para alcanzar la actitud de cabeceo ideal de la aeronave con correcciones pequeñas realizadas por el piloto, y otra automáticamente por la computadora que al ser activada la función de trim, se encarga de mantener la referencia de posición y hacer las respectivas correcciones, cada vez que el helicóptero se desvíe de la senda de vuelo sobre el eje longitudinal, ya sea por ráfagas de viento y cambios de velocidad o temperatura, que son detectados por los diferentes dispositivos sensoriales del helicóptero.

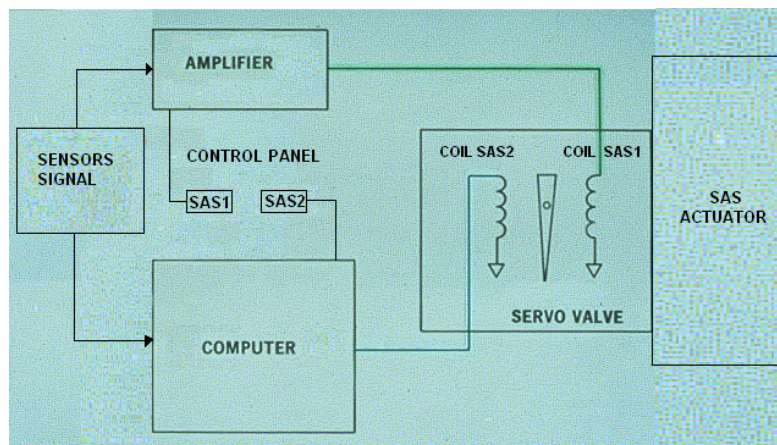
El Trim Release Switch es un interruptor que se encuentra en el bastón cíclico, cuya función es cancelar las señales eléctricas que vienen de la computadora o del Stick Trim Switch hacia el Trim Básico, y así mientras el piloto mantiene oprimido este interruptor, puede colocar el bastón cíclico en cualquier posición de manera manual.

2.1.2 SAS Assembly.

La función del SAS ASSEMBLY es proveer un régimen de amortiguación en el eje longitudinal, para aumentar la estabilidad del helicóptero en vuelo. El SAS ASSEMBLY esta conformado por el actuador SAS y una servo-válvula.

La servo-válvula mostrada en el diagrama de la figura 8, se compone de dos bobinas, que reciben señales eléctricas independientes, desde un amplificador para la bobina SAS1 y desde la computadora para la bobina SAS2.

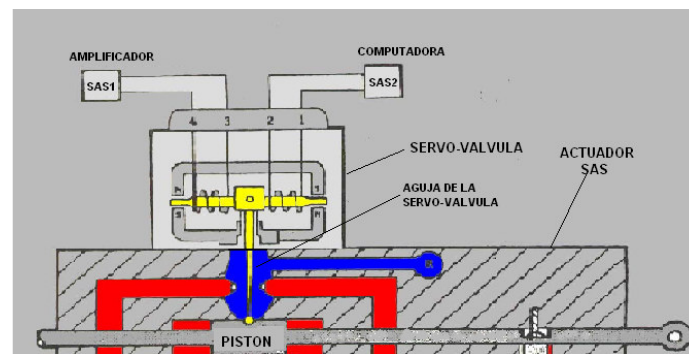
Figura 8. Diagrama de bloques de las señales eléctricas hacia el SAS ASSEMBLY.



2.1.2.1 Funcionamiento de la servo-válvula del SAS:

La servo-válvula posee una aguja que dependiendo de la polaridad de la corriente, inyectada a una de las bobinas o a las dos al tiempo, se moverá a la derecha o a la izquierda con el fin de direccionar el flujo y extender o retraer un pistón, que se aloja en el actuador SAS. (Figura 9)

Figura 9. Diagrama eléctrico de servo-válvula SAS.



Fuente: Manual de mantenimiento Sistema AFCS.

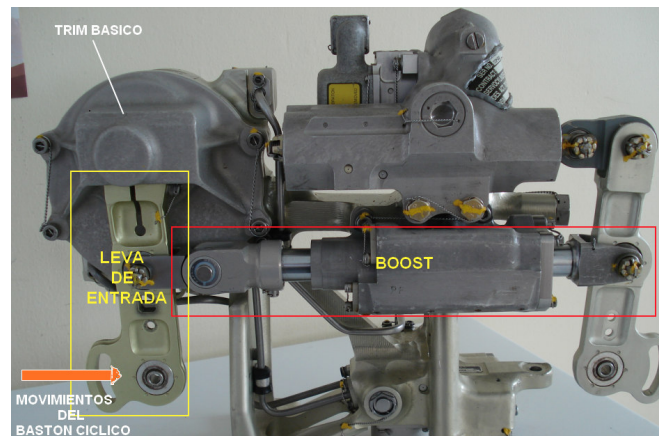
2.1.2.2 Actuador SAS:

El actuador SAS es un dispositivo hidráulico-mecánico alimentado con 3000 libras de presión, que dependiendo de la polarización de la corriente inyectada a las bobinas de la servo-válvula, extenderá o retraerá un pistón de manera proporcional a los valores de la corriente, es decir con cada nivel de corriente, positiva o negativa, se desplazara cierta distancia que deberá estar entre un rango de referencia preestablecido.

2.1.3 BOOST ACTUATOR:

El BOOST ACTUATOR es un cilindro hidráulico que al igual que el SAS trabaja con 3000 libras de presión. Es el encargado de reforzar los movimientos de la leva de entrada cuando son generados por el Trim Básico, o simplemente transmitir los movimientos que llegan desde el bastón cíclico en la cabina de pilotos (Figura 10).

Figura 10. Esquema para el actuador Boost.



Fuente: Imagen tomada en los hangares de la Fuerza Aérea.

2.1.3.1 Funcionamiento del BOOST:

El pistón del Boost se desplaza a velocidad constante dependiendo del valor de la corriente que se ha inyectado al Amplificador hidráulico del Trim Básico. Esta velocidad varía una vez se aumente o disminuya la corriente.

El tiempo que gasta el pistón en extenderse debe ser muy similar al tiempo de retracción, presentando un recorrido uniforme, sin atascamientos o aceleraciones. Una vez existe corriente en el amplificador hidráulico, el pistón avanzará hasta su máximo recorrido sin detenerse, a menos que la alimentación se anule.

2.1.4 Sistema de alimentación hidráulica del PITCH TRIM ASSEMBLY.

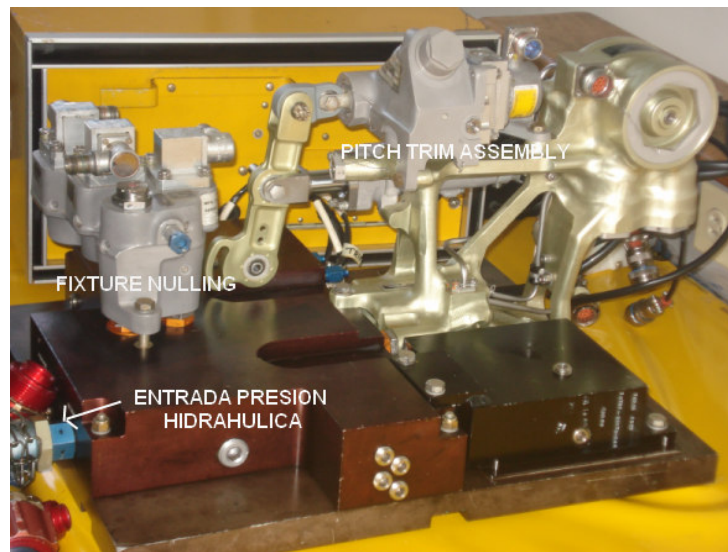
El PITCH TRIM ASSEMBLY es alimentado por una fuente de presión de 3000 libras y 6 galones por minuto, conectado a una línea de presión y retorno a un FIXTURE NULLING. Este último es un dispositivo mecánico que internamente posee ductos de entrada y salida conectados al Módulo de Asistencia y al PITCH

TRIM ASSEMBLY, a través de acoples de desconexión rápida. El Modulo de Asistencia contiene dos válvulas shut off, una para el TRIM BASICO y otra para el SAS ASSEMBLY, y un reductor de presión que disminuye la presión de 3000 a 1000 libras.

Las válvulas shut off son alimentadas con 28Vdc, y se encargan de abrir o cerrar el paso de presión hidráulica a los actuadores.

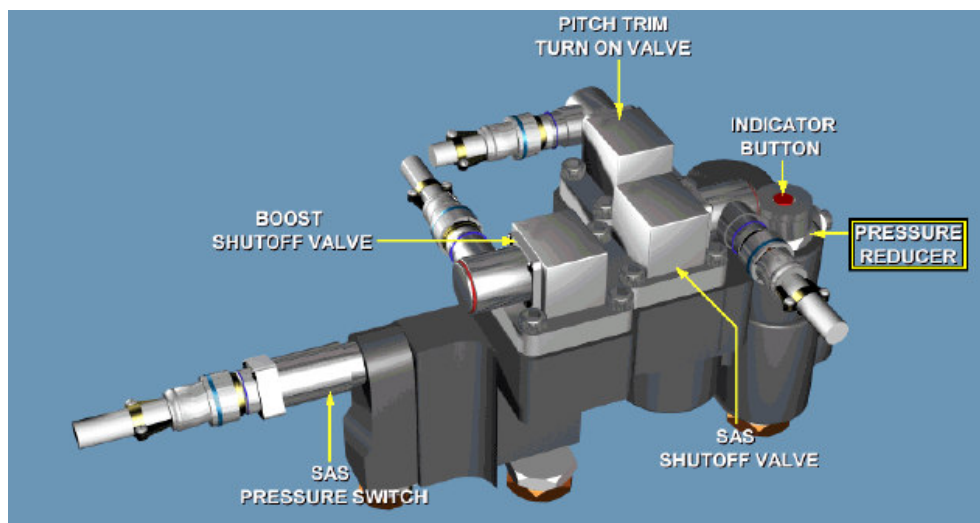
El conjunto del Pitch Trim Assembly Actuator con alimentación desde la fuente hidráulica a través de las válvulas shut off alojadas en el módulo de asistencia del piloto, se muestra en las siguientes figuras (11,12)

Figura 11: Conexión del Modulo asistencia del piloto al Pitch Trim Assembly.



Fuente: Imagen tomada en los hangares de la Fuerza Aérea.

Figura12. Modulo de Asistencia y válvulas Shut Off.



Fuente: Student Guide for UH-60 Hydraulics

2.2 Interfaz de comunicación por puerto USB.

El Bus Universal Serie o comúnmente conocido como USB ("Universal Serial Bus"), es un bus serie bidireccional, de alta velocidad y de bajo coste, que ofrece las características ideales PnP (Plug and Play) de universalidad, facilidad de conexión y desconexión, incluso en caliente ("Hot Swappable"), y sobre todo el consumo de pocos recursos.

La tecnología **USB** ha sido promovida principalmente por Intel, aunque le han seguido todos los grandes fabricantes, de forma que se ha convertido en un estándar importante.

En sus comienzos los interesados en esta tecnología se agruparon en un foro, el *USB Implementers Forum Inc.*, **USB-IF**, que agrupa a más de 460 compañías, y ha publicado diversas revisiones de la norma:

- **USB 0.9**: Primer borrador, publicado en Noviembre de 1995.
- **USB 1.0**: Publicada en 1996 establece dos tipos de conexión: La primera, denominada **velocidad baja** ("Low speed"), ofrece 1.5 Mbps, y está pensada para periféricos que no requieren un gran ancho de banda, como ratones o joysticks. La segunda, denominada **velocidad completa** ("Full speed"), es de 12 Mbps. y está destinada a los dispositivos más rápidos.
- **USB 1.1**: Publicada en 1998, añade detalles y precisiones a la norma inicial; es el estándar mínimo que debe cumplir un dispositivo USB.
- **USB 2.0**: Su versión final fue publicada en Abril del 2000; es una extensión de la norma compatible con las anteriores. Permite velocidades de hasta 480 Mbps, denominada **alta velocidad** ("High speed").

2.2.1 Topología.

Los dispositivos USB adoptan una topología de estrella y se organiza por niveles a partir de un **controlador host** instalado en la placa base, que actúa de interfaz entre el bus de ésta y el primer dispositivo USB, el denominado **concentrador raíz** ("Root hub"), instalado también en la placa.

Cada uno de estos concentradores se considera el origen de un bus (numerados sucesivamente a partir del 0), del que cuelgan los dispositivos en el orden en que son detectados por el Sistema.

En un bus USB existen dos tipos de elementos: **Anfitrión** ("host") y **dispositivos**; a su vez, los dispositivos pueden ser de dos tipos: **concentradores** y **funciones**.

- Los **concentradores** ("Hubs") son el centro de una estrella, y sirven para conectar con el sistema anfitrión, con otro hub o con una función. Cada hub puede conectar hasta 7 dispositivos, aunque lo normal es que sean de 4 salidas, y proporcionar 500 mA de energía de alimentación (hasta 2.5 W) a

cada uno de ellos, ya que el cable de conexión tiene hilos de señal (datos) y de alimentación (5 V. CC \pm 0.25 V).

- Una **función** es un dispositivo capaz de transmitir o recibir datos o información de control en un bus USB, suele conectarse como un dispositivo independiente enlazado por un cable de menos de 5 metros, a un puerto del hub o directamente al sistema anfitrión.

De esta descripción se desprende que cada segmento del bus representa una conexión apunto a punto de alguno de los tipos siguientes:

Sistema anfitrión \Leftrightarrow Función

Sistema anfitrión \Leftrightarrow Concentrador

Concentrador \Leftrightarrow Concentrador

Concentrador \Leftrightarrow Función.

2.2.2 Funcionamiento.

El bus serie USB es **síncrono**, y utiliza el algoritmo de codificación **NRZI** ("Non Return to Zero Inverted"). En este sistema existen dos voltajes opuestos; una tensión de referencia corresponde a un "1", pero no hay retorno a cero entre bits, de forma que una serie de unos corresponde a un voltaje uniforme; en cambio los ceros se marcan como cambios del nivel de tensión, de modo que una sucesión de ceros produce sucesivos cambios de tensión entre los conductores de señal.

El protocolo de comunicación utilizado es de testigo, que guarda cierta similitud con el sistema Token-Ring de IBM. Puesto que todos los periféricos comparten el bus y pueden funcionar de forma simultánea, la información es enviada en paquetes; cada paquete contiene una cabecera que indica el periférico a que va dirigido. Existen cuatro tipos de paquetes distintos: **Token**; **Datos**; **Handshake**, y **Especial**; el máximo de datos por paquete es de **8**; **16**; **32** y **64** Bytes. Se utiliza un sistema de detección y corrección de errores bastante robusto tipo CRC ("Cyclical Redundancy Check").

El funcionamiento está centrado en el host, todas las transacciones se originan en él. Es el controlador host el que decide todas las acciones, incluyendo el número asignado a cada dispositivo (esta asignación es realizada automáticamente por el controlador "host" cada vez que se inicia el sistema o se añade, o elimina, un nuevo dispositivo en el bus), su ancho de banda, etc. Cuando se detecta un nuevo dispositivo es el host el encargado de cargar los drivers oportunos sin necesidad de intervención por el usuario.

El sistema utiliza cuatro tipo de transacciones que resuelven todas las posibles situaciones de comunicación. Cada transacción utiliza un mínimo de tres

paquetes, el primero es siempre un **Token** que avisa al dispositivo que puede iniciar la transmisión.

- **Transferencia de control** ("Control transfer"): Ocurre cuando un dispositivo se conecta por primera vez. En este momento el controlador de host envía un paquete "Token" al periférico notificándole el número que le ha asignado.
- **Transferencia de pila de datos** ("Bulk data transfer"): Este proceso se utiliza para enviar gran cantidad de datos de una sola vez. Es útil para dispositivos que tienen que enviar gran cantidad de datos cada vez, como escáneres o máquinas de fotografía digital.
- **Transferencia por interrupción** ("Interrupt data transfer"): Este proceso se utiliza cuando se solicita enviar información por el bus en una sola dirección (de la función al host).
- **Transferencia de datos isócrona** ("Isochronous data transfer"): Este proceso se utiliza cuando es necesario enviar datos en tiempo real. Los datos son enviados con una cadencia precisa ajustada a un reloj, de modo que la transmisión es a velocidad constante.

2.2.3 Cables y conectores.

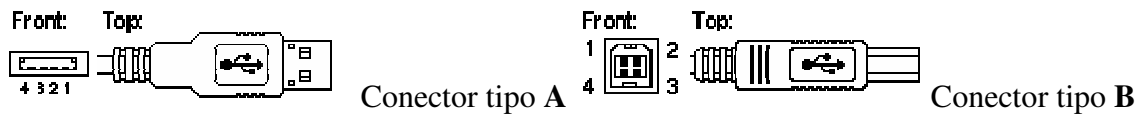
El cable de bus USB es de 4 hilos, y comprende líneas de señal (datos) y alimentación, con lo que las funciones pueden utilizar un único cable (Tabla 1).

Tabla 1: Pinout y colores de identificación del cable de USB.

	Nombre	Descripción	Color
1	VBUS	+ 5 V. CC	Rojo
2	D-	Data -	Azul
3	D+	Data +	amarillo
4	GND	Tierra	verde

Se usan dos tipos de conectores, **A** y **B**. Ambos son polarizados (solo pueden insertarse en una posición) y utilizan sistemas de presión para sujetarse. Los de tipo **A** utilizan la hembra en el sistema anfitrión, y suelen usarse en dispositivos en los que la conexión es permanente (por ejemplo, ratones y teclados). Los de tipo **B** utilizan la hembra en el dispositivo USB (función), y se utilizan en sistemas móviles (por ejemplo, cámaras fotográficas o altavoces). En general podemos afirmar que la hembra de los conectores **A** están en el lado del host (PC) o de los concentradores (hubs), mientras las de tipo **B** están del lado de los periféricos. Mirar (figura 13)

Figura 13: Tipo de conectores USB



Obtenido de www.zator.com.

2.3 Sistema Sensorial.

El actuador Pitch Trim dentro de sus subconjuntos SAS y Boost, tiene cada uno de ellos un pistón cuyo movimiento lineal es el efecto final del sistema.

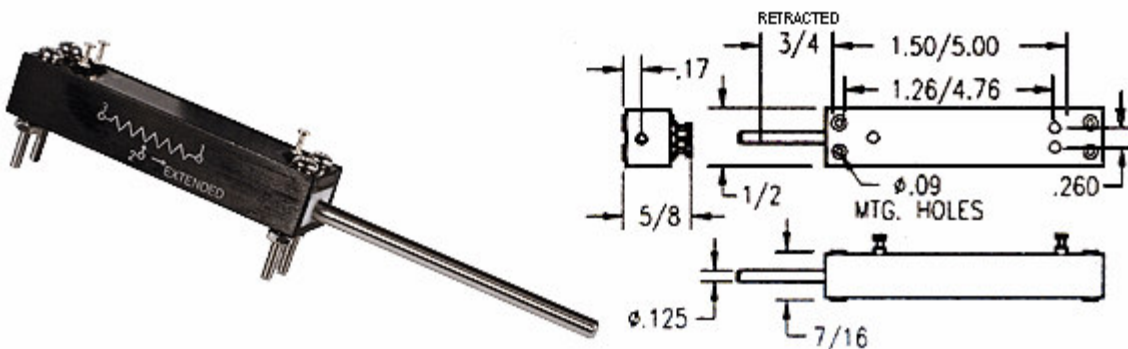
Para estudiar y monitorear el recorrido de los pistones, se requiere de un sensor que informe periódicamente la posición de los mismos, y así a partir del análisis realizado en la interfaz grafica de Labview, evaluar su estado.

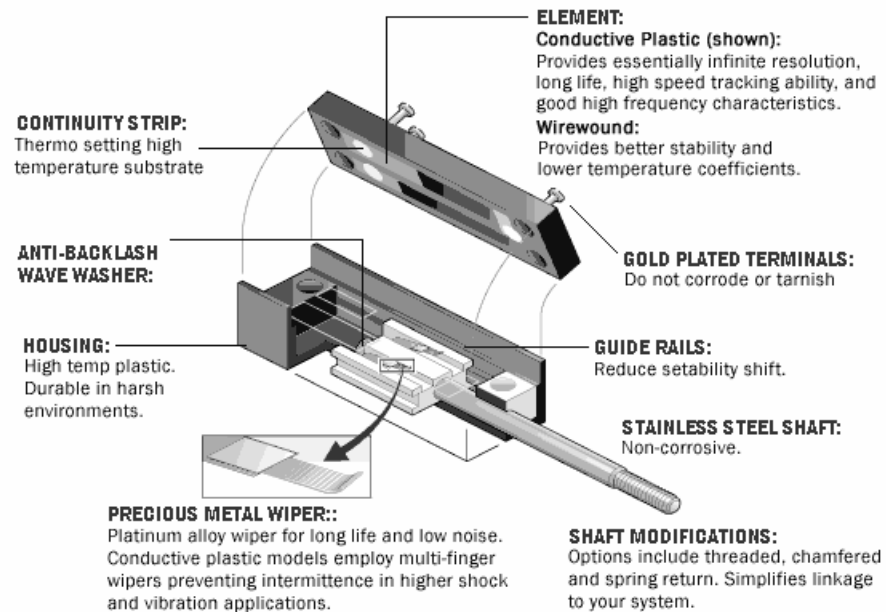
El sensor escogido es un potenciómetro de movimiento lineal de precisión de 10K Ω , (Figura 14) con una longitud máxima de recorrido de 100 mm.

A continuación se expone las características según el fabricante.

Figura 14: Sensor de desplazamiento

LCP12 Conductive Plastic Precision Linear Motion Potentiometer





Characteristic:

- Conductive Plastic Element
- Black Anodized Aluminum Body, Stainless Steel Shaft, Gold Plated Terminals
- Recommended for Test and Lab Equipment, Industrial Applications, Medical Equipment (non-life support)
- Life Expectancy: 20 million strokes
- Resistance Tolerance: 20% standard (10% Available)
- Linearity Tolerance: .5% to 1.5% standard (0.3% to 1.0% Available)
- Power Rating: 0.2 to 1.2 Watt
- Electrical Stroke: 1" to 4"
- Friction: 1.8 oz.
- Unit Weight: 10 to 35 grams

Obtenido de www.etisystems.com.

2.4 Microcontrolador PIC18F2550.

Los 'PIC' son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

Un microcontrolador es un circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos.

Obtenido de <http://pjmicrocontroladores.wordpress.com/>

Cada vez estos dispositivos son mejorados, ampliando sus capacidades de almacenamiento de datos, aumentando la velocidad de procesamiento y adicionando periféricos internos más potentes.

El Circuito Integrado Programable **PIC18F255**, fue escogido por tres razones principalmente; primero, por el nuevo modulo implementado por Microchip referido al Bus Serial Universal, mas conocido por sus siglas en ingles como **USB**, segundo, porque se adecua a las necesidades requeridas de memoria y de puertos de entrada y salida, y por ultimo por su tamaño y cantidad de pines.

2.4.1 Características.

Los periféricos principales de esta familia de microcontroladores son:

- Módulo USB (Universal Serial Bus)
- Conversor Análogo Digital (ADC)
- Módulo CCP.
- Módulo USART.
- Módulos TMR0, TMR1, TMR2, TMR3
- Puerto A, B, C
- Modos de manejo de potencia y de oscilador

Características adicionales se encuentran en el anexo **A1**.

2.4.2 Modulo Universal Serial Bus (USB).

Los PIC'S de la familia 18FX455/X550 cumplen con el ultimo estándar de USB V2.0, caracterizados por tener full-speed y low-speed compatible con Serial Interface Engine (SIE), que permite rápida comunicación entre cualquier host USB y el microcontrolador PIC.

El SIE puede ser enlazado directamente al USB, utilizando el transceiver interno o puede ser conectado a través de un transceiver externo. Un regulador interno de 3.3v esta disponible para dar potencia al transceiver interno en aplicaciones de 5v. A continuación se presenta un esquema general acerca del periférico USB y sus características.

2.4.2.1 Registros principales.

La operación del modulo USB es configurado y controlado a través de tres registros de control. Además un total de 19 registros se usan para manejar las transacciones actuales del USB. Los registros son:

- USB Control register (UCON)
- USB Configuration register (UCFG)
- USB Transfer Status register (USTAT)

REGISTER 17-2: UCFG: USB CONFIGURATION REGISTER

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
UTEYE	UOEMON ⁽¹⁾	—	UPUEN ^(2,3)	UTRDIS ⁽²⁾	FSEN ⁽²⁾	PPB1	PPB0
						bit 0	
bit 7							

- bit 7 **UTEYE:** USB Eye Pattern Test Enable bit
1 = Eye pattern test enabled
0 = Eye pattern test disabled
- bit 6 **UOEMON:** USB \overline{OE} Monitor Enable bit⁽¹⁾
1 = \overline{OE} signal active; it indicates intervals during which the D+/D- lines are driving
0 = \overline{OE} signal inactive
- bit 5 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 4 **UPUEN:** USB On-Chip Pull-up Enable bit^(2,3)
1 = On-chip pull-up enabled (pull-up on D+ with FSEN = 1 or D- with FSEN = 0)
0 = On-chip pull-up disabled
- bit 3 **UTRDIS:** On-Chip Transceiver Disable bit⁽²⁾
1 = On-chip transceiver disabled; digital transceiver interface enabled
0 = On-chip transceiver active
- bit 2 **FSEN:** Full Speed Enable bit⁽²⁾
1 = Full speed device: controls transceiver edge rates; requires input clock at 48 MHz
0 = Low-speed device: controls transceiver edge rates; requires input clock at 6 MHz
- bit 1-0 **PPB1:PPB0:** Ping-Pong Buffers Configuration bits
11 = Reserved
10 = Even/Odd ping-pong buffers enabled for all endpoints
01 = Even/Odd ping-pong buffer enabled for OUT Endpoint 0
00 = Even/Odd ping-pong buffers disabled
- Note 1:** If UTRDIS is set, the \overline{OE} signal will be active independent of the UOEMON bit setting.
- 2:** The UPUEN, UTRDIS and FSEN bits should never be changed while the USB module is enabled. These values must be preconfigured prior to enabling the module.
- 3:** This bit is only valid when the on-chip transceiver is active (UTRDIS = 0); otherwise, it is ignored.

REGISTER 17-3: USTAT: USB STATUS REGISTER

U-0	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x	R-x	U-0
—	ENDP3	ENDP2	ENDP1	ENDP0	DIR	PPBI ⁽¹⁾	—
							bit 0
bit 7							

- bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 6-3 **ENDP3:ENDP0:** Encoded number of last endpoint activity (represents the number of the BD updated by the last USB transfer)
1111 = Endpoint 15
1110 = Endpoint 14
....
0001 = Endpoint 1
0000 = Endpoint 0
- bit 2 **DIR:** Last BD Direction Indicator bit
1 = The last transaction was an IN token
0 = The last transaction was an OUT or SETUP token
- bit 1 **PPBI:** Ping-Pong BD Pointer Indicator bit⁽¹⁾
1 = The last transaction was to the Odd BD bank
0 = The last transaction was to the Even BD bank
- Note 1:** This bit is only valid for endpoints with available Even and Odd BD registers.
- bit 0 **Unimplemented:** Read as '0'

Obtenido del datasheet de Microchip.

REGISTER 17-4: UEPn: USB ENDPOINT n CONTROL REGISTER (UEP0 THROUGH UEP15)

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL ⁽¹⁾	
bit 7								bit 0

- bit 7-5 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 4 **EPHSHK:** Endpoint Handshake Enable bit
1 = Endpoint handshake enabled
0 = Endpoint handshake disabled (typically used for isochronous endpoints)
- bit 3 **EPCONDIS:** Bidirectional Endpoint Control bit
If EPOUTEN = 1 and EPINEN = 1:
1 = Disable Endpoint n from control transfers; only IN and OUT transfers allowed
0 = Enable Endpoint n for control (SETUP) transfers; IN and OUT transfers also allowed
- bit 2 **EPOUTEN:** Endpoint Output Enable bit
1 = Endpoint n output enabled
0 = Endpoint n output disabled
- bit 1 **EPINEN:** Endpoint Input Enable bit
1 = Endpoint n input enabled
0 = Endpoint n input disabled
- bit 0 **EPSTALL:** Endpoint Stall Enable bit⁽¹⁾
1 = Endpoint n is stalled
0 = Endpoint n is not stalled

Note 1: Valid only if Endpoint n is enabled; otherwise, the bit is ignored.

Tabla: Registros Asociados con la operacion del modulo USB.

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Details on page
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBFIF	51
IPR2	OSCFIP	CMIP	USBIP	EEIP	BCLIP	HLVDIP	TMR3IP	CCP2IP	54
PIR2	OSCFIF	CMIF	USBIF	EEIF	BCLIF	HLVDIF	TMR3IF	CCP2IF	54
PIE2	OSCFIE	CMIE	USBIE	EEIE	BCLIE	HLVDIE	TMR3IE	CCP2IE	54
UCON	—	PPBRST	SE0	PKTDIS	USBEN	RESUME	SUSPND	—	55
UCFG	UTEYE	UOEMON	—	UPUEN	UTRDIS	FSEN	PPB1	PPB0	55
USTAT	—	ENDP3	ENDP2	ENDP1	ENDP0	DIR	PPBI	—	55
UADDR	—	ADDR6	ADDR5	ADDR4	ADDR3	ADDR2	ADDR1	ADDR0	55
UFRML	FRM7	FRM6	FRM5	FRM4	FRM3	FRM2	FRM1	FRM0	55
UFRMH	—	—	—	—	—	FRM10	FRM9	FRM8	55
UIR	—	SOFIF	STALLIF	IDLEIF	TRNIF	ACTVIF	UERRIF	URSTIF	55
UIE	—	SOFIE	STALLIE	IDLEIE	TRNIE	ACTVIE	UERRIE	URSTIE	55
UEIR	BTSEF	—	—	BTOEF	DFN8EF	CRC16EF	CRC5EF	PIDEF	55
UEIE	BTSEE	—	—	BTOEE	DFN8EE	CRC16EE	CRC5EE	PIDEE	55
UEP0	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP1	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP2	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP3	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP4	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP5	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP6	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP7	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP8	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP9	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP10	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP11	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP12	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP13	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP14	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55
UEP15	—	—	—	EPHSHK	EPCONDIS	EPOUTEN	EPINEN	EPSTALL	55

Obtenido del datasheet de Microchip.

2.4.3 Modulo del Conversor Análogo Digital (ADC).

El ADC tiene 10 entradas análogas para el dispositivo de 28 pines y permite la conversión de una señal análoga a un correspondiente número digital de 10 bits.

El modulo tiene cinco registros:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)
- A/D Control Register 2 (ADCON2)

2.4.3.1 Registros Principales.

REGISTER 21-1: ADCON0: A/D CONTROL REGISTER 0

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON	
bit 7								bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-2 **CHS3:CHS0:** Analog Channel Select bits

0000 = Channel 0 (AN0)
 0001 = Channel 1 (AN1)
 0010 = Channel 2 (AN2)
 0011 = Channel 3 (AN3)
 0100 = Channel 4 (AN4)
 0101 = Channel 5 (AN5)^(1,2)
 0110 = Channel 6 (AN6)^(1,2)
 0111 = Channel 7 (AN7)^(1,2)
 1000 = Channel 8 (AN8)
 1001 = Channel 9 (AN9)
 1010 = Channel 10 (AN10)
 1011 = Channel 11 (AN11)
 1100 = Channel 12 (AN12)
 1101 = Unimplemented⁽²⁾
 1110 = Unimplemented⁽²⁾
 1111 = Unimplemented⁽²⁾

Note 1: These channels are not implemented on 28-pin devices.

2: Performing a conversion on unimplemented channels will return a floating input measurement.

bit 1 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress

0 = A/D Idle

bit 0 **ADON:** A/D On bit

1 = A/D converter module is enabled

0 = A/D converter module is disabled

Obtenido del datasheet de Microchip.

REGISTER 21-2: ADCON1: A/D CONTROL REGISTER 1

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0 ⁽¹⁾	R/W ⁽¹⁾	R/W ⁽¹⁾	R/W ⁽¹⁾
—	—	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5 **VCFG1:** Voltage Reference Configuration bit (VREF- source)

1 = VREF- (AN2)
0 = VSS

bit 4 **VCFG0:** Voltage Reference Configuration bit (VREF+ source)

1 = VREF+ (AN3)
0 = VDD

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN12	AN11	AN10	AN9	AN8	AN7 ⁽²⁾	AN6 ⁽²⁾	AN5 ⁽²⁾	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0
0000 ⁽¹⁾	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0010	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111 ⁽¹⁾	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

A = Analog input

D = Digital I/O

Note 1: The POR value of the PCFG bits depends on the value of the PBA DEN configuration bit. When PBA DEN = 1, PCFG<3:0> = 0000; when PBA DEN = 0, PCFG<3:0> = 0111.

2: AN5 through AN7 are available only on 40/44-pin devices.

REGISTER 21-3: ADCON2: A/D CONTROL REGISTER 2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit

1 = Right justified
0 = Left justified

bit 6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-3 **ACQT2:ACQT0:** A/D Acquisition Time Select bits

111 = 20 TAD
110 = 16 TAD
101 = 12 TAD
100 = 8 TAD
011 = 6 TAD
010 = 4 TAD
001 = 2 TAD
000 = 0 TAD⁽¹⁾

bit 2-0 **ADCS2:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits

111 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator)⁽¹⁾
110 = FOSC/64
101 = FOSC/16
100 = FOSC/4
011 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator)⁽¹⁾
010 = FOSC/32
001 = FOSC/8
000 = FOSC/2

Note 1: If the A/D Frc clock source is selected, a delay of one T_{cy} (instruction cycle) is added before the A/D clock starts. This allows the SLEEP instruction to be executed before starting a conversion.

2.4.3.2 Voltaje de referencia analogo.

El voltaje de referencia para la conversión es seleccionable por software, ya sea para una fuente de voltaje positiva o negativa (V_{DD} y V_{SS}) o el nivel de voltaje sobre los pines **RA3/AN3/VREF+** y **RA2/AN2/VREF-/CVREF**, y es configurado en el registro ADCON1.

2.4.3.3 Requerimientos de adquisición A/D.

Después de que es seleccionado el canal análogo de entrada, este debe ser muestreado en un tiempo de adquisición mínimo, antes de iniciar la conversión. Para calcular el mínimo tiempo de adquisición se usan las siguientes ecuaciones:

EQUATION 21-1: ACQUISITION TIME

TACQ	=	Amplifier Settling Time + Holding Capacitor Charging Time + Temperature Coefficient
	=	TAMP + TC + TCOFF

2.4.3.4 Configuración y selección del Tiempo de Adquisición.

El registro ADCON2 permite al usuario seleccionar un tiempo de adquisición que ocurre cada vez que el bit GO/DONE es puesto en 1. También se permite al usuario la opción de usar un tiempo de adquisición determinado automáticamente. La adquisición de tiempo puede ser establecida con los bits ACQT2:ACQT0 (**ADCON2<5:3>**), lo cual provee un rango de 2 a 20 T_{AD} . Cuando el bit GO/DONE es 1, el modulo A/D sigue muestreando la entrada en el tiempo de adquisición seleccionado, luego automáticamente empieza la conversión. Cuando la conversión se completa, el bit GO/DONE es puesto a 0, la bandera ADIF es puesta a 1 y el ADC empieza una nueva conversión con el siguiente canal seleccionado

2.4.3.5 Selección del reloj de conversión A/D.

El tiempo de conversión por bit es definido como T_{AD} . La conversión A/D requiere 11 T_{AD} para una conversión de 10 bits.

La fuente de reloj de conversión A/D es seleccionable por software. Hay siete posibles opciones para T_{AD} :

- 2 TOSC
- 4 TOSC
- 8 TOSC
- 16 TOSC
- 32 TOSC
- 64 TOSC
- Internal RC Oscillator

Para conversiones A/D correctas, el reloj de conversión A/D (T_{AD}) tan pequeño como sea posible, pero mas grande que el mínimo T_{AD} .

Tabla 2: T_{AD} Vs. Frecuencias de Operación del dispositivo.

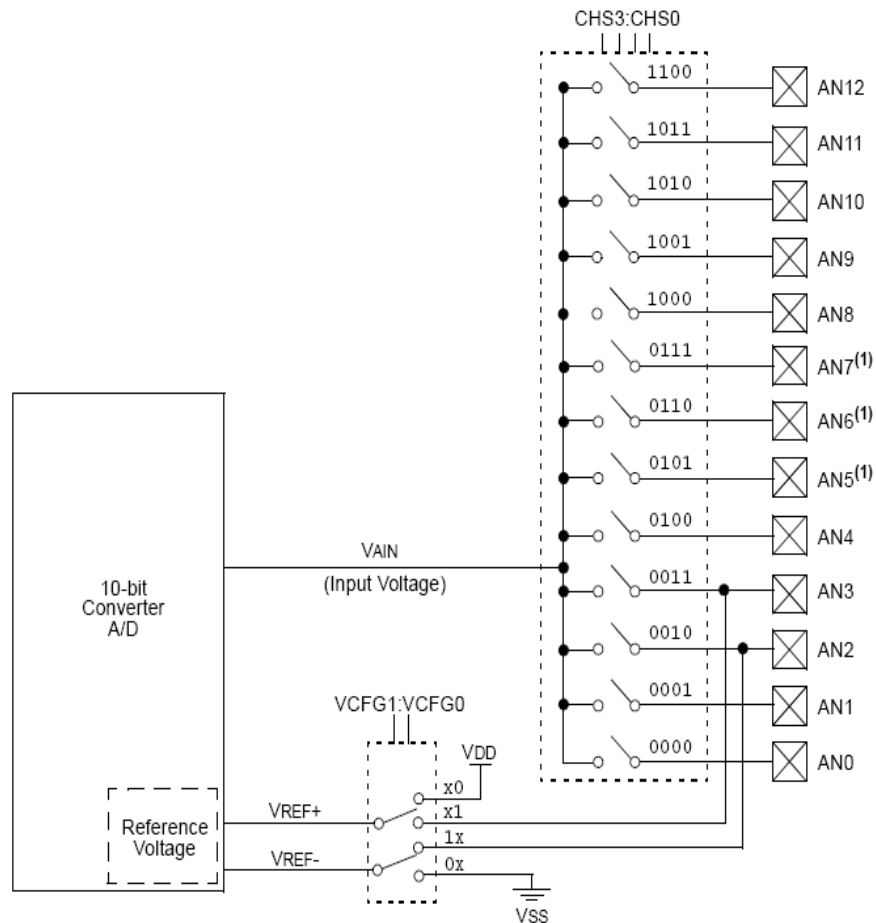
AD Clock Source (T_{AD})		Maximum Device Frequency	
Operation	ADCS2:ADCS0	PIC18FXXXX	PIC18LFXXXX ⁽⁴⁾
2 TOSC	000	2.86 MHz	1.43 kHz
4 TOSC	100	5.71 MHz	2.86 MHz
8 TOSC	001	11.43 MHz	5.72 MHz
16 TOSC	101	22.86 MHz	11.43 MHz
32 TOSC	010	40.0 MHz	22.86 MHz
64 TOSC	110	40.0 MHz	22.86 MHz
RC ⁽³⁾	x11	1.00 MHz ⁽¹⁾	1.00 MHz ⁽²⁾

2.4.3.6 Configuración de una conversión A/D.

Para una correcta conversión en el ADC, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Configure el modulo A/D:
 - Configure los pines análogos, el voltaje de referencia y I/O digitales, a través de ADCON1.
 - Seleccione el canal de entrada A/D a través de ADCON0.
 - Seleccione el tiempo de adquisición A/D a través de ADCON2.
 - Seleccione el reloj de conversión A/D a través de ADCON2.
 - Active el modulo A/D a través de ADCON0.
2. Configure la interrupción A/D si se desea:
 - Clear bit ADIF.
 - Set bit ADIE.
 - Set bit GIE.
 -
3. Espere del tiempo de adquisición requerido.
4. Inicio de conversión.
 - Set bit GO/DONE a través de ADCON0.
5. Esperar que la conversión se complete.
6. Leer el resultado A/D de los registros ADRESH:ADRESL

Figura 16: Diagrama de bloques A/D



Note 1: Channels AN5 through AN7 are not available on 28-pin devices.

2: I/O pins have diode protection to VDD and VSS.

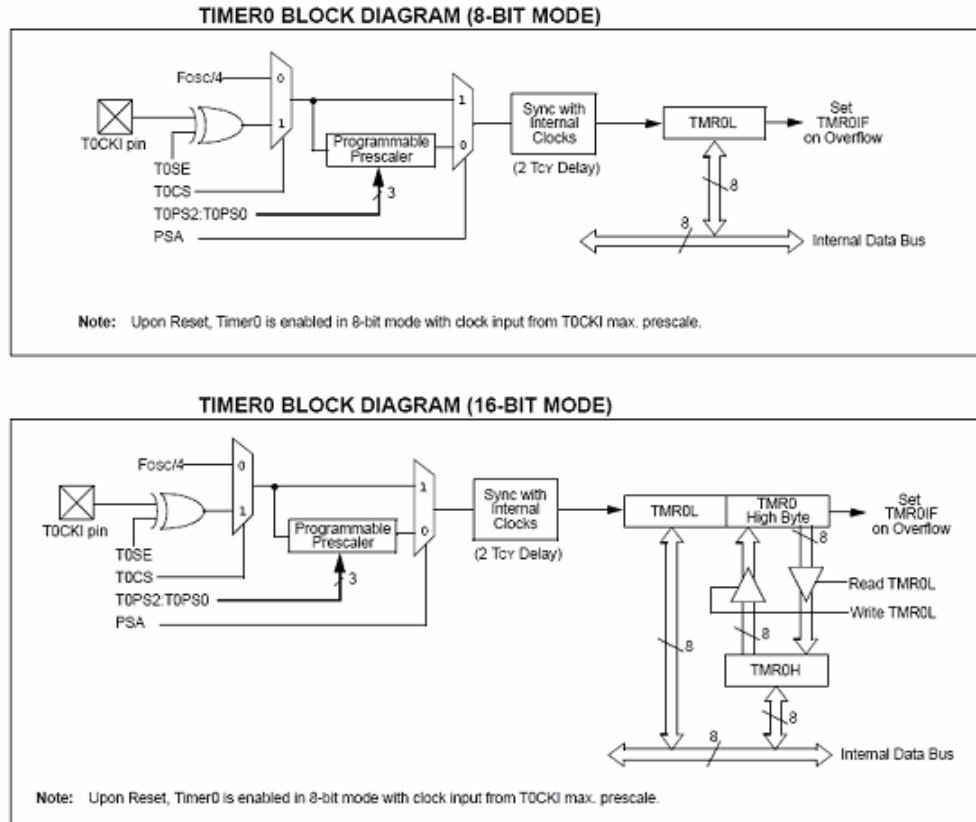
Obtenido del datasheet de Microchip.

2.4.4 Modulo de Timer0.

El modulo de Timer0 incorpora las siguientes características:

- El modo de operación como timer o como contador es seleccionable por software, ya sea para 8 o 16 bits.
- Registros leíbles y escribibles.
- Pre-escala programable por software de hasta 8 bits.
- Fuente de reloj seleccionable (interna o externa).
- Flanco seleccionable para el reloj externo.
- Interrupción por overflow.

Figura 17: Diagrama de bloques del Timer0



Obtenido del datasheet de Microchip.

2.4.4.1 Registros principales.

REGISTER 11-1: T0CON: TIMER0 CONTROL REGISTER

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/
TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0	bit 7

bit 7 **TMR0ON:** Timer0 On/Off Control bit

1 = Enables Timer0
0 = Stops Timer0

bit 6 **T08BIT:** Timer0 8-bit/16-bit Control bit

1 = Timer0 is configured as an 8-bit timer/counter
0 = Timer0 is configured as a 16-bit timer/counter

bit 5 **T0CS:** Timer0 Clock Source Select bit

1 = Transition on T0CKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)

bit 4 **T0SE:** Timer0 Source Edge Select bit

1 = Increment on high-to-low transition on T0CKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on T0CKI pin

bit 3 **PSA:** Timer0 Prescaler Assignment bit

1 = Timer0 prescaler is NOT assigned. Timer0 clock input bypasses prescaler.
0 = Timer0 prescaler is assigned. Timer0 clock input comes from prescaler output.

bit 2-0 **T0PS2:T0PS0:** Timer0 Prescaler Select bits

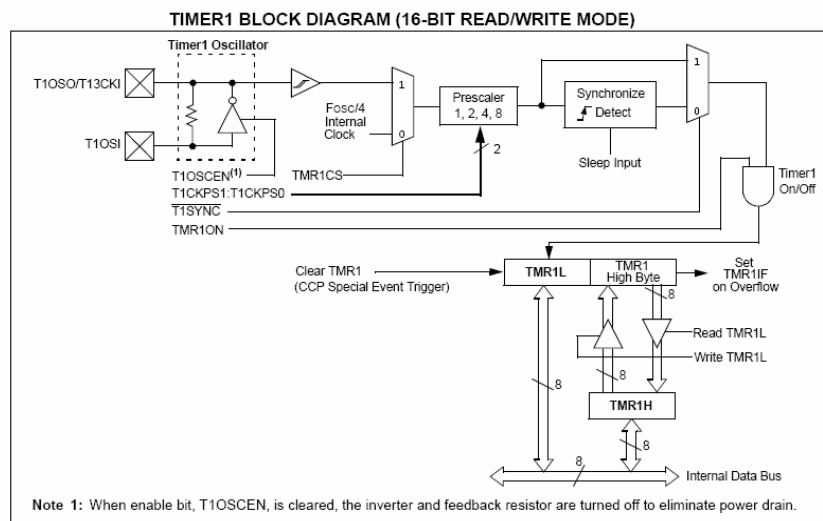
111 = 1:256 Prescale value
110 = 1:128 Prescale value
101 = 1:64 Prescale value
100 = 1:32 Prescale value
011 = 1:16 Prescale value
010 = 1:8 Prescale value
001 = 1:4 Prescale value
000 = 1:2 Prescale value

2.4.5 Modulo Timer1.

El modulo de Timer1 incorpora las siguientes características:

- El modo de operación como timer o como contador de 16 bits es seleccionable por software.
- Registros de 8 bits, leíbles y escribibles.
- Fuente de reloj seleccionable (interna o externa), con el reloj del dispositivo o opciones del oscilador interno del Timer 1.
- Interrupción por overflow.
- Modulo reset en eventos especiales de disparo del CCP.
- Bandera de estado del dispositivo de reloj (T1RUN).

Figura 18: Diagrama de bloques Timer1



Obtenido del datasheet de Microchip.

2.4.5.1 Registros principales.

REGISTER 12-1: T1CON: TIMER1 CONTROL REGISTER

R/W-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
RD16	T1RUN	T1CKPS1:T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1C	TMR1C
bit 7							bit 0

- bit 7 **RD16:** 16-Bit Read/Write Mode Enable bit
 1 = Enables register read/write of Timer1 in one 16-bit operation
 0 = Enables register read/write of Timer1 in two 8-bit operations
- bit 6 **T1RUN:** Timer1 System Clock Status bit
 1 = Device clock is derived from Timer1 oscillator
 0 = Device clock is derived from another source
- bit 5-4 **T1CKPS1:T1CKPS0:** Timer1 Input Clock Prescale Select bits
 11 = 1:8 Prescale value
 10 = 1:4 Prescale value
 01 = 1:2 Prescale value
 00 = 1:1 Prescale value
- bit 3 **T1OSCEN:** Timer1 Oscillator Enable bit
 1 = Timer1 oscillator is enabled
 0 = Timer1 oscillator is shut off
 The oscillator inverter and feedback resistor are turned off to eliminate power drain.
- bit 2 **T1SYNC:** Timer1 External Clock Input Synchronization Select bit
 When TMR1CS = 1:
 1 = Do not synchronize external clock input
 0 = Synchronize external clock input
 When TMR1CS = 0:
 This bit is ignored. Timer1 uses the internal clock when TMR1CS = 0.
- bit 1 **TMR1CS:** Timer1 Clock Source Select bit
 1 = External clock from pin RC0/T1OSO/T13CKI (on the rising edge)
 0 = Internal clock (Fosc/4)
- bit 0 **TMR1ON:** Timer1 On bit
 1 = Enables Timer1
 0 = Stops Timer1

2.5 Sistema de Alimentación

El sistema de prueba esta alimentado principalmente por la red domestica de 120VAC, a través de un cable de poder.

Internamente el hardware se compone de dos fuentes de voltaje, una de ellas con salidas de 28V a una corriente máxima de 5 Amp. y la otra con salidas de +15V, -15V y 5V.

Estos sistemas de alimentación se escogieron principalmente por su característica de ser fuentes conmutadas, usadas en dispositivos de ultima tecnología e importante funcionalidad como lo es en medicina, industria y aviación, con alto nivel de protección a cortos circuitos, sobrevoltaje y demás. Su reducido tamaño y peso las hizo ideal para el proyecto objetivo, y los niveles de voltaje y corriente proporcionados se ajustaron de manera exacta a las necesidades del sistema.

A continuación se presenta las características eléctricas y físicas de cada una de estas fuentes:

Fuente triple de +15V, -15V y 5V.

Ver hoja de caracteristicas de la fuente en el anexo **A2**

Fuente de 28V a 5 Amp.

Ver hoja de caracteristicas de la fuente en el anexo **A3**

Figura 19 : Fuentes de 28 y triple



2.6 National Instrument LABVIEW.

2.6.1 Que es LABVIEW?

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactivo basado en software. Usted puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. Labview es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

2.6.2 Aplicaciones de LabVIEW.

Labview tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, Laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial. Labview es muy utilizado en procesamiento digital de señales (wavelets, FFT, Total Distorsion Harmonic TDH), procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

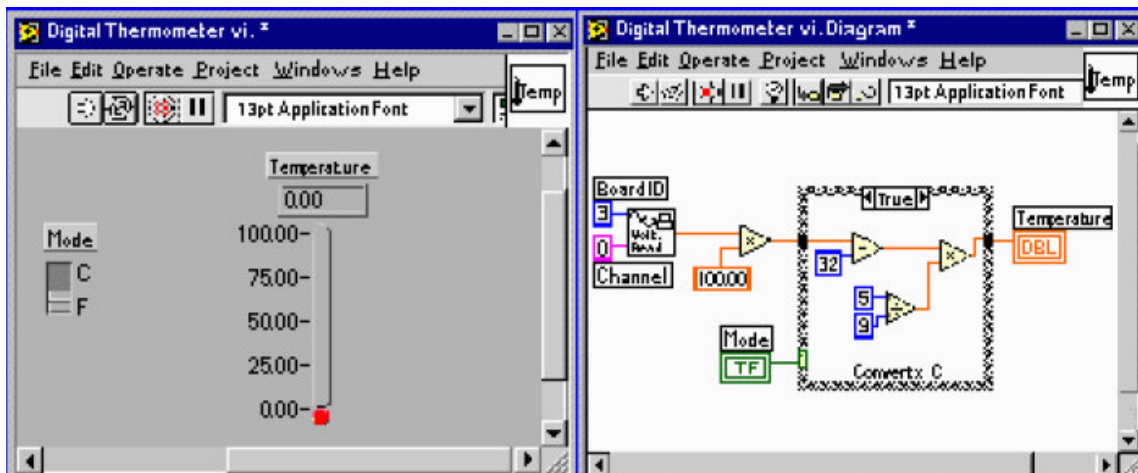
2.6.3 Programación gráfica con Labview

Cuando usted diseña programas con Labview está trabajando siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual, se pueden crear VI a partir de especificaciones funcionales que usted diseñe. Este VI puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una subfunción dentro de un programa general. Los VI's se caracterizan por: ser un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por su puesto ser reutilizables.

2.6.4 Diseño de la interfaz de usuario a partir del código.

En el ambiente de trabajo de Labview existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación ó diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y en el panel de programación se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones que determinan en sí como funciona el programa o el sistema, exactamente es la parte donde se realizan las especificaciones funcionales.

Figura 20: Panel frontal LabView



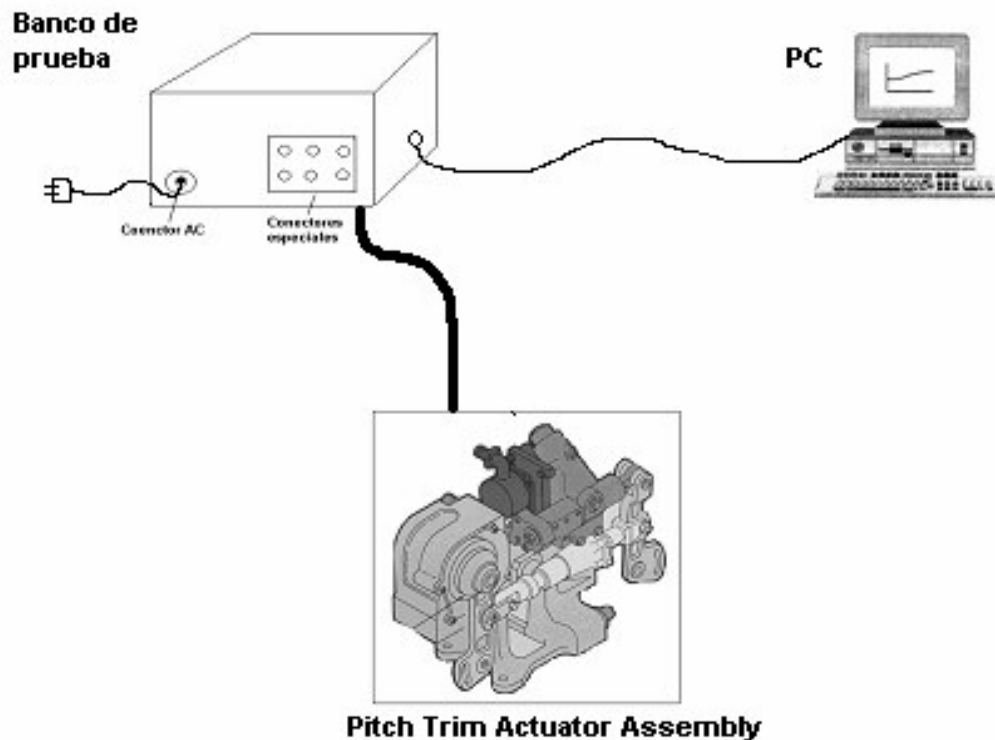
Obtenido de Tutorial de Labview Universidad Distrital "Francisco Jose de Caldas" Laboratorio de Electronica.

3. DISEÑO DE HARDWARE

3.1 Generalidades.

El sistema se compone de una caja donde se alojan el HARDWARE y las conexiones respectivas que van al elemento a probar, como se representa en el siguiente esquema:

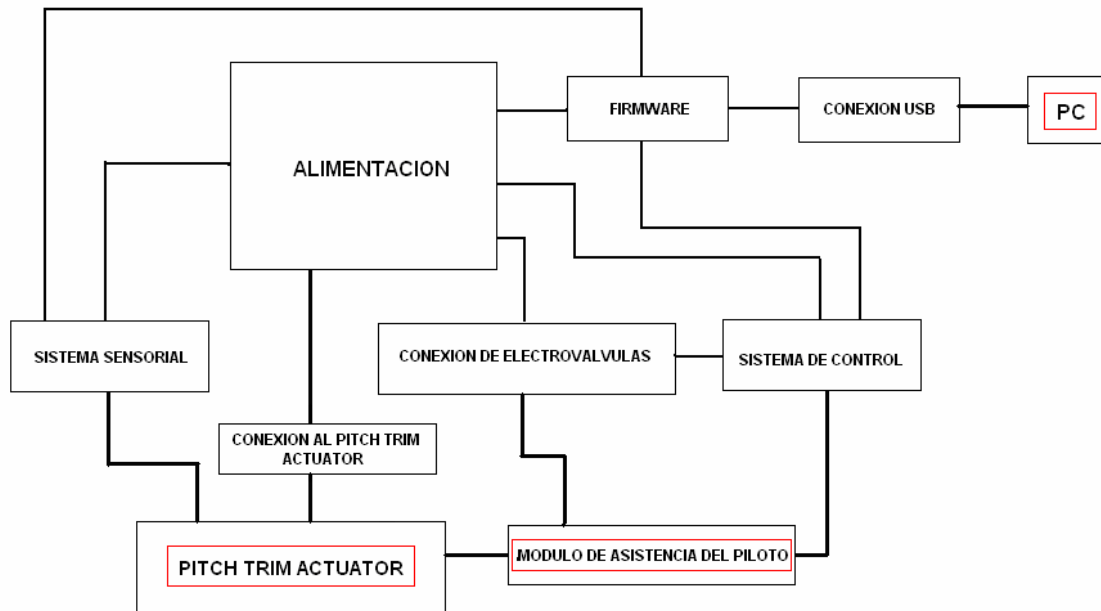
Figura 21: Esquema general del conjunto de prueba de fallas.



El PITCH TRIM ACTUATOR ASSEMBLY se conecta al Banco de Pruebas a través de 4 grupos de cables especiales. Las señales de retorno desde el actuador son procesadas por el sistema central del hardware para ser llevadas a la computadora donde se realiza el análisis y presentación de los resultados.

A continuación se presenta un diagrama de bloques que esquematiza el diseño interno del HARDWARE:

Figura 22: Diagrama de bloques del sistema interno del Banco de Pruebas



A continuación se explica con detalle cada uno de los sub-bloques mostrados en la figura 22.

Estos se encargan de llevar las señales eléctricas al actuador, de conducir las señales de control y de realimentar al sistema de prueba con el fin de comprobar el estado actual del actuador.

Cada uno de los conectores de estos cables tiene un número determinado de pines que corresponden a una función específica.

3.2 Modulo de Alimentación.

Este modulo representa el conjunto de señales de voltaje que van al Pitch Trim, a las electro-válvulas shut off del modulo de asistencia del piloto y el voltaje que alimenta la circuiteria interna del hardware.

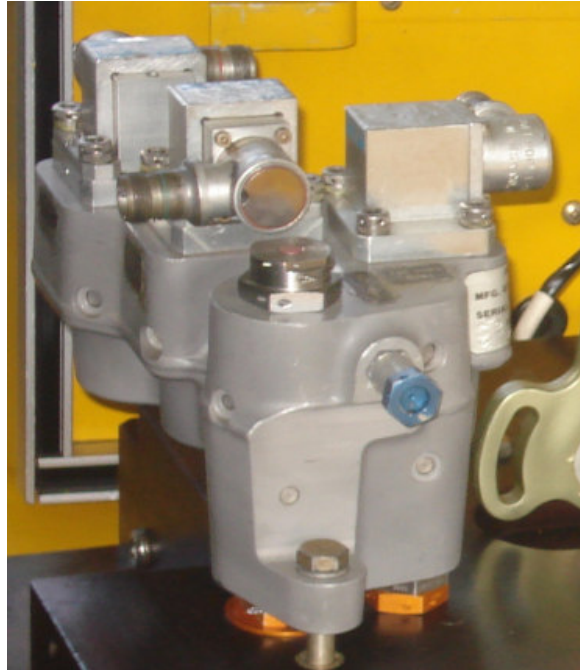
A continuación se describe el propósito de cada uno de los circuitos de alimentación:

3.2.1 Circuito de 28 Vdc, 5 Amps.

El propósito de este circuito es alimentar con 28V a dos válvulas shut off: *Trim* y *SAS*, cuyo consumo de corriente es de 1 Amp. para cada una. Según las especificaciones eléctricas exigidas para este propósito se debe disponer de una corriente maxima de 5 Amps., lo que explica tal característica.

Las válvulas shut off se encuentran en el modulo de asistencia del piloto y tienen como función permitir o bloquear el paso del fluido hidráulico que va a presurizar al Pitch Trim Actuator.

Figura 23: Modulo de Asistencia del Piloto



Fuente: Imagen tomada en los hangares de la Fuerza Aérea.

3.2.2 Circuito de +/- 15 Vdc.

Este circuito corresponde a una fuente de alimentación doble de +15 Vdc y -15Vdc fijas, con dos propósitos generales; uno es alimentar a dos componentes del actuator Trim llamados Stick Position y Trim Position, y el otro es polarizar algunos componentes de la circuiteria del Banco de Pruebas, principalmente el potenciómetro digital utilizado para obtener el rango de corriente requerido por las electro-válvulas del SAS y Trim.

3.2.3 Circuito de 5 Vdc.

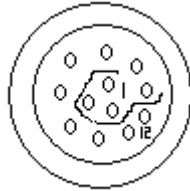
Tiene solo una función, y es suplir a todos los circuitos internos digitales del sistema de prueba.

3.3 Modulo de Conexión al Pitch Trim Actuator.

Este modulo representa la conexión desde el Banco de Prueba al Pitch Trim Actuator Assembly.

Existen dos grupos de cables; el cable del SAS Actuator, conformado por 4 cables individuales, y el del Trim Actuator conformado por 8 cables individuales. En sus extremos poseen conectores circulares cuya disposición de pines es la siguiente:

Figura 24: Conector TRIM:



Empezando el conteo según el esquema de pines, cada uno corresponde a las siguientes funciones:

Pin1: NC¹.

Pin2: Servo-Válvula Trim.

Pin3: GND².

Pin4: Señal de +15V del Stick Position.

Pin5: Señal de -15V del Stick Position.

Pin6: Señal de salida del Stick Position.

Pin7: Señal de +15V del Trim Position.

Pin8: Señal de -15V del Trim Position.

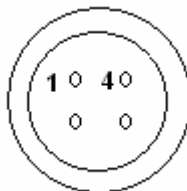
Pin9: Señal de salida del Trim Position.

Pin10: NC¹.

Pin11: NC¹.

Pin12: NC¹.

Figura 25: Conector SAS:



Empezando el conteo según el esquema de pines, cada uno corresponde a las siguientes funciones

Pin1: Señal para SAS1.

Pin2: GND² para SAS1.

Pin3: Señal para SAS2.

Pin4: GND² para SAS2.

¹NC: No Connection.

²GND: Ground (Tierra).

3.4 Modulo de Conexión de las electro-valvulas.

Conformado por dos pares de cables, uno para la válvula shut off del SAS y el otro para la válvula shut off del TRIM. Los pines para ambos cables están dispuestos de la siguiente manera:

Pin1: Señal de 28V para la electro-válvula.

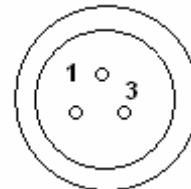
Pin2: GND².

Pin3: NC¹.

¹NC: No Connection.

²GND: Ground (Tierra).

Figura 26: Conector Shut Off



3.5 Modulo del Sistema de Control.

El PITCH TRIM ACTUATOR ASSEMBLY esta conformado principalmente por dos actuadores llamados SAS y TRIM Básico. Cada uno de ellos contiene electro-válvulas cuya operación depende del nivel de corriente inyectada a sus bobinas. A medida que se varía la corriente una aguja internamente se moverá para dar paso gradual al fluido hidráulico.

El fluido hidráulico presente, actuara en el movimiento de dos pistones según sea el caso; si la corriente se aplica al SAS, ya sea a SAS1, a SAS2 o a las dos en paralelo, un pistón propio de este se extenderá o retraerá dependiendo de la dirección de la corriente, y su valor determinara el desplazamiento realizado en pulgadas. Si la corriente se aplica al amplificador hidráulico del TRIM Básico, el pistón del sub-conjunto del Boost se extenderá o retraerá dependiendo de la

dirección de la corriente, y su valor determinara la velocidad de desplazamiento finalizando al llegar al extremo.

Los valores aproximados para el diseño del sistema de control según las cargas son:

Tabla 3: Valores aproximados del actuador SAS

SAS	SAS1	SAS2	SAS1 Y SAS2
Resistencia aprox.	1,427	1,427	0,713
Rango de corriente aprox.(mA)	Desde -5,76 hasta +5,45	Desde -5,74 hasta +5,40	Desde -10,42 hasta +10,42
Rango de voltaje aprox.(V)	Desde -8,95 hasta +8,88	Desde -8,97 hasta +8,87	Desde -7.43 hasta +7.43

Tabla 4: Valores aproximados del amplificador hidraulico del TRIM basico

AMPLIFICADOR HIDRAHULICO DEL TRIM BASICO	
Resistencia aprox. (kΩ)	1,204
Rango de corriente aprox.(mA)	Desde -6,52 hasta +6,23
Rango de voltaje aprox.(V)	Desde -7,92 hasta +7,83

El circuito funciona de la siguiente manera:

- El escrutinio del rango de corriente desde el valor máximo positivo hasta el valor mínimo negativo se realiza a través de un potenciómetro digital cuyos pulsos de ascenso o descenso vienen comandados desde la interfaz de usuario en el PC a través de un microcontrolador.
- Se selecciona el subconjunto a probar ya sea el actuador SAS o el TRIM Básico, donde si se elige la opción SAS, existe tres formas de disponer las bobinas SAS1 y SAS2 ya sea que actúen independientemente o las dos al tiempo.

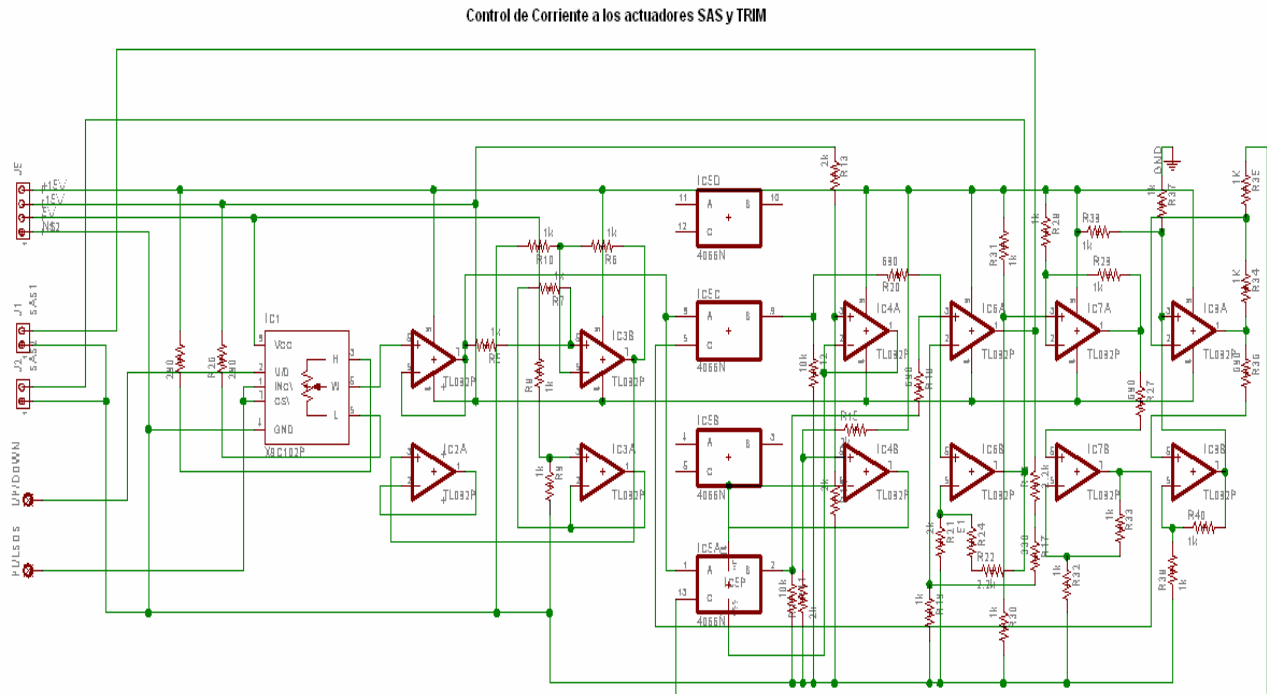
El circuito de control es el siguiente:

El circuito esta compuesto por diferentes etapas que fueron diseñadas de a cuerdo a las necesidades que nos fueron surgiendo, una de ellas es la de acople de impedancias, esta se construyo con simples seguidores de voltaje por medio de amplificadores operacionales que nos brindan un gran desempeño y poca complejidad en el diseño.

Dedibo a que el rango de voltajes que necesitamos hacer pasar por la carga varia entre 8.75V y -8.75V, y los dispositivos con que contamos tienen algunas limitantes tales como:

- El voltaje que se le puede inyectar al potenciómetro digital entre sus terminales H y L es 5V y -5V.
- El conversor Análogo Digital del PIC 18F2550, no convierte voltajes negativos, y el voltaje de referencia máximo es de 5V

Figura 27: Esquema circuitual Control



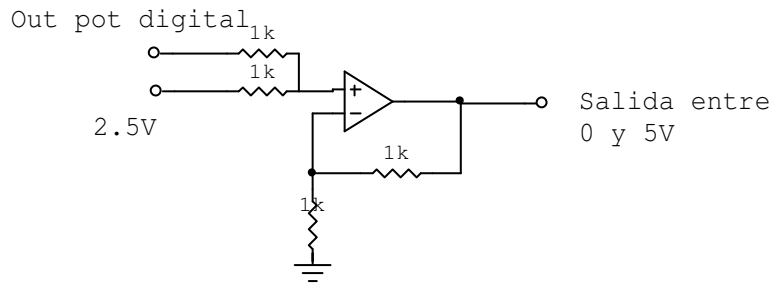
Teniendo en cuenta estas condiciones, se opto por diseñar el circuito con señales pequeñas, y al final con una etapa de amplificación obtener en la salida los valores deseados.

Para obtener valores positivos y negativos se aplica al pot digital un voltaje de 2.5V en su Terminal H y un voltaje de -2.5 en su Terminal L, con el fin de tener un valor manejable para aplicarle la ganancia que al final nos arrojará el voltaje deseado, en este caso la ganancia será de 3.5.

$$\text{Limite superior de V en la carga} = 2.5V * 3.5 = \mathbf{8.75V}$$

$$\text{Limite inferior de V en la carga} = -2.5 * 3.5 = \mathbf{-8.75V}$$

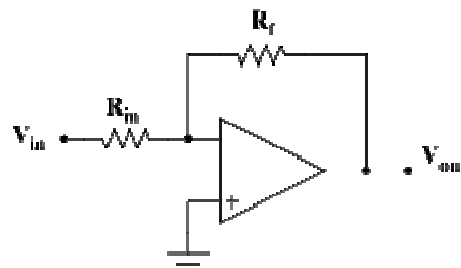
Con estos voltajes de menor valor se solucionó el problema de la primera limitante que se comentó, ahora nos queda el problema de los voltajes negativos en el conversor, para esto se utiliza un subidor de nivel, que lo que hace es sumarle a la salida del pot digital un valor análogo de 2.5V de tal manera que el rango de entrada al A/D sea de 0V a 5V.



Se utilizó un sumador no inversor para tal efecto, y como no necesitamos ganancia aún, todas las resistencias son iguales, incluyendo las de entrada.

Esta salida del sumador es la que se le inyecta al A/D y luego es transmitida al ordenador para que sea visualizada en la pantalla.

Para entregar a la carga los valores deseados, se implementa un amplificador de ganancia -3.5, cuya entrada va ser la salida directa del potenciómetro digital. Y la salida se aplicara a la carga.



El análisis de este circuito es el siguiente:

$$V_+ = V_- = 0$$

Definiendo corrientes:
$$\frac{V_{in} - 0}{R_{in}} = -\frac{V_{out} - 0}{R_f}$$
 y de aquí se despeja

$$V_{OUT} = -V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}$$

Teniendo en cuenta que la ganancia debe ser de -3.5, se tiene que las resistencias son $R_{IN}= 680\Omega$ y $R_F=2.4K\Omega$ aprox.

3.6 Modulo del Firmware.

Esta parte se refiere a los dispositivos programables que procesan la información y controlan todas las operaciones del sistema.

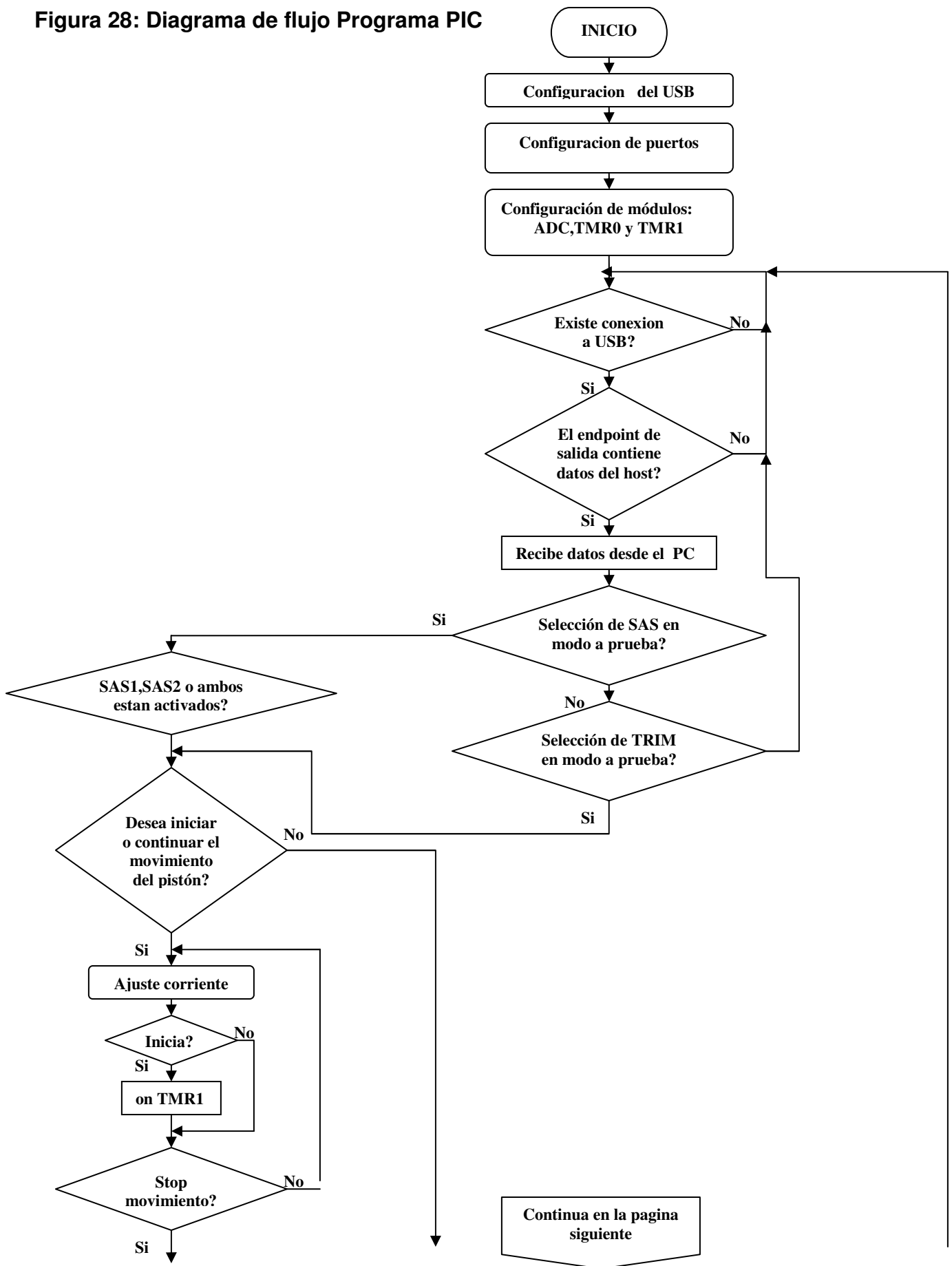
Lo representa el microcontrolador PIC18F2550 quien cumple las siguientes funciones:

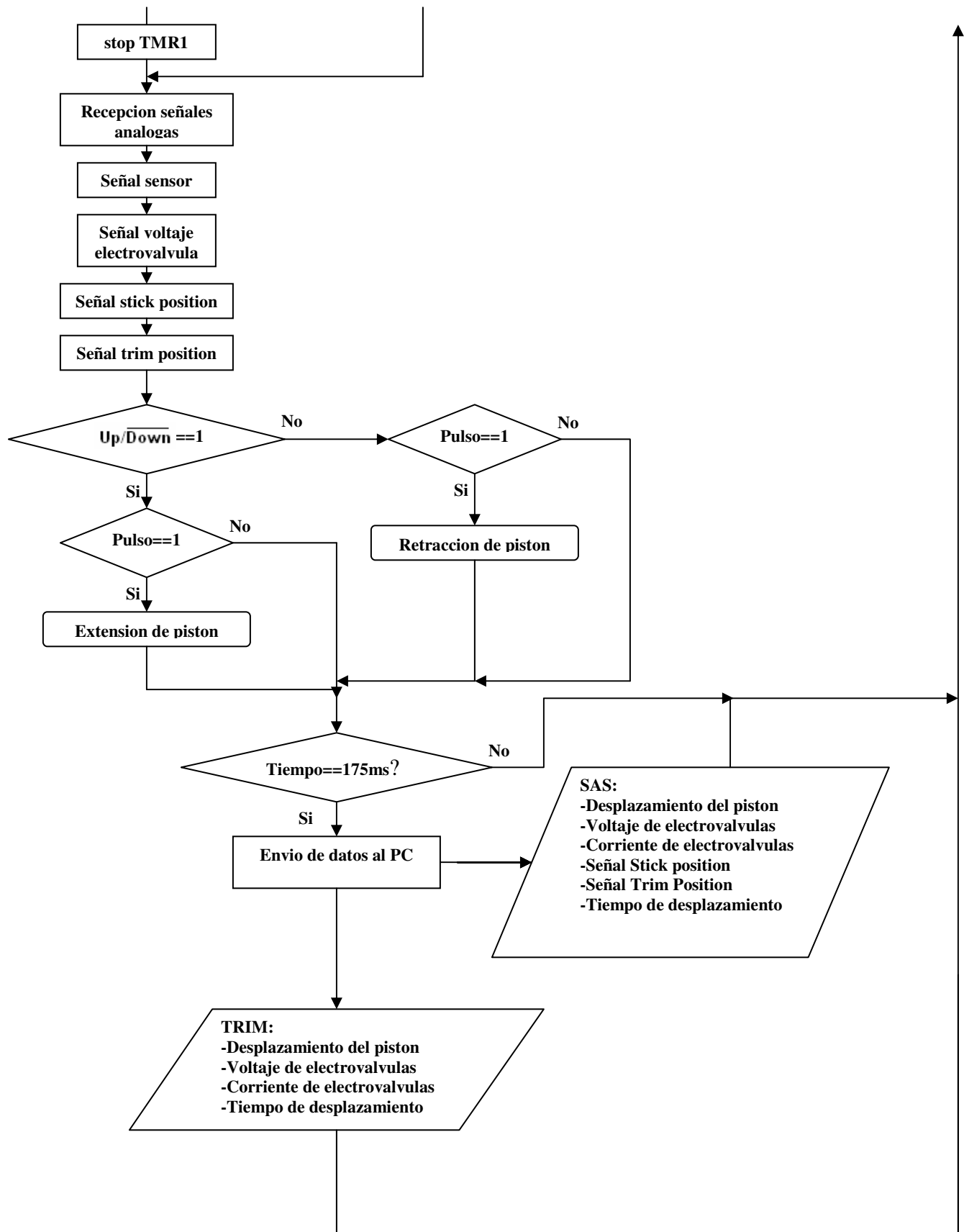
- Contiene software para la conexión del hardware al PC por USB.
- Recibe los comandos del panel de control del sistema que proviene del PC para realizar las respectivas funciones.
- De acuerdo a la información de control, da a sus periféricos internos órdenes para que se ejecuten las diferentes tareas asignadas hacia los componentes externos, según sea la programación.
- Recibe señales análogas del medio exterior, donde las procesa de tal manera que obtiene toda la información necesaria para ser enviada al software en el PC. Allí es analizada y mostrada al operador, quien tomara las determinaciones correspondientes.

Para la creación del código se emplea el software PIC C compiler, que contiene las librerías en lenguaje C para la programación del PIC18F2550, junto con ejemplos guía.

A continuación se presenta en un diagrama de bloques paso a paso las tareas comandadas por el microcontrolador en su código de programación.

Figura 28: Diagrama de flujo Programa PIC





La señal de movimiento ingresa a través de un acople de impedancia al sistema central de procesamiento con el fin de evitar información errónea.

El sensor se encuentra acoplado al Pitch Trim a través de un montaje, diseñado en un material compuesto plástico llamado “tivar”, que sirve como soporte al dispositivo adherido por medio de tornillos a la medida para el pistón del SAS y del Boost.

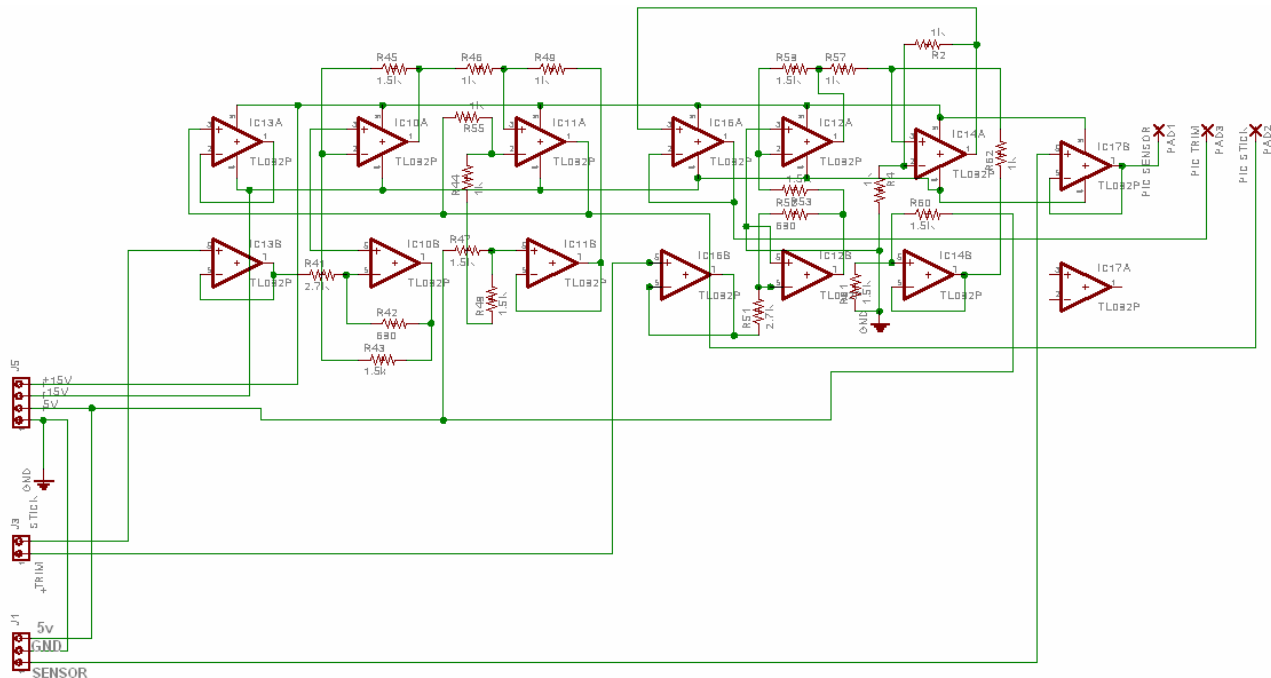
3.7.2 Stick Position y Trim Position.

Componentes internos del Trim Básico que informan a la computadora de vuelo el comportamiento del pistón del boost y el estado del bastón cíclico. Estos valores deben coincidir con la posición de los pistones internos del Trim Básico, lo cual se verifica al compararse los valores del Trim Position y el Stick Position.

Estas señales ingresan al sistema de pruebas a través del grupo de cables del Trim Actuator, a un arreglo circuital que procesa la información de tal manera que pueda ser aceptada por el microcontrolador y allí enviada al software del PC.

El circuito previo al ingreso de las señales sensoriales al dispositivo programable es el siguiente:

Figura 30: Esquema circuital acople señales sensoriales



Adquisición de señales provenientes del Stick Position y del Trim Position y acople de impedancia del sensor de desplazamiento.

En esta etapa del circuito se tuvieron en cuenta los mismos limitantes que se describieron en el circuito de control, ya que estos valores varían entre 10V y -10v, por ende se le debe hacer el mismo tratamiento antes de ingresarlos al A/D.

Esta etapa también cuenta con un seguidor que acopla las impedancias de entrada al amplificador.

Debido a que en este caso los valores de voltaje los define el actuador, el orden de las etapas aplicadas es el siguiente.

Seguidor → Divisor → Inversor → Sumador.

El seguidor sigue siendo simplemente el acople entre las señales de Stick y Trim, y el divisor. Porque divisor?; debido a a que el voltaje de Stich y trim esta dado entre 10v y -10V.

En el divisor aplicamos un amplificador inversor con una ganancia de -0.25, para que el nuevo rango sea de 2.5 a -2.5. Utilizamos el mismo metodo anterior y obtenemos una $R_{IN} = 2.7K\Omega$ y $R_F = 680\Omega$.

El inversor es simplemente el mismo amplificador pero con ganancia 1 y el sumador es el mismo mostrado en el diseño anterior.

3.8 Modulo de conexión USB.

Este modulo contiene el software y protocolo de la conexión por USB del hardware del Banco de Prueba a la interfaz grafica de LABVIEW.

Basados en el compilador PIC C de MICROCHIP, se emplean las siguientes librerías para la configuración y ejecución del modulo USB del PIC18F2550:

- usb.c
- usb.h
- pic18_usb.h

A continuación se presenta la rutina para la configuración del USB del proyecto:

```

////////////////////////////////////
///                               PicUSB.h                               ///
////////////////////////////////////
///                               ///
/// Esta rutina configura el dispositivo USB y sus descriptores.      ///
///                               ///
////////////////////////////////////

#ifndef __USB_DESCRIPTOR__
#define __USB_DESCRIPTOR__

```

```

#include <usb.h>

////////////////////////////////////
//
// start config descriptor
// right now we only support one configuration descriptor.
// the config, interface, class, and endpoint goes into this array.
//
////////////////////////////////////

#define USB_TOTAL_CONFIG_LEN 32 //config+interface+class+endpoint
//configuration descriptor
char const USB_CONFIG_DESC[] = {
//config_descriptor for config index 1
USB_DESC_CONFIG_LEN, //length of descriptor size
USB_DESC_CONFIG_TYPE, //constant CONFIGURATION (0x02)
USB_TOTAL_CONFIG_LEN, //size of all data returned for this config
1, //number of interfaces this device supports
0x01, //identifier for this configuration
0x00, //index of string descriptor for this configuration
0xC0, //bit 6=1 if self powered, bit 5=1 if supports remote wakeup
0x32, //maximum bus power required (maximum milliamperes/2)(0x32=100mA)

//interface descriptor 0 alt 0
USB_DESC_INTERFACE_LEN, //length of descriptor
USB_DESC_INTERFACE_TYPE, //constant INTERFACE (0x04)
0x00, //number defining this interface (IF we had more than one itterface)
0x00, //alternate setting
2, //number of endpoints, not counting endpoint 0.
0xFF, //class code, FF = vendor defined
0xFF, //subclass code, FF = vendor
0xFF, //protocol code, FF = vendor
0x00, //index of string descriptor for interface

//endpoint descriptor
USB_DESC_ENDPOINT_LEN, //length of descriptor
USB_DESC_ENDPOINT_TYPE, //constant ENDPOINT (0x05)
0x81, //endpoint number and direction (0x81 = EP1 IN)
0x02, //transfer type supported (0 is control, 1 is iso, 2 is bulk, 3 is interrupt)
USB_EP1_TX_SIZE, 0x00, //maximum packet size supported
0x01, //polling interval in ms. (for interrupt transfers ONLY)

//endpoint descriptor
USB_DESC_ENDPOINT_LEN, //length of descriptor
USB_DESC_ENDPOINT_TYPE, //constant ENDPOINT (0x05)
0x01, //endpoint number and direction (0x01 = EP1 OUT)

```



```

    0x02,          //index of string descriptor of the product
    0x00,          //index of string descriptor of serial number
    USB_NUM_CONFIGURATIONS //number of possible configurations
};

////////////////////////////////////
// start string descriptors
// String 0 is a special language string, and must be defined. People in U.S.A.
// can leave this alone.
// You must define the length else get_next_string_character() will not see the
/// string. Current code only supports 10 strings (0 thru 9)
////////////////////////////////////

//the offset of the starting location of each string.
//offset[0] is the start of string 0, offset[1] is the start of string 1, etc.
const char USB_STRING_DESC_OFFSET[]={0,4,12};

#define USB_STRING_DESC_COUNT sizeof(USB_STRING_DESC_OFFSET)

char const USB_STRING_DESC[]={
//string 0
    4, //length of string index
    USB_DESC_STRING_TYPE, //descriptor type 0x03 (STRING)
    0x09,0x04, //Microsoft Defined for US-English
//string 1 --> la compa ia del producto ???
    8, //length of string index
    USB_DESC_STRING_TYPE, //descriptor type 0x03 (STRING)
    'A',0,
    'P',0,
    'F',0,
//string 2 --> nombre del dispositivo
    22, //length of string index
    USB_DESC_STRING_TYPE, //descriptor type 0x03 (STRING)
    'P',0,
    'I',0,
    'T',0,
    'C',0,
    'H',0,
    '',0,
    'U',0,
    'S',0,
    'B',0
}

#endif

```

Basado en la version de Microchip usb_desc_scope.h

Una vez programado el microcontrolador con el software para USB, se conecta a través de un cable con un conector tipo A al PC y se espera a que este lo reconozca. Automáticamente se abre el asistente para la instalación de nuevo hardware encontrado, se marca la opción de "instalar desde una lista o ubicación específica", se pincha sobre siguiente y en la siguiente pantalla se marca la opción de "Buscar el controlador más adecuado en estas ubicaciones", se pincha sobre "Incluir esta ubicación en la búsqueda" y a continuación sobre Examinar, buscamos la carpeta donde hallamos ubicado el driver proporcionado por Microchip y quedara listo para ser usado.

Basado en <http://www.hobbypic.com>

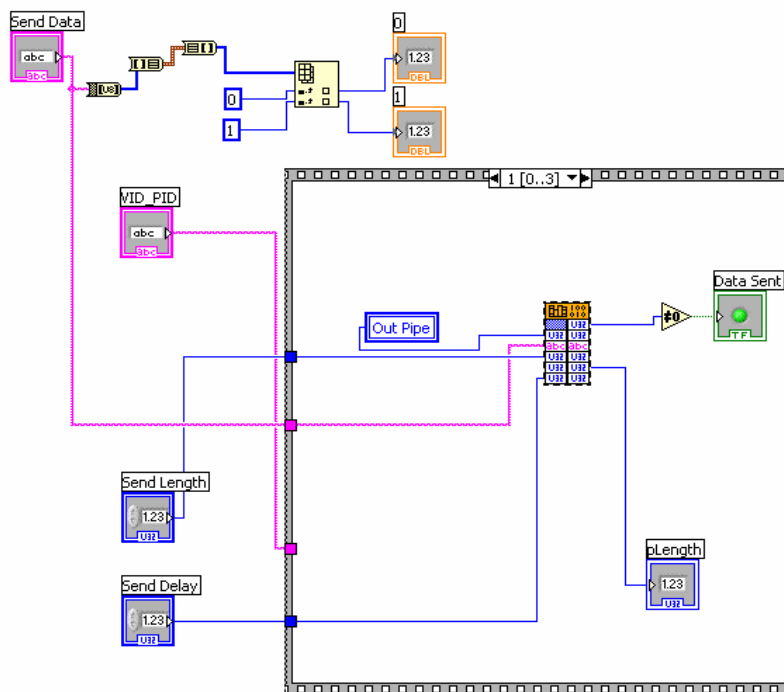
3.8.1 Conexión de USB a LABVIEW.

Principalmente se debe disponer de la librería que provee Microchip que contiene las funciones de conexión para USB. Esta se denomina *mpusbapi.dll* y a partir de ella se basa todo el proceso de configuración del USB en LABVIEW.

En la paleta de funciones de la plantilla de diagrama de bloques en LABVIEW se encuentra "Call Library function", el cual se emplea para llamar la librería y cargar todas las funciones de conexión, envío y recepción de datos desde el hardware.

Se debe crear un subVi para lectura de datos desde el host, y otro para escritura de datos al host como se muestra:

Figura 31: Escritura de datos al host



4. DISEÑO DE SOFTWARE.

La interfaz del usuario fue creada en el software de programación grafica de National Instruments LABVIEW.

El panel de control del sistema de prueba es comandado por el operario desde el PC. Los datos obtenidos y el análisis grafico de las señales se presentan al usuario a través de dos ventanas dispuestas independientemente para cada uno de los actuadores SAS y TRIM.

4.1 Interfaz grafica para SAS Actuator.

Está provista por un set de botones y cajuelas de texto donde se muestran los datos numéricos de la información obtenida del subconjunto del SAS. A su lado se observan dos pestañas que contienen la grafica *Desplazamiento Vs. Tiempo* y la grafica *Desplazamiento Vs. Corriente*. Estas con el fin de obtener la velocidad del pistón y de monitorear su movimiento en función de la corriente, la cual determina la posición.

Las graficas proveen diversas funciones como variar la escala de muestreo, aumentar en un punto mover la grafica con la herramienta de mano, etc.

En la primera parte del set de control se tiene dos botones con indicadores LED que se activan una vez estos son pulsados. El botón **UP/DW** como su nombre lo indica, cuando se pone a 1 se activa el comando que ordena según sea la señal de **Pulso** 1 o 0, el ascenso o no de la corriente, y 0 cuando en su defecto se dispone a descender según sea la señal de **Pulso** 1 o 0.

A continuación se tienen dos botones que activan las bobinas SAS1, SAS2 o ambas.

Play da inicio al movimiento del pistón, y con ello el muestreo de la señal del sensor. Siguiendo a ello se obtienen los demás valores que se derivan de la operación. Con **Stop** se detiene el movimiento y toda la operación del sistema.

La corriente que determina la posición del pistón del SAS, se establece previamente a la orden de movimiento, aunque también puede variarse mientras este en operación según como requiera el usuario.

A continuación se presenta la imagen de su presentación:

Figura 33: Panel Frontal Modulo SAS en LabView



4.2 Interfaz grafica para TRIM Basico.

Esta provista por un set de botones y cajuelas de texto donde se muestran los datos numéricos de la información obtenida del subconjunto del Trim Basico. A su lado se observan cuatro pestañas que contienen las graficas *Speed Vs. Tiempo*, *Speed Vs. Corriente*, *Stick Vs. Tiempo* y *Trim Vs. tiempo*. Estas con el fin de obtener la velocidad del pistón del Boost y monitorearla en función de la corriente, la cual la determina, la señal que proviene del Stick Position con el fin de comprobar el estado del baston ciclico frente a la señal que provee el Trim Position que muestra el comportamiento de los pistones internos del Trim Básico, las cuales deben ser lo mas similares posibles.

Las graficas proveen diversas funciones como variar la escala de muestreo, aumentar en un punto mover la grafica con la herramienta de mano, etc.

En la primera parte del set de control se tiene dos botones con indicadores LED que se activan una vez estos son pulsados. El botón **UP/DW** como su nombre lo indica, cuando se pone a 1 se activa el comando que ordena según sea la señal de **Pulso** 1 o 0, el ascenso o no de la corriente, y 0 cuando en su defecto se dispone a descender según sea la señal de **Pulso** 1 o 0.

Play da inicio al movimiento del pistón, y con ello el muestreo de la señal del sensor. Siguiendo a ello se obtienen los demás valores que se derivan de la operación. Con **Stop** se detiene el movimiento y toda la operación del sistema.

La corriente que determina la velocidad del pistón del Boost, se establece previamente a la orden de movimiento, y este una vez arranca no se debe detener si no hasta que llegue a su extremo full extendido o full contraído.

A continuación se presenta la imagen de su presentación:

Figura 34: Panel Frontal Modulo TRIM en LabView

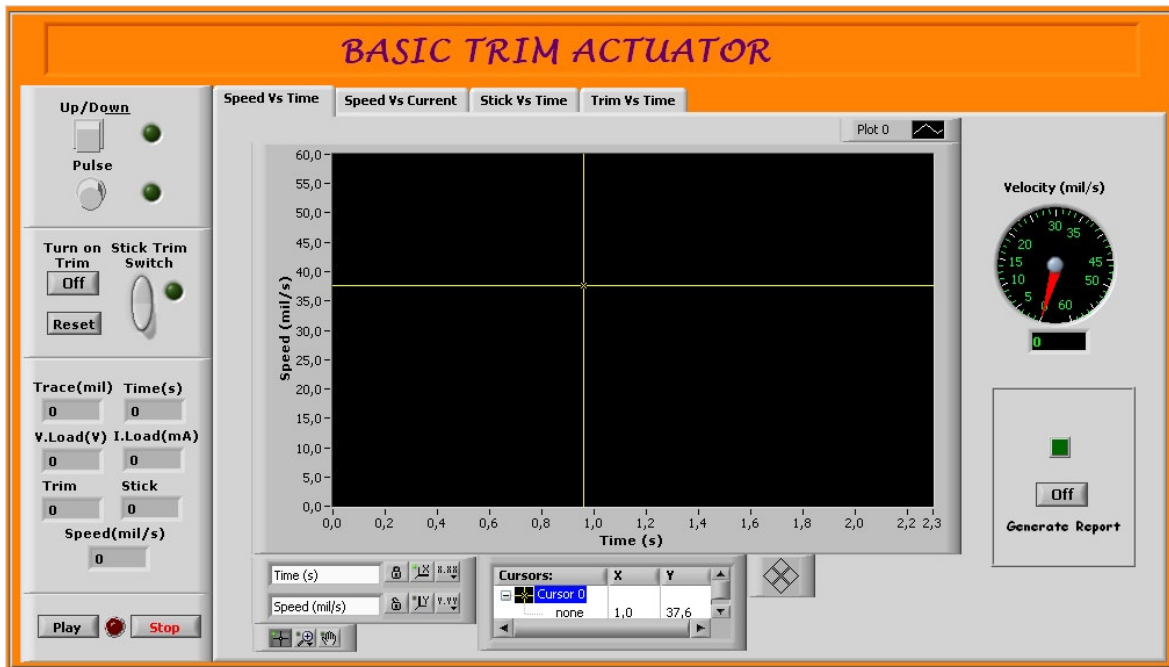
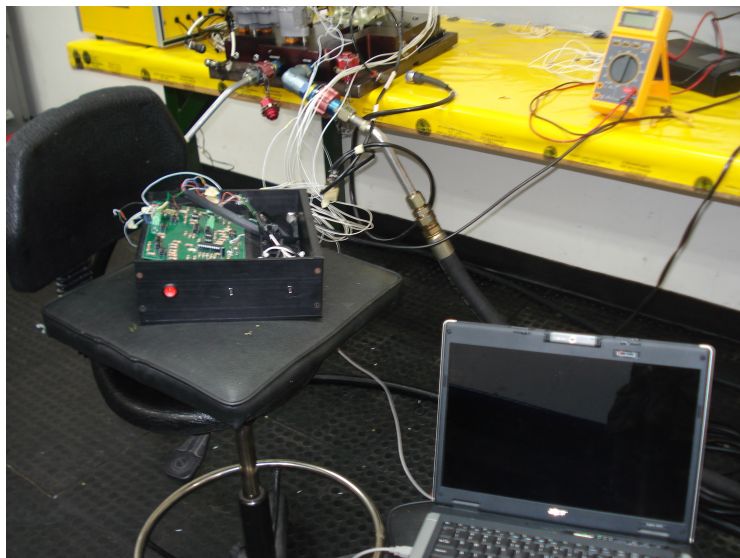


Figura 35: Conexión entre el Actuador, Banco y PC.



5. CONCLUSIONES

La implementación de sistemas para la detección de fallas en los actuadores que están ubicados en las aeronaves, es algo importante en la seguridad de las personas que utilizan este tipo de medios de transporte ya que las fallas operacionales de estos dispositivos no se deben corregir en el aire, es necesario contar con un buen sistema de control de calidad para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas que están inmersos en el funcionamiento de las aeronaves.

El sistema de prueba que se ha diseñado cumple determinados parámetros necesarios para poder determinar algunas de las diferentes fallas que se pueden presentar por parte del PITCH TRIM ACTUATOR, estas fallas se detectan por medio de la simulación de las diferentes señales que se le aplican en vuelo real al actuador y que son aplicadas en forma individual en una estación de mantenimiento creada para tal efecto.

Debido a que el sistema de pruebas debe operar de tal manera como lo haría la computadora de vuelo, se implemento la interfaz entre el dispositivo de prueba diseñado y la computadora donde se tendrá la información obtenida de los actuadores a los que se le estén aplicando dichas señales, se opto por utilizar una conexión USB que brinda una velocidad optima para los requerimientos que se necesitan a la hora de transferir datos desde el hardware hasta la computadora que analiza y reporta al usuario las condiciones en que esta operando el actuador en prueba. Se usó la versión de USB 2.0 ya que brinda una mayor velocidad que la comunicación serial que es apenas de 1 Mb/s

Para tal efecto de la conexión USB, un dispositivo bastante fácil de operar y con diferentes tipos de opciones de programación que brindo suficientes periféricos internos para la adquisición, procesamiento y envío de datos, fue el PIC 18F2550, el cual utilizado de la forma correcta permite un transferencia de de datos full duplex al mismo tiempo que permite la conversión de señales análogas en digitales y sirve como puerto de entrada y salida para el control del hardware que fue necesario implementar.

Con respecto al PIC es de notar que cuenta con un conversor ADC que consta de 10 entradas multiplexados, esto hace que al utilizar más de una entrada al conversor se generen una serie de inestabilidades en el conversor haciendo que los bits menos significativos de la conversión varíen de una forma muy rápida y aleatoria.

La herramienta computacional de National Instruments brindo gran variedad de formas de analizar las señales que llegan a la computadora y así expresar de

la mejor manera los datos obtenidos de la conversión del PIC, con respecto a la interfaz USB se tuvo algunos inconvenientes ya que la herramienta virtual que se utilizó, era muy avanzada para la versión que se utilizó inicialmente, tal situación se solucionó con la actualización de la versión utilizada de LABVIEW 8.5.

Otra limitante en el desarrollo de la tesis, fue el hecho de no tener en nuestro medio en la ciudad de Neiva el dispositivo al que se tenía que simular las señales indicadas, por ende en un principio se tuvo que diseñar con bases teóricas que fueron investigadas, de tal manera en primera instancia el diseño fue probado en protoboard, y se comprobó que esas bases teóricas coincidían en gran medida con la experiencia obtenida al aplicar el diseño inicial al actuador.

Al tratarse de una entidad militar donde se realizaban las pruebas, fue muy difícil contar con el tiempo deseado para realizar correcciones en el momento de cada prueba, así que después de cada prueba era necesario trasladarse de nuevo a Neiva y corregir las fallas para esperar un nuevo permiso para realizar la siguiente prueba.

6.1 MEJORAS AL PROYECTO

Ya que la implementación del dispositivo esta orientado hacia la tecnología militar, la principal mejora seria implementar este dispositivo con elementos que cumplan dichas características y ampliar el rendimiento y la confiabilidad en las mediciones que pueden hacer los dispositivos de esta tecnología.

El sistema cuenta con un módulo de transmisión de datos hacia el puerto USB del computador, dificultando la manipulación del mismo. La adecuación de un sistema de comunicación inalámbrico, aunque aumenta los costos del proyecto mejoraría la maniobrabilidad del prototipo, ya que evitaría la presencia del operador dentro del cuarto donde se encuentra la fuente hidráulica que genera altos grados de ruido que conllevarían a el operario a tener problemas físicos mas adelante.

Estandarizar parámetros y ampliar los módulos de medición para q con un solo banco se pueda probar más actuadores o dispositivos al tiempo.

Ampliar las características de los elementos de medición, como ampliar la resolución de los conversores y mejorar la precisión de los sensores a utilizar ya que la variación que se tiene al momento de medir es cercana a las milésimas de pulgada.

ANEXOS

A1- Pagina 1 del datasheet PIC18f2550


MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550
**28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB
Microcontrollers with nanoWatt Technology**
Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-chip USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

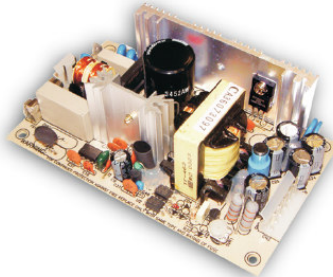
Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EAUSART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI™	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

A.2 Datasheet fuente tripe



65W Triple Output Switching Power Supply

PT-65 series



■ Features :

- Universal AC input/Full range
- Low leakage current<0.5mA
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 65KHz
- 2 years warranty

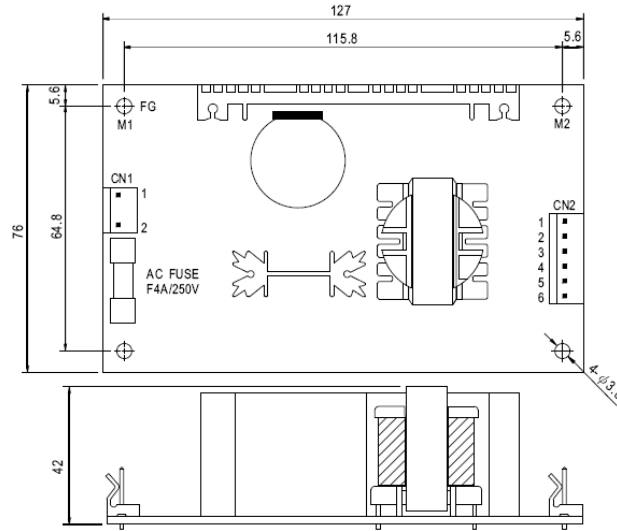


SPECIFICATION

MODEL	PT-65A			PT-65B			PT-65C			PT-65D		
OUTPUT NUMBER	CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3
DC VOLTAGE	5V	12V	-5V	5V	12V	-12V	5V	15V	-15V	5V	12V	24V
RATED CURRENT	5.5A	2.5A	0.5A	5.5A	2.5A	0.5A	5.5A	2A	0.5A	4A	2A	1A
CURRENT RANGE	0.4 ~ 7A	0.2 ~ 3.2A	0 ~ 0.7A	0.4 ~ 7A	0.2 ~ 3.2A	0 ~ 0.7A	0.4 ~ 7A	0.2 ~ 2.6A	0 ~ 0.7A	0.5 ~ 5A	0.2 ~ 4A	0.2 ~ 1.3A
RATED POWER	60W			63.5W			65W			68W		
OUTPUT POWER (max.)	Rated output power for convection; 72W with 18CFM min. Forced air											
RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	50mVp-p	120mVp-p	50mVp-p	50mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	50mVp-p	120mVp-p	100mVp-p	50mVp-p	100mVp-p	200mVp-p
VOLTAGE ADJ. RANGE	CH1: 4.75 ~ 5.5V											
VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±4.0%	±7.0%	±5.0%	±4.0%	±7.0%	±5.0%	±4.0%	±7.0%	±5.0%	±4.0%	±6.0%	±6.0%
LINE REGULATION	±1.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±2.0%	±3.0%
LOAD REGULATION	±3.0%	±4.0%	±1.0%	±3.0%	±4.0%	±1.0%	±3.0%	±4.0%	±1.0%	±2.0%	±5.0%	±5.0%
SETUP, RISE TIME	800ms, 20ms at full load											
HOLD UP TIME (Typ.)	60ms at full load											
VOLTAGE RANGE	90 ~ 264VAC 127 ~ 370VDC											
FREQUENCY RANGE	47 ~ 440Hz											
EFFICIENCY(Typ.)	76%			77%			77%			79%		
AC CURRENT (Typ.)	1.5A/115VAC 0.9A/230VAC											
INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 20A/115VAC 40A/230VAC											
LEAKAGE CURRENT	<0.75mA											
OVERLOAD	73 ~ 95W rated output power									74.8 ~ 98.6W rated output power		
OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75VDC on CH1											
WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to output load derating curve)											
WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing											
STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH											
TEMP. COEFFICIENT	±0.04%/°C (0 ~ 50°C) on +5V output											
VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, Period for 60min.each along X, Y, Z axes											
SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1 Approved											
WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC 1min.											
ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms/500VDC											
EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B											
HARMONIC CURRENT	Compliance to EN61000-3-2,-3											
EMS IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11; ENV50204, EN55024, Light industry level, criteria A											
MTBF	277.2K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)											
DIMENSION	127*76*42mm (L*W*H)											
PACKING	0.25Kg; 54pcs/15.9Kg/1.35CUFT											
NOTE	<ol style="list-style-type: none"> 1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 5. Mounting holes M1 and M2 should be grounded for EMI purposes. 											

Mechanical Specification

Unit:mm



AC Input Connector (CN1) : Molex 5277-02 or equivalent

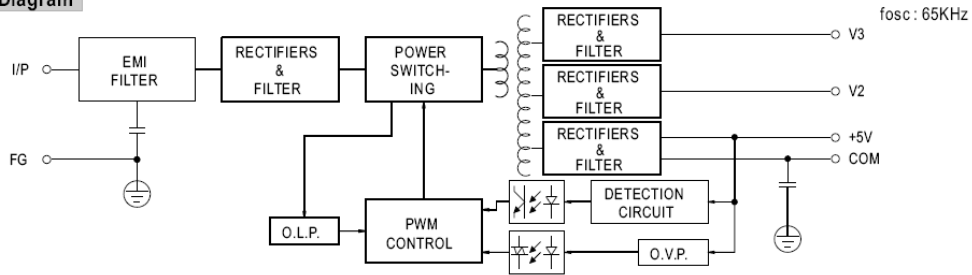
Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	AC/N	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
2	AC/L		

DC Output Connector (CN2) : Molex 5273-06 or equivalent

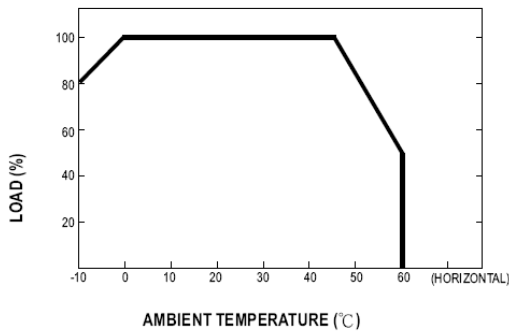
Pin No.	Assignment	Mating Housing	Terminal
1	V2	Molex 5195 or equivalent	Molex 5194 or equivalent
2,3	+5V		
4,5	COM		
6	V3		

※PIN2:+5V PIN3,4,5:COM only for PT-65D

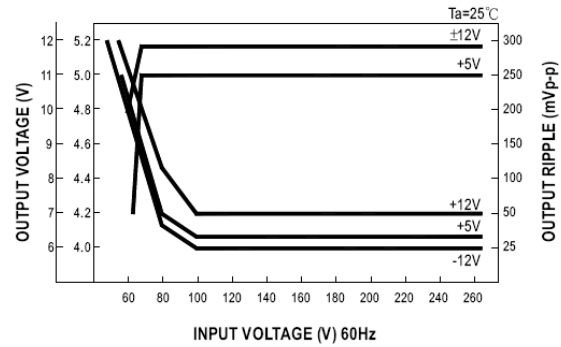
Block Diagram



Derating Curve



Static Characteristics (B)




A.3 Datssheet fuente 28 v 5 Amp

GPC140 Commercial/GPM140 Medical 140 Watt Global Performance Switchers



FEATURES:

- Wide-range ac input 85-264 Vac
- 2-year warranty
- Conducted EMI exceeds FCC Class B and CISPR 22 Class B (Commercial models) and CISPR 11 Class B (Medical models)
- Single outputs
- Commercial Approved to UL1950, IEC950, EN60950 and CSA22.2-234 L3
- Medical Approved to UL2601-1, IEC601-1 and CSA22.2 No. 601
-  marked to LVD

SPECIFICATIONS:

Ac Input

85-264 Vac, 47-63 Hz single phase.

Input Current

Maximum input current at 120 Vac, 60 Hz with full rated output load: 3.7 A

Hold-Up Time

20ms minimum from loss of ac input at full load, nominal line (115 Vac).

Output Power

140 W convection; 160 W with air flow. Peak ratings are for 60 s maximum duration, 10% duty cycle.

Overload Protection

Fully protected against short circuit and output overload. Short circuit protection is cycling type power limit on output 1. Recovery after fault is automatic.

Overvoltage Protection

Main outputs: 130% \pm 15% typical.

Efficiency

70% at full rated load, nominal input voltage, depending on model and load distribution.

Input Protection

Internal ac fuse provided. Designed to blow only if a catastrophic failure occurs in the unit.

Inrush Current

Inrush is limited by internal thermistors. Inrush at 240 Vac, averaged over the first ac half-cycle under cold start conditions will not exceed 60 A.

Temperature Coefficient

0.03%/°C typical on all outputs.

Thermal Shutdown

Provided as a standard feature. Designed to protect unit from prolonged overtemperature.

Environmental

Designed for 0 to 50°C operation at full rated output power; derate output current and total output power by 2.5% per °C above 50°C. See Environmental and Packaging Specifications on next page.

Power Fail

TTL- or CMOS-compatible output goes low (< 0.5 V) 5 ms before output voltage drops more than 4% below nominal voltage upon loss of ac power. The signal is factory set to trip on 84 to 94 Vac brown-out depending upon incoming line impedance and distortion. Other settings are available to the user through adjustment of built-in potentiometer.

Output Noise

0.5% rms, 1% pk-pk, 20 MHz bandwidth, differential mode. Measured with noise probe directly across output terminals of the power supply.

Transient Response

Main output—500 μ s typical response time for return to within 0.5% of final value for a 50% load step change. $\Delta i/\Delta t < 0.2$ A/ μ s. Maximum voltage deviation is 3.5%. Startup/shutdown overshoot less than 3%.

Remote Sense

Provided as a standard feature.

Voltage Adjustment

Built-in potentiometer adjusts voltage \pm 5%.

Overload Protection

Factory set to begin power limiting at approximately 175 W.

EMI/EMC Compliance

All models include built-in EMI filtering to meet the following emissions requirements:

EMI SPECIFICATIONS	COMPLIANCE LEVEL
Conducted Emissions GPC140	EN55022 Class B; FCC Class B
Conducted Emissions GPM140	EN55011 Class B; FCC Class B
Static Discharge	EN61000-4-2, 6 kV contact, 8 kV air
RF Field Susceptibility	EN61000-4-3, 3 V/meter
Fast Transients/Bursts	EN61000-4-4, 2 kV, 5 kHz
Surge Susceptibility	EN61000-4-5, 1 kV diff., 2 kV com.

Commercial Leakage Current

0.95 mA 254 Vac @ 60 Hz input.

Commercial Safety

Approved to UL1950, CSA22.2 No. 234 Level 3, IEC950 and EN60950. UL file #E135803 commercial; CSA #LR46516 all models. The output(s) are intended for safety earthed Signal Output and Intermediate Circuits only. All dc outputs are SELV under normal and single fault conditions.

Medical Leakage Current

60 μ A 254 Vac @ 60 Hz input.

Medical Safety

Approved to UL2601, CSA22.2 No. 601 Level 3 and IEC601. UL file E116994; CSA #LR46516. The output(s) are intended for safety earthed Signal Output and Intermediate Circuits only. The output(s) are not acceptable for patient connection without additional isolation. All dc outputs are SELV under normal and single fault conditions.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de partes TM1-1520-237-23P4.
- Manual de aviación DMWR 1-1650-385.
- Curso de piloto de prueba de UH-60. Sistema Automático de control de vuelo (AFCS).(9426-8 Parte 2)
- Batallon escuela de Helicópteros. Fort Rucker, Alabama.
- Manual de mantenimiento uh60.
- Student Guide for UH-60 Hydraulics.
- Información acerca de USB:
http://www.zator.com/Hardware/H2_5.htm.
- Información del sensor de desplazamiento:
<http://www.etisystems.com/lcp12.asp>.
- Hoja de datos del PIC18F2550.
- Tutorial de Labview Universidad Distrital “Francisco Jose de Caldas” Laboratorio de Electronica.
- Información sobre modulo USB del PIC18f2550:
<http://www.microchip.com>.
- Ayuda del software PIC C Compiler.
- Información de configuración de USB con LabView:
<http://www.hobbypic.com>
- Manual_Compilador_C_Para_PICs.
- Un paseoporUSB-2.
- Conectando un PIC al PC con el USB.