

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DEL REGULADOR DE
SOBREVELOCIDAD (GOVERNOR) DIDÁCTICO**

POR:

GALO ESTEBAN FALCONÍ MÁRQUEZ

Proyecto de Grado como requisito para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2004

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Galo Esteban Falconí Márquez, como requerimiento parcial a la obtención del título de **Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica especialidad Motores**

Ing. Dag Bassantes M. SC.

Latacunga, 6 Julio del 2004

DEDICATORIA

El presente trabajo, que está lleno de esfuerzo sacrificio y cariño, está dedicado a esa pequeña luz que ya empezó a brillar, mi Hijo; a mi esposa Verónica; a mis queridos padres Galo y Oderay; y también, a mi hermano Andrés; quienes a pesar de la distancia y las diferentes situaciones que nos pone la vida, me alentaron día a día, y me brindaron su incondicional apoyo, para la pronta culminación de mi carrera.

Galo Esteban Falconí Márquez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por haberme dado la salud y la fuerza de carácter necesarias, para lograr la cristalización del presente trabajo, y con este, mi carrera.

También, un agradecimiento especial para el Ingeniero Dag Bassantes, quien con sus métodos de trabajos, día a día y de forma desinteresada me apoyó y alentó para la elaboración del presente proyecto, sobre todo por demostrar una gran amistad y romper la clásica relación “Profesor – Alumno”.

Finalmente, agradezco a todas las autoridades y profesores del Instituto, que me ayudaron sin poner obstáculos y en los momentos que necesite una orientación o un apoyo.

Galo Esteban Falconí Márquez.

ÍNDICE GENERAL

Carátula	I
Certificación	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice General.....	V
Índice de Tablas.....	IX
Índice de Figuras	X
Índice de Cuadros	XI
Índice de Anexos	XII
Nomenclatura.....	XIII
Resumen	1

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema	3
Justificación	4
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Alcance	5

CAPÍTULO I
REGULADORES

1.1 Generalidades	7
1.2 Tipos de Regulación	7
1.2.1 Reguladores Mecánicos	7
1.2.1.1 Regulación Taquimétrica	8
Regulación Directa	8
Regulación Indirecta	9
1.2.2 Regulación Electrónica	10
1.3 Aplicaciones	11
1.4 Operación	11
1.5 Descripción del Governor de Sobrevelocidad	16

CAPÍTULO II
ALTERNATIVAS

2.1 Planteamiento de Alternativas	18
2.1.1 Regulación Taquimétrica Directa	18
2.1.2 Regulación Taquimétrica Indirecta	19
2.2 Estudio de Factibilidad	19
2.2.1 Parámetros para la Calificación	20
2.2.1.1 Factor de Ponderación	20
2.2.1.2 Factor Multiplicativo	20
2.2.2 Facilidad de Construcción	20

2.2.3 Cantidad de Elementos Constitutivos	21
2.2.4 Materiales a Emplearse	21
2.2.5 Valor Económico	22
2.2.6 Afinidad Didáctica	22
2.2.7 Facilidad de Operación	23
2.2.8 Facilidad de Mantenimiento	23
2.3 Selección de la Mejor Alternativa	24

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1 Descripción del Governor de Sobrevelocidad Didáctico	26
3.2 Descripción del Funcionamiento del Governor de Sobrevelocidad Didáctico....	28
3.3 Cálculos	29
3.3.1 Cálculo de la Velocidad Angular.....	30
3.3.2 Cálculo del Caudal	34
3.4 Construcción	43
3.4.1 Detalle de Máquinas, Herramientas y Equipos Utilizados	43
3.4.2 Diagrama de Construcción	45
3.4.2.1 Diagrama de Construcción del Governor de Sobrevelocidad Didáctico	46
3.4.2.2 Diagrama de Construcción del Circuito Hidráulico	49
3.4.2.3 Diagrama de Construcción del Soporte del Sistema	51
3.4.3 Diagrama de Montaje	53

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Recursos Humanos	60
4.2 Recursos Materiales	60

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones	65
 BIBLIOGRAFÍA	 66

ANEXOS

PLANOS

HOJA DE VIDA

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ÍNDICE DE TABLAS

2.1 Ventajas y Desventajas de las dos Alternativas.....	19
2.2 Calificación de la Facilidad de Construcción	20
2.3 Calificación de la Cantidad de Elementos Constitutivos.....	21
2.4 Calificación de los Materiales a Emplearse.....	21
2.5 Calificación del Valor Económico	22
2.6 Calificación de la Afinidad Didáctica	22
2.7 Calificación de la Facilidad de Operación.....	23
2.8 Calificación de la Facilidad de Mantenimiento.....	23
2.9 Matriz de Selección	24
3.1 Valores de Ángulos y Radios obtenidos en la Medición de la Máquina.....	31
3.2 Resumen de la Velocidad Angular	34
3.3 Resumen de Áreas obtenidas según el Grado de Apertura de la Palanca.....	40
3.4 Máquinas Utilizadas	43
3.5 Herramientas Utilizadas	44
3.6 Equipos Utilizados.....	45
3.7 Operaciones Realizadas y Tiempos Empleados en la Construcción del Governor de Sobrevelocidad	47
3.8 Operaciones Realizadas y Tiempos Empleados en la Construcción del Circuito Hidráulico	50
3.9 Operaciones Realizadas y Tiempos Empleados en la Construcción del Soporte del Sistema	52

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 Regulador de Watt	8
1.2 Regulación Directa	9
1.3 Regulación Indirecta.....	10
1.4 Governor de Sobrevelocidad (Pesas Cerradas)	13
1.5 Governor de Sobrevelocidad (Pesas Abiertas)	13
1.6 Governor de Sobrevelocidad (Pesas Normales)	14
1.7 Governor de Sobrevelocidad de la Turbina YORK.....	16
1.8 Descripción del Governor de Sobrevelocidad	17
3.1 Descripción del Governor de Sobrevelocidad Didáctico	26
3.2 Circuito Hidráulico del Governor de Sobrevelocidad Didáctico.....	27
3.3 Diagrama de Cuerpo Libre	29
3.4 Gráfica del Área en función de la Posición de la Palanca	42
3.5 Gráfica del Caudal en función del Área	43

ÍNDICE DE CUADROS

3.1 Manual de Operación.....	54
3.2 Manual de Mantenimiento.....	55
3.3 Récord de Pruebas	56
3.4 Récord de Pruebas	57
3.5 Récord de Pruebas	58
3.6 Récord de Pruebas	59
4.1 Recursos Humanos	60
4.2 Costo de Materiales	60
4.3 Costo de Máquinas, Herramientas y Equipos.....	62
4.4 Costo de la Mano de Obra	62
4.5 Costo Total de la Maqueta.....	63
4.6 Costo Total del Proyecto de Grado	63

ÍNDICE DE ANEXOS

“ A ” FOTOGRAFÍAS

A.1 Governor de Sobrevelocidad Didáctico

A.2 Governor y Llaves de Paso

A.3 Governor de Sobrevelocidad Didáctico en Funcionamiento

A.4 Polea, Banda, Motor Eléctrico y Mecanismos de Control Eléctrico

NOMENCLATURA

T = Tensión

Φ = Angulo

P = Peso

r = Radio

W = Velocidad angular

V = Velocidad lineal

m = Masa

g = Gravedad

Sen = Seno

Cos = Coseno

Tg = Tangente

Q = Caudal

A = Área

d = Diámetro

π = Pi

$^{\circ}$ = Grado sexagesimal

rad = Radianes

m = Metros

s = Segundos

plg = Pulgadas

mm = Milímetros

lt = Litros

min = Minutos

RESUMEN

TEMA: Construcción de un Governor de Sobrevelocidad Didáctico.

RESUMEN: El presente trabajo refiere a la regulación del paso de agua que simula combustible que pasa hacia la cámara de combustión, y en función de la velocidad, que se alcanza en el eje acciona por efecto de fuerza centrífuga, el Governor, mismo que por intermedio de un vástago obtura el paso de combustible.

Una bomba de agua, proporciona la presión necesaria, para que el agua fluya por las diferentes cañerías. La llave que va al retorno deberá permanecer siempre abierta, mientras la otra permanecerá cerrada, luego se debe abrir el paso hacia sistema de obturación y que por medio de otra cañería desemboca en el reservorio.

Una vez abiertas las llaves, se procede a accionar el pedal de control de velocidad del motor en una forma suave y continua, para que el Regulador empiece a girar en una forma no muy forzada. Por efecto de la fuerza centrífuga, los pesos se abren el collarín inferior se desplaza hacia arriba y junto a este un pequeño vástago que pasa por el collarín superior, y que por medio de un pequeño conector metálico, esta unido a una platina curva, la misma que en su otro extremo está unida a la palanca de la llave de globo, la cual por el movimiento antes mencionado, se desplazará hacia la posición de cerrada, cortando, de esta manera, el flujo del agua, permitiéndonos observar claramente, que cuando la velocidad del eje aumenta, un mecanismo, automáticamente, obtura el paso del agua. El conector metálico y la palanca de la llave, están unidas a la platina curva por medio de tornillos, los cuales tienen el juego necesario para un suave desplazamiento.

Es necesario indicar que, el giro del eje, se ha conseguido, gracias a la fuerza de un motor, que esta conectado a una polea montada en la parte inferior del eje, este motor esta unido al pedal de control de velocidad. Tanto el motor como la bomba, están conectados a una botonera de dos posiciones, la cual al colocar en ON, alimenta simultáneamente a estos dos elementos.

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Las turbinas de los motores de aviación, así también las turbinas hidráulicas, de vapor, de gas, giran a altas velocidades, que son reguladas y controladas, mediante sistemas manuales o automáticos.

La regulación de velocidad, fundamentalmente se la realiza para mantener los parámetros estándar de operación, en cuanto a bajas velocidades y altas velocidades, que derivan en el bajo rendimiento o desboque de la máquina.

La regulación entra en funcionamiento, en el momento que la velocidad rebase ciertos límites, los mismos que serán superiores e inferiores; por lo general los sistemas de regulación son automáticos, y, por medio de alguna señal (luminosa, de sonido, o de otro tipo) se hará saber al operador, que la máquina está operando a sobrevelocidad o a baja velocidad.

La regulación juega un papel muy importante, debido a que si no fuera por esta, las máquinas presentarían dos graves problemas; el primero, cuando alcancen una sobrevelocidad, si no hay un mecanismo de regulación o de seguridad, esta alcanzará velocidades inimaginables pudiendo causar daños extremos al interior de la misma, y segundo si la máquina tiene baja velocidad, el rendimiento de la misma no será el adecuado produciendo pérdidas, que según el caso pueden ir de pequeñas a muy grandes.

En el laboratorio de Motores-Jet del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, se cuenta con motores seccionados y partes didácticas de estos. Sin embargo, no se cuenta con un regulador de sobrevelocidad (governor) didáctico, que dificulta a los alumnos, el claro y total entendimiento, de la operación y funcionamiento de este regulador.

JUSTIFICACIÓN:

Los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la especialidad Motores, en su formación académica, deben recibir conocimientos teórico-prácticos, sobre el funcionamiento y operación de los motores. Al no contar con un Governor didáctico en los laboratorios del Instituto, no se puede observar el funcionamiento del mismo.

En los talleres se cuenta con un Governor de Sobrevelocidad no seccionado, lo que no permite observar las partes constitutivas del mismo, así como tampoco su funcionamiento.

Por lo indicado, se justifica realizar la construcción del Governor didáctico, el mismo que será empleado con fines de interaprendizaje en los laboratorios de Motores-Jet.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

Construir un Regulador de Sobrevelocidad (Governor) Didáctico, que permita observar el funcionamiento de la regulación del paso de combustible, para un mejor entendimiento sobre el tema, por parte de los estudiantes de la especialidad de Motores, en el laboratorio de Motores-Jet.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer y analizar las partes del Governor de Sobrevelocidad.
- Analizar el funcionamiento del Governor de Sobrevelocidad.
- Conocer las ventajas que presta el Governor de Sobrevelocidad en un motor.
- Proporcionar una fuente de consulta didáctica y práctica a los alumnos, en torno a mecanismos de regulación de sobrevelocidad.

ALCANCE:

En el presente proyecto se va a realizar un trabajo teórico-práctico, que servirá como material didáctico en los Laboratorios de Motores-Jet.

Se iniciará con el análisis de funcionamiento y operación de un Regulador de Sobrevelocidad (Governor), y posteriormente se realizará su construcción, pruebas y la elaboración de manuales de operación y mantenimiento

CAPÍTULO I

REGULADORES

1.1 GENERALIDADES

El Governador de sobrevelocidad, tiene por finalidad regular la velocidad del motor, es un artefacto hidro – mecánico, cuya función es la de regular la sobrevelocidad del motor, y sobre la base de la misma, obturar el paso de combustible.

En condiciones normales de operación todo el combustible del motor pasa a través del governor sin restricción, al producirse una sobrevelocidad en el motor, el governor limita la velocidad de este, restringiendo el paso excesivo de combustible, exceso que retorna a la fuente de alimentación a través de un by pass para la recirculación.

1.2 TIPOS DE REGULACIÓN

Existen diferentes tipos de regulación, entre otras se tiene:

- Reguladores Mecánicos
- Reguladores Electrónicos

1.2.1 REGULADORES MECÁNICOS

1.2.1.1 REGULACIÓN TAQUIMÉTRICA

La fig. 1.1, presenta el regulador de Watt, más comúnmente conocido como el regulador de bolas. El eje del regulador gira en sincronismo con la máquina. Al girar el eje, la fuerza centrífuga, produce el ascenso de las bolas y estas a su vez, accionan el vástago, al cual se hallan conectadas.

Aunque el regulador de bolas actúa abriendo o cerrando el paso de combustible, la máquina no gira siempre a velocidad rigurosamente constante, las bolas pueden ocupar cualquier posición entre las dos posiciones extremas.

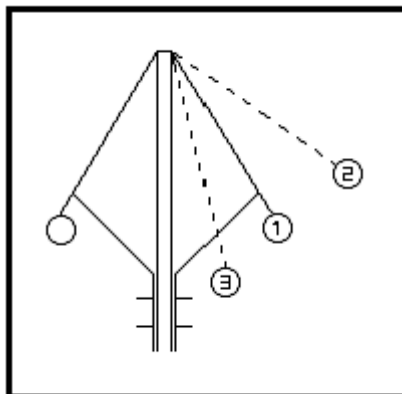


Figura 1.1 Regulador de Watt

Regulación Directa

El vástago actúa directamente, o por medio de una articulación simple sobre el ducto de ingreso de combustible, como se muestra en la figura 1.2.

Este mecanismo no es muy aplicado para la regulación ya que la fuerza del vástago es muy pequeña, por lo que se requiere amplificar dicha fuerza; esto se consigue a través de la regulación indirecta.

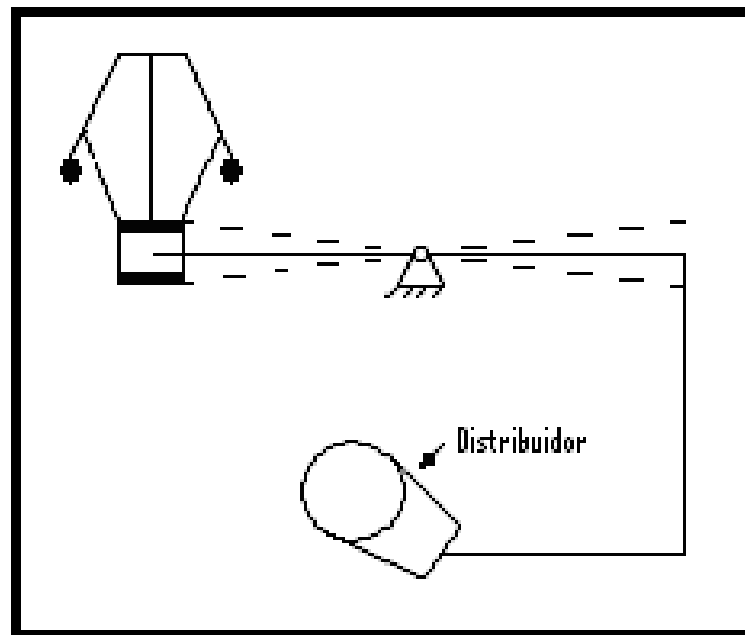


Figura 1.2 Regulación Directa

Regulación Indirecta

La figura 1.3, muestra un regulador con amplificación, tiene una válvula corredera que desempeña el mismo papel que una válvula electrónica amplificadora. En la regulación directa, la débil fuerza del vástago solo sirve para accionar la corredera de esta válvula, la fuerza de maniobra la ejerce un cilindro hidráulico que suele llamarse servo-motor.

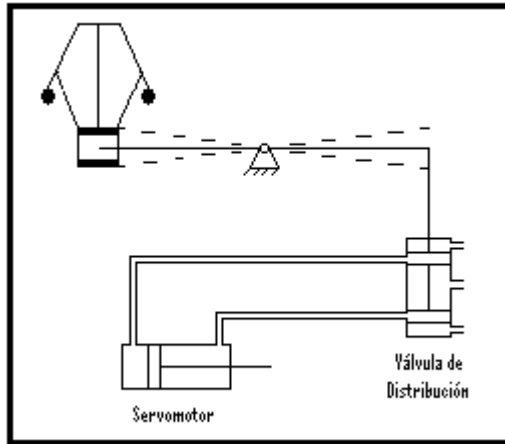


Figura 1.3 Regulación Indirecta

1.2.2 REGULACIÓN ELECTRÓNICA

El comportamiento operativo de un motor eléctrico, es establecido por su carga para una línea de suministro de voltaje fijo; así, si la carga es fácil de manejar, el motor entrega un par relativamente pequeño y gira a alta velocidad, en tanto, si la carga es difícil de manejar, entregará un par mayor y girará a menor velocidad; por lo tanto, el operador no tiene control sobre el comportamiento del motor.

En la industria hay muchas aplicaciones en las que se requiere controlar la velocidad del motor, tal control se logra generalmente mediante tiristores. La combinación del motor, el o los tiristores de control y los componentes electrónicos asociados, es conocida como sistema de control de velocidad o sistema de manejo.

En consideración a que el presente proyecto trata sobre regulación y control de sobrevelocidad sobre la base de gobernadores mecánicos, no se detalla los distintos sistemas de control de velocidad electrónica.

1.3 APLICACIONES

Los reguladores, entre otras, se aplican, tanto en motores de combustión (interna y externa), como en turbinas hidráulicas, turbinas de vapor y turbinas de gas que cumplen un ciclo termodinámico abierto, bajo condiciones de flujo estable y estado estable (variación de masa al interior del volumen de control = 0).

1.4 OPERACIÓN

a) A continuación se describe como ejemplo la operación del motor J 85 de la General Electric. (fig. 1.4)

Bajo condiciones normales de operación, el combustible medido desde el control principal entra al governor, pasa al rededor de la válvula de combustible y sale al motor. Esta válvula mantiene la presión dentro del governor en un nivel constante. El fluido es rotado a la válvula piloto con mediciones de flujo a la caja de pesas de vuelo y al almacenador intermedio del pistón. El flujo continúa a través de un orificio en el almacenador intermedio del pistón, hacia arriba a la válvula de combustible. Este pasa a través de la válvula de y la bomba y es descargado al interior de la bomba principal de combustible. El combustible es también transportado hacia un cambiador bajo una sección de la válvula de donde esta le da un balance en las fuerzas actuadoras en la válvula. Durante esta fase el intercambiador intermedio del pistón está localizado cerca de la parte superior de este cambiador y las pesas de vuelo están “dentro”.

En el evento de malfuncionamiento del control principal de combustible, un gran aprovisionamiento de exceso de fluido puede ser abastecido al motor causando un incremento en la velocidad del motor. El governor siente el incremento y la fuerza centrífuga causan que las pesas de vuelo se muevan “afuera” comprimiendo el resorte y presionando la válvula piloto arriba. (Figura 1.5). Esta corta el flujo de servo combustible y abre el servo-almacenador intermedio de presión del pistón para elevar la presión. La servo presión actúa en la parte de debajo de la válvula y ahora puede mover esta válvula hacia arriba provocando que la bomba válvula servo se detenga. Como la válvula de combustible y la bomba válvula se ensamblan mueve arriba el acumulador intermedio del pistón es desplazado hacia abajo haciendo subir el acumulador intermedio del pistón hacia la parte superior.

En las peores condiciones la válvula de combustible cortará todo el flujo del contador al motor excepto para un flujo mínimo de 350 – 400 libras por hora. Cuando el motor siente el decremento en el flujo de fluido las pesas de vuelo se mueven dentro y la válvula piloto se mueve hacia abajo y esto corta el flujo de servo combustible, y estabiliza la presión dentro del control. El resorte de las pesas de vuelo es puesto en $103.5 \pm 0.5\%$ y en conjunción con las fuerzas de las pesas de vuelo posicionan la válvula piloto entonces estas fuerzas en la válvula medirán el flujo de combustible del motor.

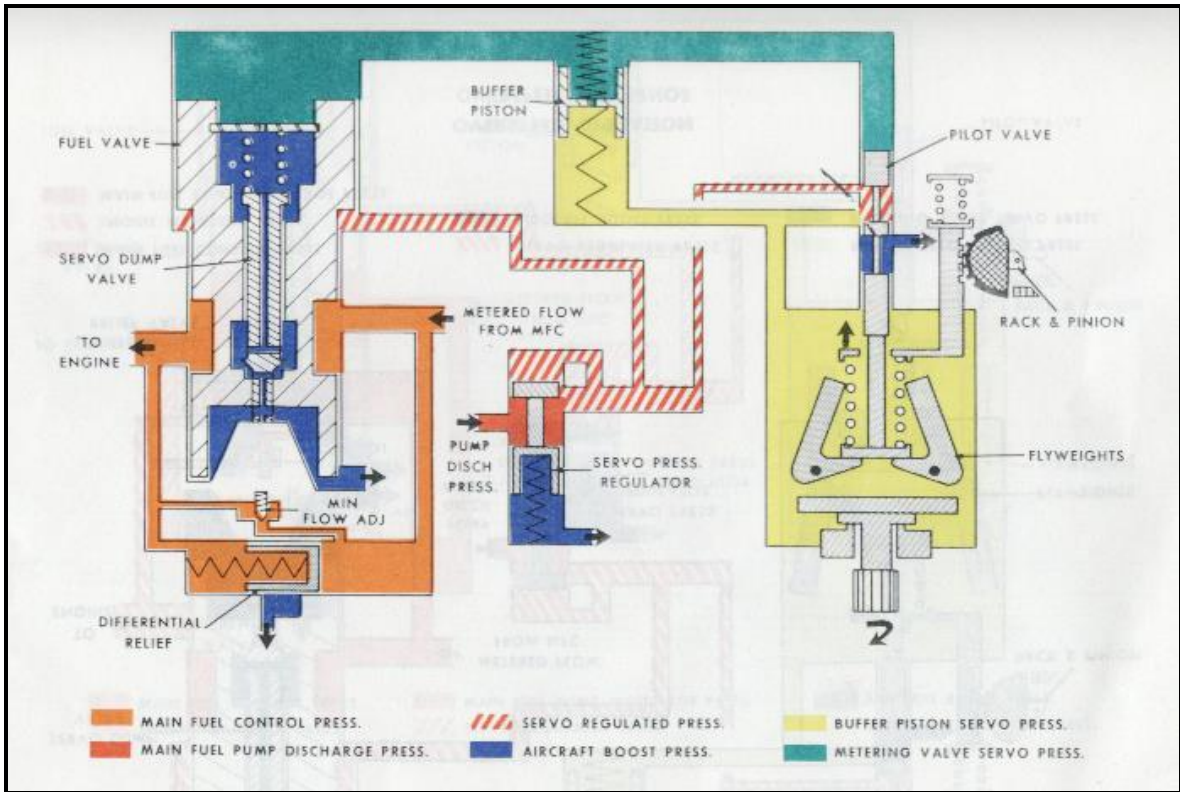


Figura 1.4 Gobernador de Sobrevelocidad (Pesas cerradas)

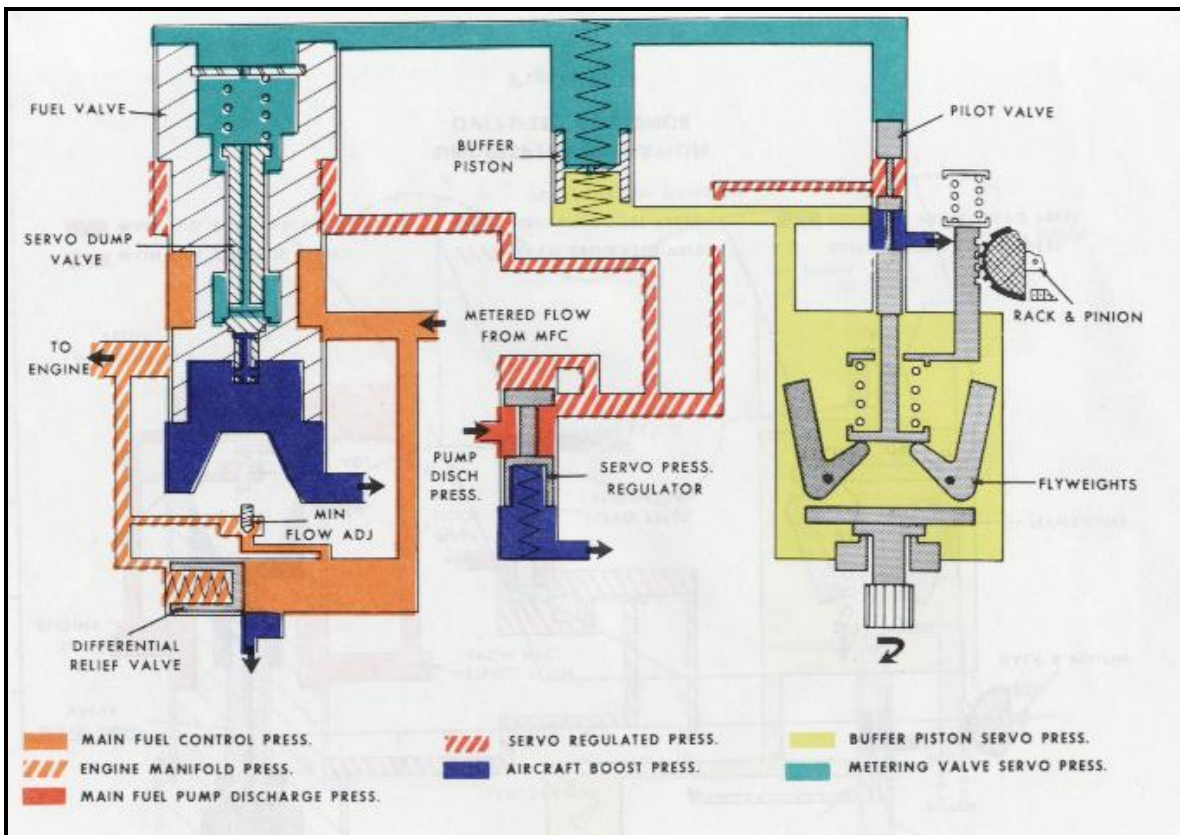


Figura 1.5 Gobernador de Sobrevelocidad (Pesas abiertas)

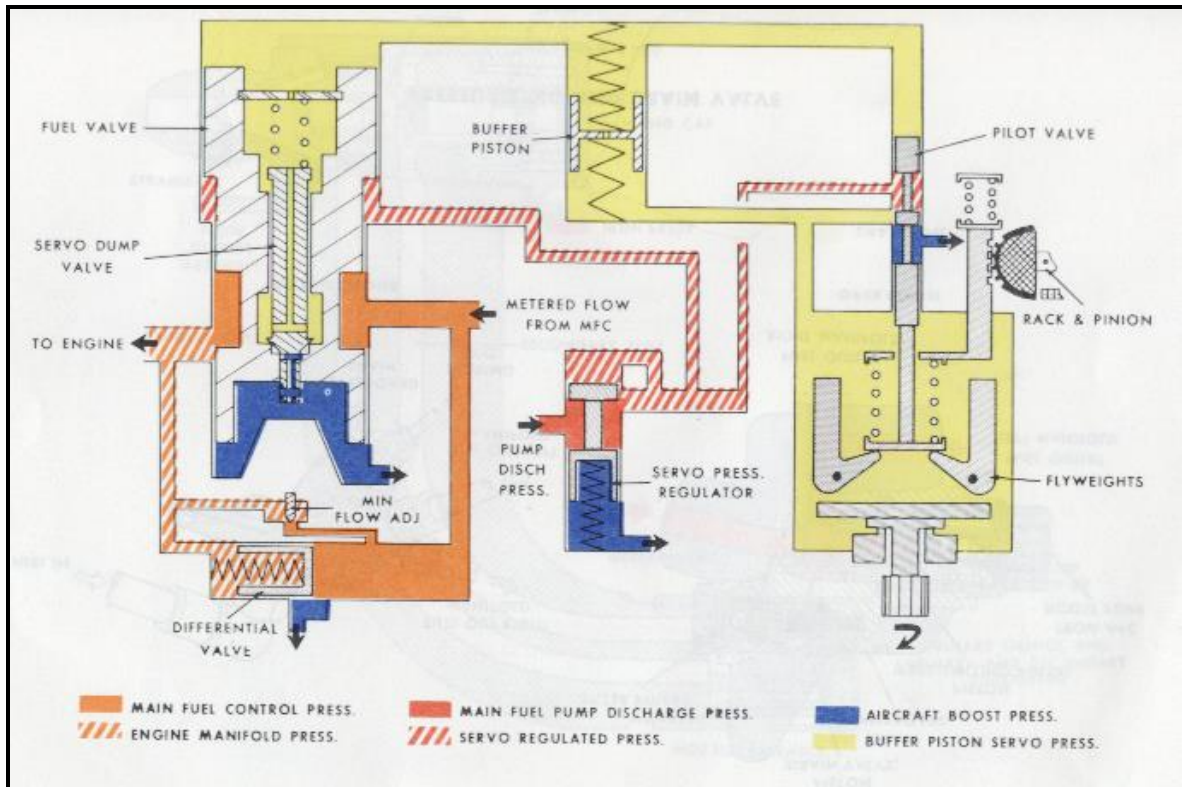


Figura 1.6 Gobernador de Sobrevelocidad (Pesas normales)

b) Como un segundo ejemplo se presenta la operación del Gobernador de Sobrevelocidad, de la Turbina YORK (fig. 1.7)

El Gobernador se acciona por medio de un tren de engranajes auxiliares, y controla, por un servomecanismo, una válvula de combustible, la cual a su vez, regula el paso del combustible hacia el quemador.

La velocidad a la cual el Gobernador retiene a la turbina de gas resulta del equilibrio de dos fuerzas: la del resorte del control de velocidad, que indica la velocidad requerida, y la fuerza de los contrapesos, la cual indica la velocidad obtenida. Estas dos fuerzas actúan sobre una válvula piloto, controladora del aceite del servo, para permitir el paso de aceite de servo a y desde el cilindro del pistón motriz. Esto hace que el pistón motriz se mueva y

actúe la válvula de combustible para aumentar o disminuir el paso de combustible al quemador. La válvula piloto controladora del aceite de servo, tiene dos secciones de diámetro reducido, una de las cuales sirviendo para admitir el aceite del servo al cilindro del pistón motriz y la otra para permitir que el aceite se drene del mismo. Cuando las dos fuerzas están equilibradas, la banda que separa las secciones de diámetro reducido cubre la lumbrera del cilindro del pistón motriz, bloqueándolo hidráulicamente, estabilizando en consecuencia la válvula de combustible a un ajuste apropiado a la carga aplicada a la máquina motora (turbina de gas).

En condiciones de aplicación de carga la velocidad del eje (flecha) de salida de potencia desciende por debajo de la velocidad seleccionada haciendo que la fuerza de los contrapesos disminuya. Debido al desequilibrio resultante, la válvula piloto controladora del aceite de servo se desplaza para actuar la válvula del combustible y aumentar el suministro de combustible hasta que el eje de salida de potencia, alcance una velocidad ligeramente inferior a la velocidad seleccionada. En este punto, la válvula piloto habrá retornado a neutral, dejando el pistón motriz bloqueado en su nueva posición. La velocidad seleccionada, vuelve a ser conseguida regulando el interruptor (switch) del control de velocidad del regulador.

En condiciones de remoción de carga, aumenta la velocidad del eje de salida de potencia y la fuerza de los contrapesos vence la fuerza del resorte del control de velocidad, desplazando la válvula piloto para derramar aceite desde el cilindro del pistón motriz. Esto disminuye el suministro de control de combustible, hasta que la velocidad del eje de salida de potencia queda reducida a una cifra ligeramente superior a la velocidad seleccionada.

La velocidad seleccionada, vuelve a ser conseguida regulando el interruptor (switch) del control de velocidad del regulador.

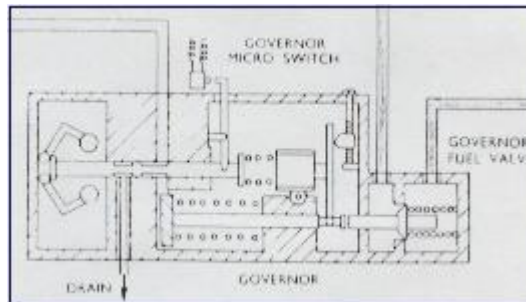


Figura 1.7 Gobernador de Sobrevelocidad de la Turbina YORK

1.5 DESCRIPCIÓN DEL GOVERNOR DE SOBREVELOCIDAD

Tomando en cuenta, nuevamente al Gobernador de sobrevelocidad, del motor J 85 fabricado por la General Electric, se puede indicar que este dispositivo de seguridad y de regulación se encuentra conformado por las siguientes partes principales, las mismas que se pueden observar en la figura 1.8:

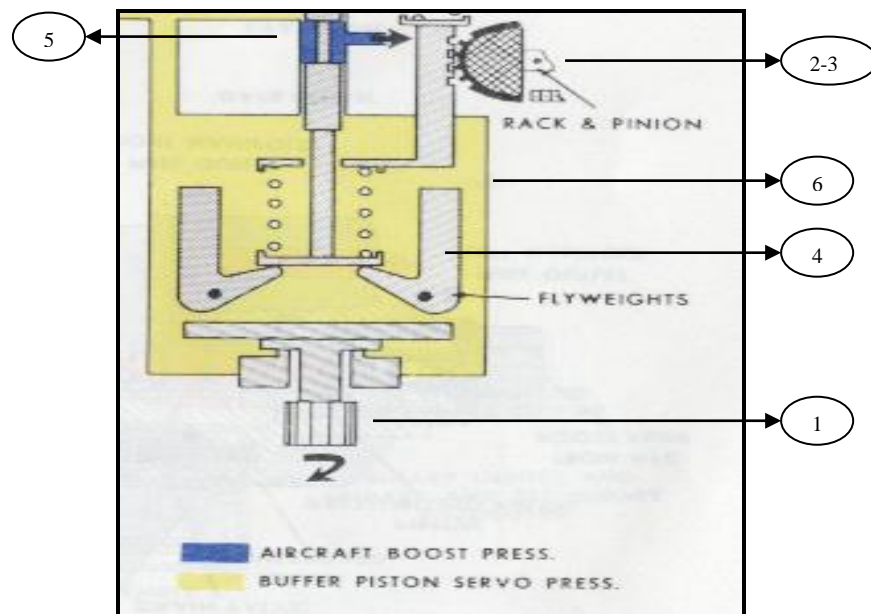


Figura 1.8 Descripción del Gobernador de Sobrevelocidad.

1. Eje
2. Clavijero
3. Piñón
4. Contrapesos
5. Cañerías
6. Caja de alojamiento de los contrapesos.

CAPÍTULO II

ALTERNATIVAS

2.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El presente proyecto propone la construcción de un regulador de sobrevelocidad, en el cual se pueda apreciar su operación, para ello se plantean como alternativas los siguientes reguladores:

- Regulador Taquimétrico Directo
- Regulador Taquimétrico Indirecto

No se consideran los reguladores electrónicos, sobre la base de que el regulador a construirse básicamente, constituye un material didáctico en el cual los estudiantes puedan observar con facilidad el funcionamiento del mismo y sus partes constitutivas.

2.1.1 REGULACIÓN TAQUIMÉTRICA DIRECTA.-

Esta primera alternativa contempla un regulador de Watt, cuyo vástago accionará una llave de palanca la cual obturará el conducto por el cual circula agua, proveniente de un reservorio e impulsada por una bomba. El regulador recibe el movimiento de un motor para producir el giro del eje, sobre el cual se acoplan los cilindros mismos que por acción de fuerza centrífuga desplazarán el collarín sobre el eje, accionando el vástago solidario al collarín.

2.1.2 REGULACIÓN TAQUIMÉTRICA INDIRECTA.-

Consta de los mismos elementos del regulador taquimétrico directo, más el amplificador, que es un cilindro actuador de doble efecto.

2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Para determinar la mejor opción del regulador a construir se analizan ventajas y desventajas de las alternativas planteadas lo cual permitirá establecer los principales aspectos que se deben considerar.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de las dos alternativas.

ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil construcción	Baja fuerz. de acción en vástago	Fácil construcción	Requiere amplificador de fuerza
Pocos elementos	Estructura sencilla	Mayor número de elementos	Estructura más compleja
Fácil adquisición de materiales	Ninguna	Fácil adquisición de materiales	Adquisición del amplificador
Bajo costo	Utilidad limitada	Mayor funciones de le maq.	Mayor costo
Fácil explicación a los alumnos	Aprendizaje limitado	Mayores conocimientos	Entendimiento más complicado
Fácil operación	Ninguna	Fácil operación	Operación más compleja
Mantto. fácil y rápido	Ninguna	Mantenimiento fácil	Mantto. más demorado

Una vez revisada la tabla 2.1, se llega a la conclusión de que los aspectos a analizar serán: Facilidad de construcción, cantidad de elementos constitutivos, materiales a emplearse en la construcción, valor económico, afinidad didáctica, facilidad de operación y facilidad de mantenimiento.

2.2.1 PARÁMETROS PARA LA CALIFICACIÓN

2.2.1.1 FACTOR DE PONDERACIÓN

Este factor representa la importancia que se dará a cada uno de los factores de selección, y se calificará de 0 a 1.

2.2.1.2 FACTOR MULTIPLICATIVO

Es una calificación cuantitativa para cada parámetro de selección, que se lo hará de 1 a 10.

2.2.2 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Este punto, se refiere básicamente al grado de dificultad constructiva del regulador de sobrevelocidad.

Tabla 2.2 Calificación de la Facilidad de Construcción.

ALTERNATIVA	FACILIDAD DE CONSTRUC.
1	8
2	6
FACT. PONDERAC.	0.9

2.2.3 CANTIDAD DE ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

Este punto, se refiere a la calificación del regulador, según el número de elementos que lo componen.

Tabla 2.3 Calificación de la Cantidad de Elementos Constitutivos

ALTERNATIVA	CANT. DE ELEM. CONSTITUT.
1	9
2	7
FACT. PONDERAC.	0.9

2.2.4 MATERIALES A EMPLEARSE.-

Se refiere a todo lo relacionado con los materiales que se van a necesitar para la construcción, esto incluye herramientas, materiales pegas, etc.

Tabla 2.4 Calificación de los Materiales a Emplearse.

ALTERNATIVA	MATERIALES A EMPLEARSE
1	9
2	6
FACT. PONDERAC.	0.8

2.2.5 VALOR ECONÓMICO.-

En este punto se analiza y se califica de acuerdo a los gastos económicos que se van a realizar para la construcción de este regulador.

Tabla 2.5 Calificación del Valor Económico

ALTERNATIVA	VALOR ECONÓMICO
1	9
2	6
FACT. PONDERAC.	1

2.2.6 AFINIDAD DIDÁCTICA.-

Se refiere a la facilidad con la cual, el profesor puede explicar en forma clara y objetiva, el funcionamiento del Governor, y también a la facilidad con la que los alumnos van a captar toda la instrucción impartida por el docente.

Tabla 2.6 Calificación de la Afinidad Didáctica.

ALTERNATIVA	AFINIDAD DIDÁCTICA
1	9
2	9
FACT. PONDERAC.	1

2.2.7 FACILIDAD DE OPERACIÓN.-

Se refiere a la facilidad que va a tener el proyecto al momento de ser operado, aquí se tomará en cuenta la cantidad de elementos que lo constituyen, y la facilidad de operación de cada uno de estos, orientando la mejor alternativa a un fácil manejo para no complicar al profesor ni al alumno.

Tabla 2.7 Calificación de la Facilidad de Operación.

ALTERNATIVA	FACILIDAD DE OPERAC.
1	8
2	8
FACT. PONDERAC.	0.8

2.2.8 FACILIDAD DE MANTENIMIENTO.-

En este punto se analizará el tiempo que se demora el mantenimiento de cada alternativa, así como también la cantidad de herramientas y materiales necesarios para este fin. Por otro lado se tomará en cuenta la destreza requerida para el mantenimiento.

Tabla 2.8 Calificación de la Facilidad de Mantenimiento.

ALTERNATIVA	FACILIDAD DE MANTTO.
1	10
2	7
FACT. PONDERAC.	0.9

2.3 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.-

Para seleccionar la mejor alternativa, nos ayudaremos de la siguiente tabla de calificación general. La alternativa con mayor puntaje será la elegida para construirla.

Tabla 2.9 Matriz de Selección.

CARACTERÍSTICA	FACT. PONDER.	ALTERNATIVAS			
		1		2	
		COEF. CUANT.	CC *FP	COEF. CUANT.	CC *FP
FACILIDAD CONSTR.	0.9	8	7.2	6	5.4
ELEMENT. CONSTITUTIVOS	0.9	9	8.1	7	6.3
MATERIALES A EMPLEAR	0.8	9	7.2	6	4.8
VALOR ECONÓMICO	1	9	9	6	6
AFINIDAD DIDACTICA	1	9	9	9	9
FACILIDAD DE OPERACION	0.8	8	6.4	8	6.4
FACILIDAD DE MANTTO.	0.9	10	9	7	6.3
TOTAL			55.9		44.2

Sobre la base de la Matriz de Selección, se determina que la mejor alternativa a considerarse para su construcción, es la alternativa # 1, que es el Regulador Taquimétrico Directo.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL GOVERNOR DE SOBREVELOCIDAD DIDÁCTICO.-

Una vez seleccionado el Governor de Sobrevelocidad que va a ser construido, en el presente capítulo, se desarrollará paso a paso todo el proceso de construcción, sin dejar de lado ningún detalle.

El Governor de Sobrevelocidad Didáctico, costa de las siguientes partes como se observa en la Fig. 3.1 que harán posible el correcto funcionamiento del sistema:

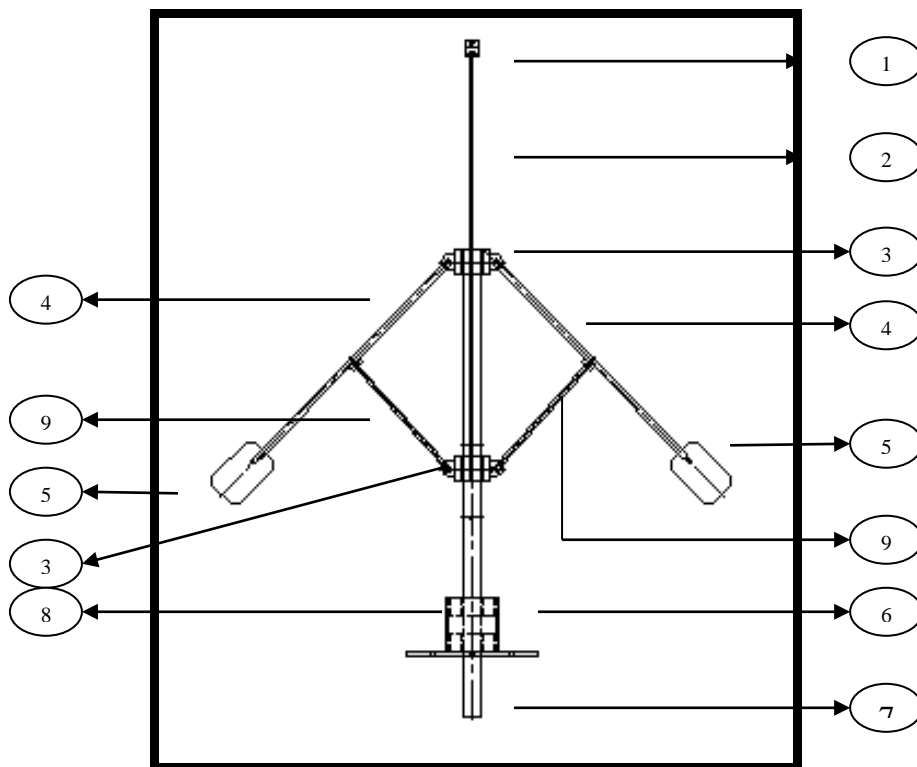


Figura 3.1 Descripción del Governor de Sobrevelocidad Didáctico.

1. Conector metálico
2. Varilla de obturación
3. Collarín (2)
4. Brazo superior (2)
5. Contrapesos (2)
6. Base
7. Eje principal
8. Rodamientos internos (2)
9. Brazo inferior (2)

La fig. 3.2 describe también, el circuito hidráulico del Gobernador de Sobrevelocidad Didáctico.

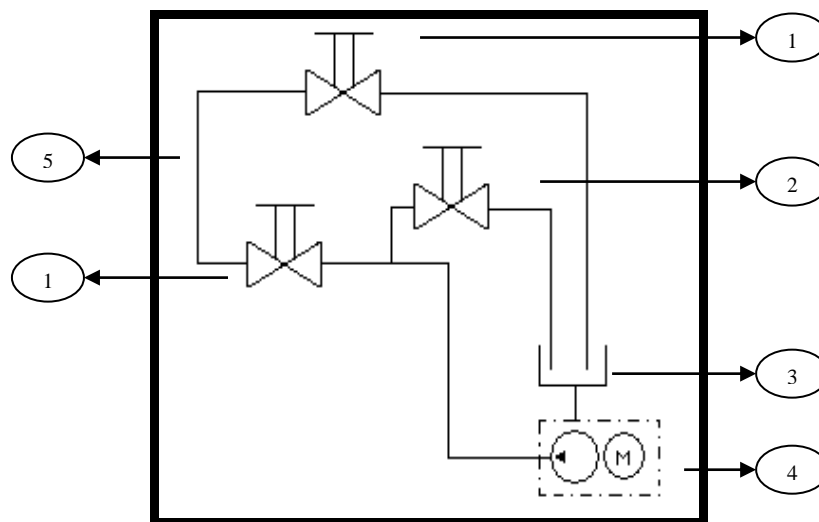


Figura 3.2 Circuito hidráulico del Gobernador de Sobrevelocidad Didáctico.

1. Llave de palanca (2)
2. Llave de paso al reservorio
3. Reservorio

4. Bomba de agua
5. Cañería plástica (5)

3.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL GOVERNOR DE SOBREVELOCIDAD DIDÁCTICO

Previo a realizar cualquier acción para poner en funcionamiento el Governor de Sobrevelocidad Didáctico, primero hay que revisar visualmente y asegurarse que no existan fugas de agua en las uniones de las mangueras o en la entrada o salida de la bomba, posterior a esto se procederá a revisar que todas las instalaciones eléctricas estén debidamente conectadas.

Otro aspecto muy importante que se debe tener en cuenta antes de poner en marcha el Governor, es que la llave que va hacia el reservorio debe estar completamente abierta, mientras la que permite el paso hacia el sistema de obturación debe estar en posición de CERRADA.

Una vez que se han revisado estos aspectos, se alimenta eléctricamente el motor de la bomba, presionando en la botonera, el botón de ON, realizado esto se observará que el agua empieza a circular hacia el reservorio, pero no hacia el sistema de obturación. Seguidamente se colocará la palanca de la llave que permite el paso hacia el sistema de obturación, en la posición de ABIERTA, donde se observará que el agua empieza a circular por todo el sistema sin ningún impedimento. En una forma lenta y continuada se comienza a presionar el pedal de control, el mismo que sirve para hacer girar el eje principal. Al adquirir cierto número de revoluciones los contrapesos empiezan a subir,

desplazando en la misma dirección el collarín inferior, y este a su vez a la varilla de obturación, que al moverse hacia arriba, por medio de una platina curva (biela), empieza a cerrar la llave de obturación al accionar la palanca (seguidor), observándose en ese momento que el flujo del agua empieza a disminuir.

Cabe indicar que para repetir la obturación no hace falta volver al principio del funcionamiento, es decir no hace falta cerrar y abrir nuevamente la llave de paso hacia el sistema de obturación, simplemente, bastará con presionar el pedal de control, y de esta manera observar la obturación del paso de agua, las veces que sean necesarias.

Una vez, terminada la práctica, se debe cerrar la llave de paso hacia el sistema de obturación y cortar la corriente eléctrica presionando en la botonera, el botón de OFF.

3.3 CÁLCULOS

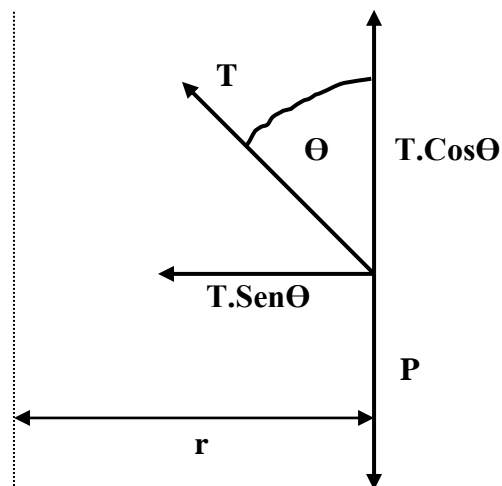


Figura 3.3 Diagrama de cuerpo libre

3.3.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR

$$P = m.g \quad (3.1)$$

$$T.\text{Cos}\Theta = m.g \quad (3.2)$$

Despejando T de (3.2):

$$T = \frac{m.g}{\text{Cos}\Phi} \quad (3.3)$$

$$T.\text{Sen}\Phi = \frac{m.v^2}{r} \quad (3.4)$$

Despejando V^2 tenemos:

$$V^2 = \frac{T.\text{Sen}\Phi.r}{m} \quad (3.5)$$

Como:

$$V = W.r \quad (3.6)$$

Remplazando (3.6) en (3.5) se tiene:

$$W^2 .r^2 = \frac{T.\text{Sen}\Phi.r}{m}$$

Despejando W, se tiene:

$$W^2 = \frac{T \cdot \text{Sen} \Phi}{m \cdot r} \quad (3.7)$$

Remplazando (3.3) en (3.7):

$$W^2 = \frac{\frac{m \cdot g}{\text{Cos} \Phi} \cdot \text{Sen} \Phi}{m \cdot r}$$

$$W^2 = \frac{g \cdot \text{Tg} \Phi}{r}$$

$$W = \sqrt{\frac{g \cdot \text{Tg} \Phi}{r}} \quad (3.8)$$

A continuación, se presentan los valores de ángulos y radios, que se obtuvieron de la medición en la máquina para la respectiva transformación de unidades:

Tabla 3.1 Valores de ángulos y radios obtenidos en la medición de la máquina.

Φ (°)	R (mts)
0°	0.265
60°	0.185
50°	0.080
40°	0.040

Para trabajar en las mismas unidades, se transformarán los ° a radianes.

Entonces se tiene:

360° 2π rad

70° X

$$X = \frac{70^\circ \cdot 2\pi \text{rad}}{360^\circ}$$

X = 1,22 rad

360° 2π rad

60° X

$$X = \frac{60^\circ \cdot 2\pi \text{rad}}{360^\circ}$$

X = 1,05 rad

360° 2π rad

50° X

$$X = \frac{50^\circ \cdot 2\pi \text{rad}}{360^\circ}$$

X = 0,87 rad

$$360^\circ \quad 2\pi \text{ rad}$$

$$40^\circ \quad X$$

$$X = \frac{40^\circ \cdot 2\pi \text{ rad}}{360^\circ}$$

$$\mathbf{X = 0,70 \text{ rad}}$$

Remplazando cada valor de ángulos y radios en (3.8), se tiene:

$$\text{a) } W = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2 * \text{Tg}1,22 \text{ rad}}{0,265 \text{ m}}}$$

$$\mathbf{W = 10,05 \text{ rad/s}}$$

$$\text{b) } W = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2 * \text{Tg}1,05 \text{ rad}}{0,185 \text{ m}}}$$

$$\mathbf{W = 9,61 \text{ rad/s}}$$

$$c) \quad W = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2 * \text{Tg}0,87\text{rad}}{0,08\text{m}}}$$

$$W = 12,05 \text{ rad/s}$$

$$d) \quad W = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2 * \text{Tg}0,70\text{rad}}{0,040\text{m}}}$$

$$W = 14,37 \text{ rad/s}$$

Tabla 3.2 Resumen de la Velocidad Angular.

Φ (rad)	r (m)	W (rad/s)
1,22	0,265	10,05
1,05	0,185	9,61
0,87	0,08	12,05
0,70	0,04	14,37

3.3.2 CÁLCULO DEL CAUDAL

$$V = \frac{Q}{A} \tag{3.9}$$

En donde:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.10)$$

Como:

$$d = 0,5 \text{ plg.}$$

Remplazando en (3.10), tenemos:

$$A = \frac{\pi \cdot (0,5 \text{ plg})^2}{4}$$

$$A = 0,2 \text{ plg}^2$$

Transformando las pulgadas a metros se tiene:

$$1 \text{ plg}^2 \quad 645,16 \text{ mm}^2$$

$$0,2 \text{ plg}^2 \quad X$$

$$X = \frac{0,2 \text{ plg}^2 * 645,16 \text{ mm}^2}{1 \text{ plg}^2}$$

$$X = 129,03 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 \qquad 0,000001 \text{ m}^2$$

$$129,03 \text{ mm}^2 \qquad X$$

$$X = \frac{129,03 \text{ mm}^2 * 0,000001 \text{ m}^2}{1 \text{ mm}^2}$$

$$X = 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Entonces se tiene:

$$\mathbf{A = 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

Para el respectivo reemplazo en (3.9), se transforma también las unidades del caudal:

$$1 \text{ lt} \qquad 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$38 \text{ lt} \qquad X$$

$$X = \frac{38 \text{ lt} * 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ lt}}$$

$$X = 0,038 \text{ m}^3$$

Se tiene entonces:

$$\mathbf{Q = 0,038 \text{ m}^3}$$

Remplazando valores en (3.9)

$$V = \frac{0,038 \text{ m}^3 / \text{min}}{1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$V = \mathbf{294,57 \text{ m} / \text{min}}$$

Donde para efectos de cálculos posteriores, se considerará a V como una constante.

Para el cálculo del área A, se hará por medio de regla de tres con los valores de los ángulos de 90°, 75°, 60°, 45°, 30°, 15° y 0°; sabiendo por el cálculo anterior que cuando la palanca está a 90° el área disponible es de $1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

Entonces se tiene:

$$90^\circ \qquad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$75^\circ \qquad X$$

$$X = \frac{75^\circ * 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$X = \mathbf{1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$90^\circ \quad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$60^\circ \quad X$$

$$X = \frac{60^\circ \cdot 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$X = 8,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$90^\circ \quad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$45^\circ \quad X$$

$$X = \frac{45^\circ \cdot 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$X = 6,45 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$90^\circ \quad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$30^\circ \quad X$$

$$X = \frac{30^\circ \cdot 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$X = 4,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$90^\circ \quad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$15^\circ \quad X$$

$$X = \frac{15^\circ \cdot 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$\mathbf{X = 2,15 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$90^\circ \quad 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$0^\circ \quad X$$

$$X = \frac{0^\circ \cdot 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{90^\circ}$$

$$\mathbf{X = 0}$$

Tabla 3.3 Resumen de áreas obtenidas según el grado de apertura de la palanca.

θ (°)	A (m ²)
90	$1,29 \times 10^{-4}$
75	$1,08 \times 10^{-4}$
60	$8,6 \times 10^{-5}$
45	$6,45 \times 10^{-5}$
30	$4,3 \times 10^{-5}$
15	$2,15 \times 10^{-5}$
0	0

Despejando Q de (3.9) se tiene:

$$Q = V.A \quad (3.11)$$

Reemplazando los datos de la tabla (3.3), en la ecuación (3.11) se tiene:

a) Para 90°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 1,29 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{min}$$

b) Para 75°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 1,08 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = \mathbf{0,04} \text{ m}^3/\text{min}$$

c) Para 60°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 8,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = \mathbf{0,03} \text{ m}^3/\text{min}$$

d) Para 45°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 6,45 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = \mathbf{0,02} \text{ m}^3/\text{min}$$

e) Para 30°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 4,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = \mathbf{0,01} \text{ m}^3/\text{min}$$

f) Para 15°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 2,15 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$Q = 6,33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$$

g) Para 0°

$$Q = 294,57 \text{ m}/\text{min} * 0 \text{ m}^2$$

$$Q = 0 \text{ m}^3/\text{min}$$

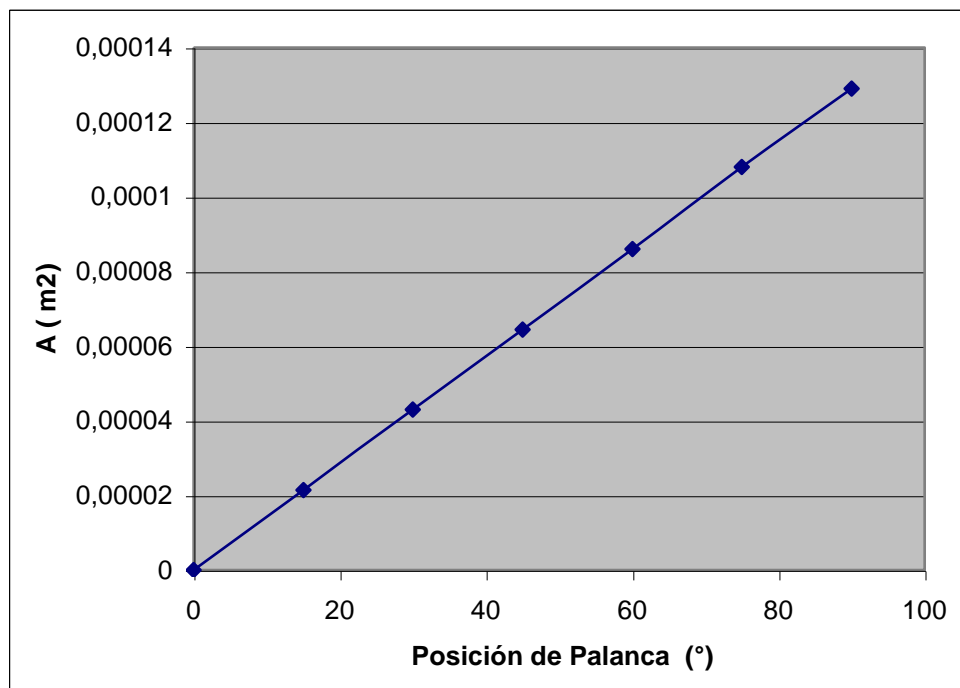


Figura 3.4 Gráfica del área en función de la posición de la palanca

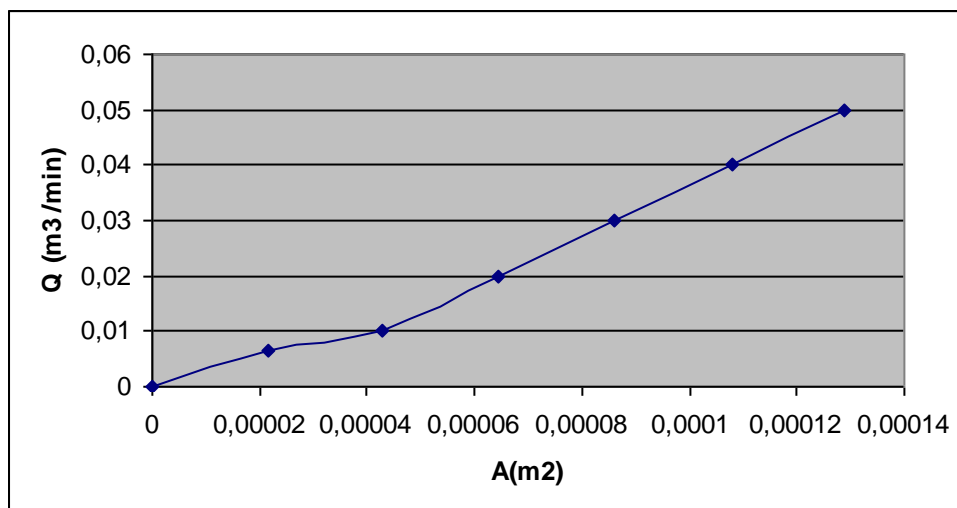


Figura 3.5 Gráfica del caudal en función del área

3.4 CONSTRUCCIÓN

3.4.1 DETALLE DE MÁQUINAS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS.-

Para un mejor entendimiento de este numeral, se dividirá en cuadros explicativos, los mismos que servirán para analizar los próximos numerales que se refieren a los Diagramas de Construcción y Montaje.

Tabla 3.4 Máquinas utilizadas

Nº	MÁQUINA	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
1	Torno	LEBLONO, corriente trifásica, distancia entre puntos 1m, 14 inch. de volteo, reducción por poleas	M1
2	Fresadora	BROWN&CHARPE, 1.5 HP, corriente trifásica,	M2

		avance de 0.3 a 1.50 mm/s, long mesa 1500mm	
3	Soldadora	LINCOLN, A/C D/C, 220 V, 40 a 250A	M3
4	Taladradora	HDR, A/C, 110 V, ¾ HP, 9 velocidades por poleas	M4
5	Amoladora	RYOBI, A/C, 120 V, 2500 RPM	M5

Tabla 3.5 Herramientas utilizadas

Nº	HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
1	Machuelo	HAND THE TAPS, ¼ y 3/16	H1
2	Tarrajá	HAND THE TAPS, ¼	H2
3	Arco de Sierra	Normal	H3
4	Martillo	De goma	H4
5	Flexómetro	STANLEY 5 metros	H5
6	Rayador	Normal	H6
7	Escuadra	STANLEY 30 cm.	H7
8	Entenalla	Mediana	H8
9	Compás	STANLEY radio 10 cm.	H9
10	Llaves de ajuste	STANLEY varios números	H10

Tabla 3.6 Equipos utilizados

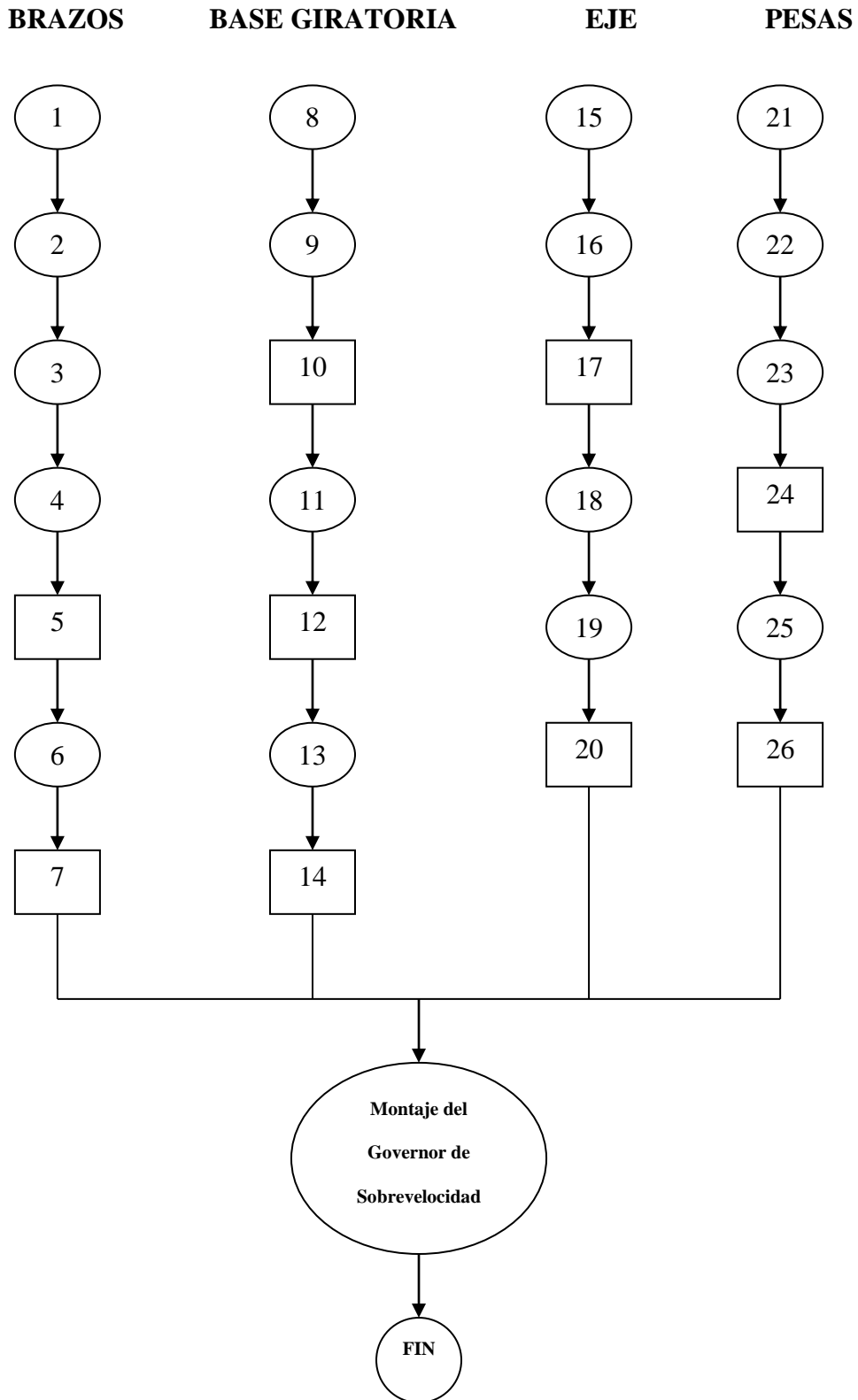
N°	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO
1	Tropicalizado	Tina de ácido clorhídrico al 33%, tina de agua, tina de desoxidante industrial, tambor con ánodo y cátodo, tina de gálvano (sosa cáustica, óxido de zinc, cianuro de sodio, brillo de zinc, purificador de zinc), rectificador de corriente de 5V a 200 A CC, neutralizante (agua ácido nítrico, cromatizado de zinc), tina de tropicalizado, tambor secante.	E1
2	Pintura	Compresor de 0.5 HP, P = 50 PSI, soplete	E2

3.4.2 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.-

Este diagrama muestra en forma ordenada cada uno de los procesos de mecanizado e inspección para cada pieza del Governor de Sobrevelocidad, cada uno de estos se mostrará con un número de proceso el cual se detallará en la tabla que consta después de cada diagrama.

Constan 3 diagramas que son de: Governor de Sobrevelocidad, Circuito Hidráulico y Estructura.

3.4.2.1 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL GOVERNOR DE SOBREVELOCIDAD DIDÁCTICO



**Tabla 3.7 Operaciones realizadas y Tiempos empleados en la construcción del
Governor de Sobrevelocidad.**

N°	OPERACIÓN	Operaciones, máquinas, herramientas, equipos y tiempos en minutos, empleados					
		Máquinas		Herramientas		Equipo	
		Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo
1	Medición, trazado y corte del material			H3 H5 H6	4		
2	Realización de agujeros	M4	7				
3	Roscado del extremo para las pesas			H2	15		
4	Soldadura de acoples y pulido	M3 M5	15 8				
5	Inspección de medidas soldadura y pulido		4				
6	Tropicalizado (recubrimiento)					E1	30
7	Inspección del tropicalizado		2				
8	Cilindrado externo	M1	8				
9	Cilindrado interno	M1	12				
10	Inspección de medidas de los cilindrados		6				
11	Unión de base giratoria con base fija, por medio de soldadura	M3	10	H8	10		
12	Inspección de la soldadura y pulido de la misma	M5	8				
13	Tropicalizado					E1	30
14	Inspección del tropicalizado		2				
15	Medición, rayado y corte			H3 H5 H6 H8	15		
16	Cilindrado	M1	15				
17	Inspección de medidas		8				
18	Colocación de polea de aluminio			H3 H8	15		

19	Tropicalizado					E1	30
20	Inspección del Tropicalizado		4				
21	Cilindrado	M1	40				
22	Realización de agujeros	M4	6				
23	Roscado Interno			H1	15		
24	Inspección		6				
25	Tropicalizado					E1	30
26	Inspección del Tropicalizado		4				
TIEMPO TOTAL EMPLEADO						334 min.	

3.4.2.2 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

VÁLVULA DE OBTURACIÓN

CAÑERIAS

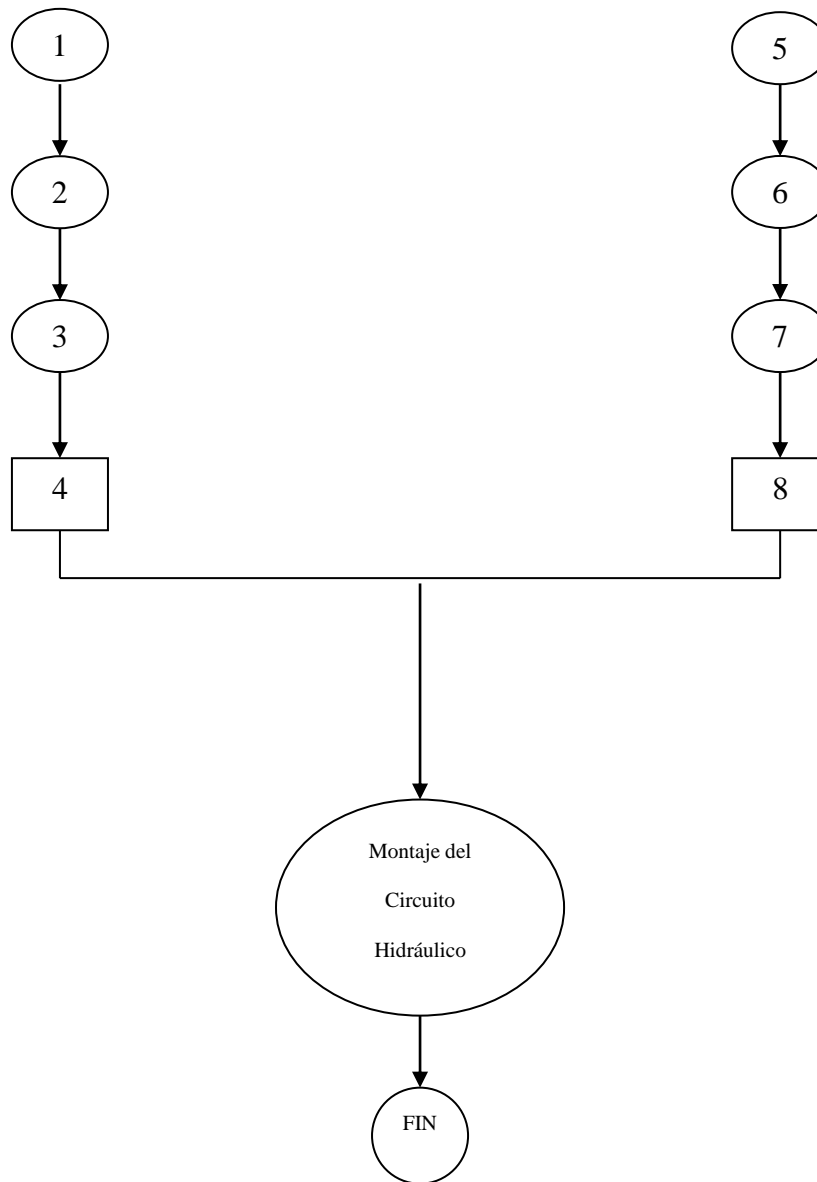


Tabla 3.8 Operaciones realizadas y tiempos empleados en la construcción del Circuito Hidráulico.

N°	OPERACIÓN	Operaciones, máquinas, herramientas, equipos y tiempos en minutos, empleados					
		Máquinas		Herramientas		Equipo	
		Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo
1	Colocación de la llave en los soportes		5				
2	Unión de palanca de la llave con la platina curva	M4	5	H10	10		
3	Pintura de la platina curva		10				
4	Inspección de la Válvula de obturación		10				
5	Medición y corte de la manguera			H3 H5	15		
6	Pegado de acoples		20				
7	Unión y pegado de llaves de paso			H10	20		
8	Inspección de las cañerías		10				
TIEMPO TOTAL EMPLEADO						105 min.	

3.4.2.3 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL SISTEMA

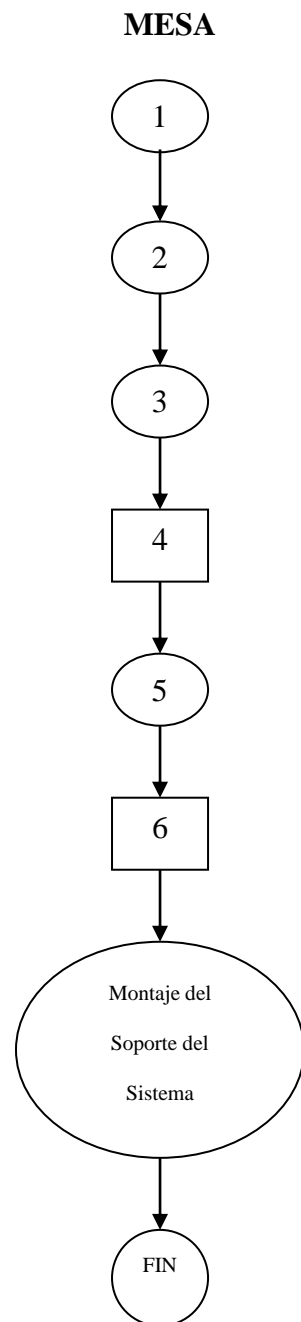
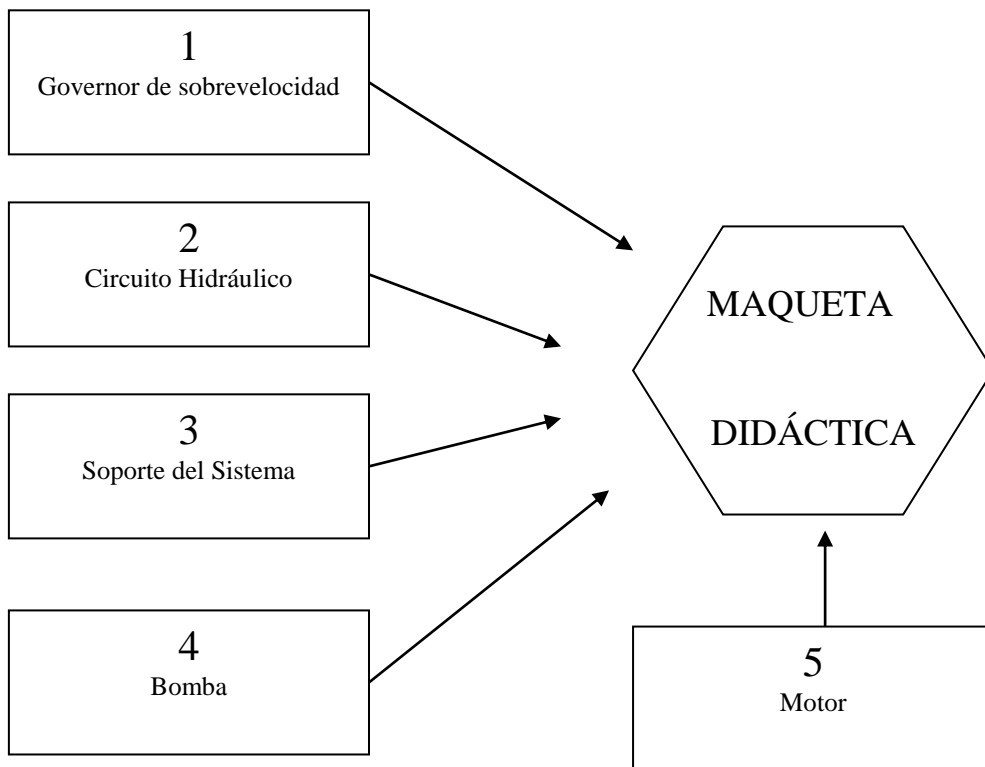



Tabla 3.9 Operaciones realizadas y Tiempos empleados en la construcción del Soporte del Sistema.


Nº	OPERACIÓN	Operaciones, máquinas, herramientas, equipos y tiempos en minutos, empleados					
		Máquinas		Herramientas		Equipo	
		Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo	Cod.	Tiempo
1	Medición rayado del material			H5 H6 H7	20		
2	Corte del material			H3 H8	10		
3	Soldadura	M3	10	H7	10		
4	Inspección de la soldadura a escuadra			H7	10		
5	Forrado del soporte con madera y pintura			H4		E2	5
6	Inspección final		5				
TIEMPO TOTAL EMPLEADO						70 min.	

3.4.3 DIAGRAMA DE MONTAJE

Una vez que se han construido cada una de las partes del Governor de sobrevelocidad, se indica a continuación el montaje y acoplamiento de las mismas, junto con las partes no construidas (motor y bomba), para la constitución de la maqueta.



	MANUALES	Pág. 1 de 1
	Manual de Operación	Cuadro N° 3.1
	Elaborado por: Galo Falconí	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.	Fecha: Julio / 04
<p>OBJETIVO:</p> <p>Documentar el proceso secuencial, para la correcta operación del equipo</p> <p>ALCANCE:</p> <p>Realizar una práctica demostrativa, del funcionamiento del Governor de Sobrevelocidad Didáctico, dirigido a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica .</p> <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir toda la llave de paso hacia el reservorio 2. Cerrar la llave de paso hacia el Sistema de obturación 3. Presionar el botón ON 4. Abrir la llave de paso hacia el Sistema de obturación 5. Presionar el pedal de control en una forma lenta y continuada 6. Para repetir la obturación, las veces que sean necesarias, soltar el pedal, y repetir el paso 5 7. Una vez terminada la observación presione el botón OFF 		

	MANUALES	Pág. 1 de 1
	Manual de Mantenimiento	Cuadro N° 3.2
	Elaborado por: Galo Falconí	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.	Fecha: Julio / 04
<p>OBJETIVO:</p> <p>Documentar las actividades de mantenimiento a realizarse en el equipo</p> <p>ALCANCE:</p> <p>Preservar e incrementar la vida útil de equipo, así como también corregir pequeños daños.</p> <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpie el equipo antes de iniciar cada práctica, y también al final de esta, con una brocha o franela. 2. Engrase con el dedo limpio cada semana, el eje principal por donde se desplaza el collarín inferior. Utilice una fina película de cualquier grasa liviana 3. Ajuste las abrazaderas del equipo, cuando estén flojas 4. Si nota que el eje no gira en una forma adecuada, ajuste las poleas y la banda que están ubicadas en la parte inferior de la base del Governor 5. Si no se ha utilizado durante algún tiempo el equipo, antes de prenderlo, haga girar manualmente el rotor de la bomba. 		



PRUEBAS

Pág. 1 de 4

Record de Pruebas

Cuadro N° 3.3

Elaborado por: Galo Falconí

Revisión N° 1

Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.

Fecha: Julio / 04

OBJETIVO:


Documentar un registro de las pruebas realizadas, para la verificación de la correcta operación del equipo.

ALCANCE:

Comprobar el funcionamiento efectivo del equipo

CUADRO DE PRUEBAS

N° DE PRUEBA	RESULTADOS			OBSERVACIONES
	Fuga de agua	Cierre de Valv. Obt.	Desplazam. Collarín inf.	
1	Si	No	Resistencia	Revisar cada falla y eliminarlas
2	Si	No	Normal	Revisar nuevamente
3	No	No	Normal	Utilizar otro método
4	No	Si	Normal	Ninguna
5	No	Si	Normal	Ninguna
6	No	Si	Normal	Ninguna


	PRUEBAS	Pág. 2 de 4
	Record de Pruebas	Cuadro N° 3.4
	Elaborado por: Galo Falconí	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.	Fecha: Julio / 04


ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS:

PRUEBA N°1

En esta prueba se encontraron gran cantidad de fugas de agua en las uniones de las mangueras y entrada y salida de la bomba; la válvula de obturación no cierra ni el 10% de la carrera total; y el collarín inferior presenta una gran resistencia al momento de subir, y se atasca al bajar en ciertos puntos del eje principal.

Acciones correctivas.- En el caso de las fugas se procede a sellar las uniones de las mangueras con permatex, en el caso de la bomba el producto antes mencionado y teflón. Se realiza un nuevo acople para la válvula de obturación. Se pule el eje y el interior del collarín inferior, posterior a esto se engrasa el eje con una grasa liviana.

	PRUEBAS	Pág. 3 de 4
	Record de Pruebas	Cuadro N° 3.5
	Elaborado por: Galo Falconí	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.	Fecha: Julio / 04
<p>PRUEBA N°2</p> <p>Las fugas disminuyeron casi en su totalidad, pero aún se presentan en la salida de la bomba. Al accionar la válvula de obturación, subió la misma distancia que en la prueba N°1, es decir no se logró mejorar la altura. Con respecto collarín inferior, se desplazó sin dificultad alguna, dando por superado este problema.</p> <p>Acciones correctivas.- Para el caso de la fuga en salida de la bomba hay que indicar que se sacó todo, se limpió con gasolina y se procede nuevamente a colocar teflón y permatex; para el collarín inferior se hace un conector más grande.</p> <p>PRUEBA N°3</p> <p>Desaparecen todas las fugas, pero el problema de la válvula de obturación persiste y no mejora en ningún aspecto.</p>		

	PRUEBAS	Pág. 4 de 4
	Record de Pruebas	Cuadro N° 3.6
	Elaborado por: Galo Falconí	Revisión N° 1
	Aprobado por: Ing. Dag Bassantes M. SC.	Fecha: Julio / 04
<p>Acciones correctivas.- Se decide cambiar de método, aplicando una platina curva como conector del vástago hacia la palanca de la llave.</p>		
<p>PRUEBA N°4</p> <p>La válvula de obturación cumple efectivamente con su función de restringir el paso del fluido, por lo que se da por resuelto ese problema.</p>		
<p>PRUEBA N°5</p> <p>No se encuentran problemas, y el equipo funciona adecuadamente</p>		
<p>PRUEBA N°6</p> <p>No se encuentran problemas, y el equipo funciona adecuadamente</p>		

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 TALENTO HUMANO

Cuadro 4.1 Talento Humano

Nº	Nombre	Actividad
1	Investigador	Galo Falconí
2	Asesor	Ing. Dag Bassantes M. SC

4.2 RECURSOS MATERIALES

En este punto, se hace el desglose del costo económico de los materiales, mano de obra, máquinas, herramientas, y equipos utilizados, para de esta forma, calcular la inversión económica realizada, en el presente proyecto.

Cuadro 4.2 Costo de materiales

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	V. UNIT. \$	SUBTOTAL \$
1	Varilla ø 4mm.	1	m.	7.50	7.5
2	Acero inoxidable ø ¾"	0.6	m.	12	7.2
3	Acero inoxidable ø 2"	0.12	m.	19	2.28
4	Acero inoxidable ø 1"	0.5	m.	14	7
5	Tubo de bronce 15 x 10 cm	0.05	m.	8	0.4

6	Platina 3 x ¼"	0.08	m.	12	0.96
7	Rodamientos	2	U	8	16
8	Pernos	13	U	0.15	1.95
9	Rodelas planas	13	U	0.10	1.3
10	Tuercas	13	U	0.15	1.95
11	Aceite 20W50	¼	lt.	6	1.5
12	Electrodos	5	lb.	1.5	7.5
13	Polea ø 3"	1	U	5	5
14	Motor eléctrico	1	U	17	17
15	Banda de caucho	1	U	3.5	3.5
16	Bomba de agua ½ HP.	1	U	29	29
17	Tubo de silicón transpar.	1	U	5.7	5.7
18	Permatex	1	U	3.5	3.5
19	Teflón	1	rollo	0.5	0.5
20	Manguera ø ½" transpar.	6	m.	1	6
21	Abrazadera ½"	14	U	0.25	3.5
22	Neplos galvanizados ½"	4	U	0.30	1.2
23	Codo galvanizado ½"	1	U	0.25	0.25
24	T ½"	1	U	0.25	0.25
25	Unión ½"	4	U	0.20	0.8
26	Tanque para reservorio	1	U	9	9
27	Angulo ¾"	10	m.	1	10
28	Remaches ½"	16	U	0.20	3.2
29	Aglomerado 9mm.	2	U	9	18
30	Pintura	½	Lt.	5	2.5
31	Varilla cuadrada ¼	2	m.	1.4	2.8
TOTAL					177.24

Cuadro 4.3 Costo de máquinas, herramientas y equipos

Nº	DESCRIPCIÓN	PRECIO / H \$	# HORAS	SUBTOTAL \$
1	Amoladora	5	0.13	0.65
2	Taladradora	5	0.30	1.5
3	Roscado	7	0.5	3.5
4	Corte (arco de sierra)	4	0.83	3.32
TOTAL				8.97

Cuadro 4.4 Costo de mano de obra

Nº	ESPECIALIDAD	PRECIO / H \$	# HORAS	SUBTOTAL \$
1	Tornero	9	1.25	11.25
2	Fresador	10	0.33	3.3
3	Soldador	8	0.74	5.92
4	Mecánico Industrial	9	2	18
TOTAL				38.47

Cuadro 4.5 Costo total de la maqueta

DESCRIPCIÓN	COSTO
Materiales	177.24
Máquinas, herramientas y equipos	8.97
Mano de obra	38.47
TOTAL	224.68

Cuadro 4.6 Costo del Proyecto de Grado

ELEMENTO	COSTO
Governor de Sobrevelocidad Didáctico	224.68
TOTAL	224.68

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- El Governor de Sobrevelocidad construido se encuentra operativo en condiciones estándar de operación para aplicaciones didácticas
- El Governor de Sobrevelocidad Didáctico construido permite observar con facilidad el funcionamiento del mismo
- Se ha proporcionado para los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, una fuente de consulta didáctica y teórica, a cerca de los mecanismos de regulación de sobrevelocidad

5.2 Recomendaciones:

- Con la finalidad de evitar daños en el equipo, es necesario seguir a cabalidad los pasos establecidos en el manual de operación
- Cuando el equipo no está en operación, drenar el agua de la bomba para disminuir la oxidación del rodete
- Engrasar el eje principal por donde se desliza el collarín inferior, con una grasa liviana, para favorecer el deslizamiento de este
- Asegúrese de que los contrapesos estén bien ajustados antes de poner en marcha el equipo, pues, de no estarlo, pueden producir serios daños a las personas o cosas cercanas y que estén dentro del laboratorio
- Después de cada práctica enrolle el cable del enchufe para evitar daños en este, o evitar tropezones y caídas, de las personas que transitan cerca de la maqueta

BIBLIOGRAFÍA

- Nicolás Larburú, (1994). Prontuario de Máquinas. Sexta Edición, Madrid. Editorial Paraninfo
- General Electric. Training Guide. Massachusetts
- Michel Valero, (1982). Física Fundamental. Colombia. Editorial Norma
- Timothy J. Maloney, (1997). Electrónica Industrial. Tercera Edición, México. Editorial Prentice may
- J. L. Meriam. Dinámica. Segunda Edición, Barcelona. Editorial Reverté S. A.
- Petroindustrial, Folleto de la Turbina York
- <http://www.google.com>
- <http://www.altavista.com>

ANEXOS

ANEXO “A”

FOTOGRAFÍAS



Fotografía A. 1. Governor de Sobrevelocidad Didáctico



Fotografía A. 2. Governador y llaves de paso



Fotografía A. 3. Governor de Sobrevelocidad Didáctico en funcionamiento



Fotografía A. 4. Polea, banda, motor eléctrico y mecanismos de control eléctrico