

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/150

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR: GUSTAVO ADOLFO FORERO GARCIA

WILSON CAMILO GUTIERREZ JULIO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR: GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

TÍTULO DEL TRABAJO: “BANCO DIDACTICO PARA SIMULACION DE UNA CENTRAL HIDRAULICA UTILIZANDO UNA TURBINA PELTON”

### RESUMEN

La finalidad del presente proyecto es construir un banco didáctico para la simulación de una central hidráulica utilizando una turbina tipo Pelton, para que el estudiante de la asignatura de energías renovables tenga la capacidad de comprender y analizar el funcionamiento de una central hidráulica aprovechando el recurso hídrico. El sistema consta de una turbina tipo Pelton que es accionada o puesta en marcha aprovechando la operación de una bomba centrífuga que simula el salto hidráulico, el proyecto comprende la construcción y adecuación de la turbina Pelton, selección de instrumentos de visualización y registro de las variables permitiendo evaluar las curvas de funcionamiento, Se dispone de dos sensores uno para medir el caudal y otro la velocidad de giro del eje del generador, esto permite que el estudiante interactúe de una manera más real en el proceso manipulando las variables. El banco didáctico consta de un generador eléctrico sin escobillas, su rotor fue modificado por uno con imanes de neodimio, el eje del generador es acoplado al eje de la turbina permitiendo que la energía potencial del agua se transforme en energía mecánica al golpearla y el giro del mismo sea transformado en energía eléctrica, la corriente eléctrica generada es corriente alterna pero con distinta frecuencia de la red, se rectifica dicha señal por medio de un puente rectificador y se transformara en corriente directa que servirá para cargar un banco de baterías y luego si adecuarla a los parámetros de la red eléctrica.

PALABRAS CLAVE: Turbina, hidráulica, generador, corriente, rotor, rendimiento.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 150 PLANOS:     ILUSTRACIONES:     CD ROOM:   1

BANCO DIDÁCTICO PARA SIMULACIÓN DE UNA CENTRAL HIDRÁULICA  
UTILIZANDO UNA TURBINA TIPO PELTON

GUSTAVO ADOLFO FORERO GARCIA  
WILSON CAMILO GUTIERREZ JULIO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSE DE CÚCUTA

2019

BANCO DIDÁCTICO PARA SIMULACIÓN DE UNA CENTRAL HIDRÁULICA  
UTILIZANDO UNA TURBINA TIPO PELTON

GUSTAVO ADOLFO FORERO GARCIA

WILLSON CAMILO GUTIERREZ JULIO

Proyecto para optar por el título de ingenieros electromecánicos

Director:

ING. ESP. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ

Ingeniero Electromecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2019

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO INVESTIGATIVO**

**FECHA:** 05 de junio de 2019

**HORA:** 07:00: P.M

**LUGAR:** Laboratorio Empresarial LE 201

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TÍTULO DEL TRABAJO INVESTIGATIVO:** "BANCO DIDÁCTICO PARA  
SIMULACIÓN DE UNA CENTRAL HIDRÁULICA UTILIZANDO UNA TURBINA  
PELTON".

**JURADOS** Dr: JOHNNY OMAR MEDINA DURAN  
Msc. NORBEY CHINCHILLA HERRERA  
Esp. JUAN CARLOS RAMÍREZ BERMÚDEZ

**DIRECTOR:** Esp: GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ

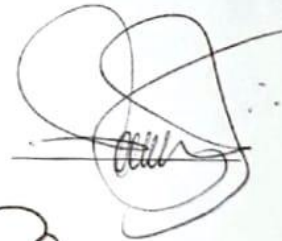
**APROBADA**

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
GUSTAVO ADOLFO FORERO GARCÍA	1091073	4.2
WILSON CAMILO GUTIÉRREZ JULIO	1091346	4.2

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
\_\_\_\_\_  
Johny Omar Medina Duran

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

**VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR**

  
\_\_\_\_\_

*Magdalena G.*

## Resumen

La finalidad del presente proyecto es construir un banco didáctico para la simulación de una central hidráulica utilizando una turbina tipo Pelton, para que el estudiante de la asignatura de energías renovables tenga la capacidad de comprender y analizar el funcionamiento de una central hidráulica aprovechando el recurso hídrico.

El sistema consta de una turbina tipo Pelton que es accionada o puesta en marcha aprovechando la operación de una bomba centrífuga que simula el salto hidráulico, el proyecto comprende la construcción y adecuación de la turbina Pelton, selección de instrumentos de visualización y registro de las variables permitiendo evaluar las curvas de funcionamiento,

Se dispone de dos sensores uno para medir el caudal y otro la velocidad de giro del eje del generador, esto permite que el estudiante interactúe de una manera más real en el proceso manipulando las variables.

El banco didáctico consta de un generador eléctrico sin escobillas, su rotor fue modificado por uno con imanes de neodimio, el eje del generador es acoplado al eje de la turbina permitiendo que la energía potencial del agua se transforme en energía mecánica al golpearla y el giro del mismo sea transformado en energía eléctrica, la corriente eléctrica generada es corriente alterna pero con distinta frecuencia de la red, se rectifica dicha señal por medio de un puente rectificador y se transformara en corriente directa que servirá para cargar un banco de baterías y luego si adecuarla a los parámetros de la red eléctrica.

## Contenido

1. Problema	20
1.1. Título	20
1.2. Planteamiento Del Problema	20
1.3. Formulación Del Problema	21
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
1.5. Justificación	22
1.6. Alcances	22
1.7. Limitaciones	23
1.8. Delimitaciones	23
1.8.1. Delimitación Espacial.	23
1.8.2. Delimitación Temporal.	24
2. Marco Referencial	25
2.1. Estado Del Arte	25
2.2. Marco Teórico	29
2.2.1. Energía Hidráulica.	29
2.2.2. Turbinas Hidráulicas.	29

2.2.3.	Clasificación De Máquinas Hidráulicas.	29
2.2.4.	Clasificación De Turbo-Maquinas Hidráulicas Y Sus Tipos.	31
2.2.5.	Partes De La Turbina Hidráulica Pelton	34
2.2.6.	Identificación Del Potencial Para Generación Hidroeléctrica.	35
2.2.7.	Tipos De Centrales Hidroeléctricas	35
2.2.8.	Componentes Principales De Una Central Hidroeléctrica	39
2.2.9.	Clasificación De Las Hidroeléctricas.	40
2.2.10.	Maquina Síncrona.	40
2.2.11.	Alternador.	42
2.3.	Marco Conceptual	44
2.4.	Marco Contextual	45
2.5.	Marco Legal	46
3.	Diseño Metodológico	48
3.1.	Tipo De Investigación	48
3.2.	Población	48
3.3.	Técnicas De Recolección De Datos	48
4.	Desarrollo Del Proyecto	49
4.1.	Descripción General Del Proceso Del Banco Didáctico Con Turbina Tipo Pelton	49
4.1.1.	Inicio Del Proceso.	51
4.1.2.	Sistema De Distribución De Agua.	52

4.1.3.	Tanque De Almacenamiento De Agua.	58
4.1.4.	Válvula De Control De Flujo.	59
4.2.	Cálculo Hidráulico Para La Adecuación De La Turbina Pelton	60
4.2.1.	Velocidad Especifica $N_q$ Y $N_s$	61
4.2.2.	Triangulo De Velocidades.	63
4.2.3.	Cálculo Del Diámetro Pelton.	66
4.2.4.	Sección Transversal Del Inyector.	67
4.2.5.	Cálculo De Velocidades En Las Cucharas O Alabes.	68
4.2.6.	Cálculo De La Velocidad Relativa De Salida.	69
4.2.7.	Velocidad Relativa A La Salida Del Alabe.	71
4.2.8.	Cálculo De La Altura Teórica.	72
4.2.9.	Cálculo De La Eficiencia Teórica.	73
4.2.10.	Cálculo De La Potencia Hidráulica.	73
4.3.	Calculo De Los Alabes De La Turbina	74
4.3.1.	Especificaciones De Cada Parámetro:	75
4.3.2.	Ancho De La Cuchara	76
4.3.3.	Longitud De Las Cucharas	76
4.3.4.	Profundidad De Las Cucharas	77
4.3.5.	Distancia De La Cuchara Desde El Corte Hasta El Centro Del Chorro	77
4.3.6.	Ancho Del Corte De La Cuchara	77
4.3.7.	Longitud Radial Del Corte De La Cuchara	77
4.3.8.	Longitud De La Cuchara En La Mitad De La Misma	78
4.3.9.	Angulo De Entrada Del Agua A La Cuchara.	78



4.3.10.	Angulo De Salida Del Agua A La Cuchara.	78
4.3.11.	Angulo Formado Por Las Medias Cucharas.	78
4.3.12.	Angulo De La Punta De La Cuchara.	78
4.3.13.	Espesor De Las Cucharas	79
4.3.14.	Calculo Diámetro Del Rodete.	79
4.4.	Diseño Del Inyector	79
4.5.	Adecuación Del Alternador Para El Banco De Pruebas	81
4.5.1.	Diseño De Rotor.	82
4.5.2.	Diseño Del Estator.	84
4.6.	Rectificador Trifásico Tipo Puente	86
4.7.	Descripción De Las Variables Y Selección De Los Instrumentos De Medida	88
4.7.1.	Descripción De Las Variables.	88
4.8.	Selección De Los Instrumentos De Medida De Las Variables Eléctricas.	93
4.9.	Selección De Instrumentos Para Visualización De Las Variables De Caudal Y Rpm.	96
4.10.	Selección De Tarjeta Programable	98
4.10.1.	Rodamientos.	100
4.11.	Bomba Centrifuga	100
4.12.	Diseño De La Carcasa.	101
4.13.	Análisis E Interpretación De Resultados	102

4.14. Diseño Mecánico Del Alabe En Solidworks	104
4.14.1. Diseño Del Rodete En Solidworks	105
4.15. Diseño Del Alabe En Impresión 3d	106
4.16. Fabricación Del Alabe En Aluminio	108
4.17. Fabricación Del Rodete En Torno	108
4.18. Diagrama De Conexiones Para La Lcd Y El Arduino	111
4.19. Montaje Del Banco De Pruebas Y Toma De Datos	112
4.19.1. Toma De Datos Prueba Sin Carga	118
4.19.2. Toma De Datos Prueba Con Carga	119
4.19.3. Graficas De Los Valores Obtenidos En Vacío	121
4.19.4. Graficas De Los Valores Obtenidos En Prueba Con Carga	123
4.19.5. Graficas De Los Valores Obtenidos En Serie	124
5. Costos	127
6. Conclusiones	129
7. Recomendaciones	130
Referencias Bibliograficas	131
Anexos	133