

ECODUCTOS ENERGÉTICOS
EXPLOTACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA DEL GAS PARA GENERACIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ANDRÉS FERNANDO CARVAJAL LOZANO
LUIS FERNANDO MUÑOZ ALARCÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
IBAGUÉ, TOLIMA

2012

ECODUCTOS ENERGÉTICOS
EXPLOTACIÓN DE LA ENERGÍA CINÉTICA DEL GAS PARA GENERACIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA

ANDRÉS FERNANDO CARVAJAL LOZANO
LUIS FERNANDO MUÑOZ ALARCÓN

PROYECTO DE GRADO

ASESOR
ELBER FERNANDO CAMELO QUINTERO
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
IBAGUÉ, TOLIMA

2012

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

IBAGUÉ, TOLIMA, Septiembre 12 de 2012

DEDICATORIA

Dedicamos a este proyecto, a Dios ante todo; a nuestras familias que nos han apoyado a lo largo de nuestro proceso de formación profesional; y a los integrantes del grupo de semilleros de investigación ECIELECTRIC.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios, el cual nos permito realizar nuestros estudios de Ingeniería electrónica, y conformar un excelente grupo de investigación, que busca nuevas y eficientes alternativas amigables con el medio ambiente, llevando a generar un impacto positivo en la sociedad con el desarrollo de este proyecto.

Además de agradecer a la Universidad Nacional Abierta y A Distancia por el apoyo durante nuestro proceso de formación académica, y dar reconocimientos general a los integrantes de grupo de investigación del semillero Ecielectric (Explotación de la energía cinética del gas para la generación de energía eléctrica) del grupo Gidestec, pues con ellos hemos logrado grandes avances y desarrollos, para nuestra investigación y presentación de este proyecto; adicionalmente agradecimiento al Ingeniero Elber Fernando Camelo, el cual nos asesoró y apoyo durante el desarrollo de este proyecto, así como al ingeniero Harold Esneider Pérez quien confió y puso todo su empeño en las ideas de cada uno de los integrantes del semillero de investigación.

Brindar gracias a la empresa Transgastol S.A. al facilitarnos información para esta investigación; además de dar agradecimientos especiales a la empresa Dismont Ltda., al prestarnos sus instalaciones, equipos y herramientas para el desarrollo e investigación de este proyecto, sin estos recursos hubiera sido muy difícil alcanzar los resultados que hemos obtenido hasta el momento.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	
RESUMEN	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
JUSTIFICACIÓN	21
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	23
1.MARCO TEÓRICO	24
1.1.TEORIA DE FLUJO DE FLUIDOS EN DUCTOS	24
1.2.FLUIDOS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA	24
1.3.SISTEMAS CONVENCIONALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	25
1.3.1FUNDAMENTO	25
1.4.SISTEMA DE GENERACIÓN EN HIDROELÉCTRICAS.	25
1.4.1. TURBINA PELTON	26
1.5.SISTEMA DE GENERACIÓN EN TERMOELÉCTRICAS	27
1.6.SISTEMAS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES	28
1.6.1.SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICO	28
1.6.2.GENERACION CON PANELES SOLARES	28
1.7.TEORIAS DEL ELECTROMAGNETISMO	29
1.7.1. LEY DE FARADAY	29
1.7.2.LEY DE LORENTZ	30
1.8.FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA.	31
1.8.1. LEY DE LENZ	31
1.9.TIPOS DE GENERADORES	32
1.9.1.FLUJO RADIAL	32
1.9.2.FLUJO AXIAL	33
1.10.IMANES DE NEODIMIO	33
1.11.BOBINAS	34
1.11.1.Con núcleo de aire	35
1.11.2.Con núcleo sólido	35
1.11.3.TEORIA CALCULO DE EMBOBINADO	36
1.12.FUNDAMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	41
1.12.1VOLTAJE ALTERNO	41
1.12.2.DIVISOR DE VOLTAJE	42
1.12.3.CIRCUITO RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA	42
1.12.4.CIRCUITOS DE FILTRADO	44
1.12.5.AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMPARADOR	45
1.12.6.MICROCONTROLADOR	46
1.12.6.1.LENGUAJE C	48
1.12.6.2.CONVERSOR ANÁLOGO/DIGITAL	50
1.12.6.3MODULACION PMW	51
1.13.DISPLAY LCD	52
1.14.SERVOMOTOR	54

1.15.INTERFAZ DE VISUALIZACIÓN HMI EN LABVIEW	55
1.16.COMUNICACIÓN SERIAL RS-232	58
1.16.1.CIRCUITO INTEGRADO MAX232	59
1.17.TEORIA DE CONTROL	60
1.17.1.SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	61
1.17.2.SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO	61
1.18.VALVULAS DE CONTROL	62
2.DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	63
2.1.ESTUDIO DE CONSUMO DE LA ESTACIÓN MEDIDORA DE BUENOS AIRES DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ	63
2.1.1.ANALISIS DE LA ENERGÍA CINÉTICA EN EL TRANSPORTE DE GAS NATURAL POR DUCTOS	66
2.2.DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN GENERADOR DE FLUJO AXIAL CON UNA TURBINA PELTON	70
2.2.1.CALCULO DE EMBOBINADO PARA EL PROTOTIPO	74
2.2.2.CALCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR	79
2.3.IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL PROPORCIONAL	82
2.4.SIMULACIÓN ELECTRÓNICA EN PROTEUS	85
2.5.PROGRAMACION EN LENGUAJE C	88
2.6.INTERFAZ HMI LABVIEW	90
2.7.CONDICIONES DE SEGURIDAD	94
3.PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	97
4.IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO	98
4.1. BENEFICIOS A LAS EMPRESAS	98
4.2. IMPACTO SOCIAL DEL PROYECTO	98
4.3. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO	99
4.4. TIEMPO DE RECUPERACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	99
4.5. POTENCIALES USOS DE ESTE PROYECTO	100
4.6.COSTOS DEL PROTOTIPO	101
5.CONCLUSIONES	102
6.LIMITACIONES	103
7.RECOMENDACIONES	104
8.BIBLIOGRAFÍAS	105
ANEXOS	107

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades físicas de imanes de neodimio	34
Tabla 2. Parámetros fundamentales en rectificación de onda completa	44
Tabla 3. Pines y funciones	53
Tabla 4. Histórico de Consumos de la estación Medidora de Ibagué en Pies/Hora.	64
Tabla 5. Calculo de la velocidad del gas natural en un ducto de 4"	67
Tabla 6. Valores para hallar el número de espiras de una bobina	75
Tabla 7. Relación de calibres de alambre y corrientes máximas de funcionamiento	78
Tabla 8. Calculo de la velocidad del gas natural en un ducto de 2"	81
Tabla 9. Datos enviados y recibidas comunicaciones serial	90
Tabla 10. Costos de reposición y reparación de la alimentación eléctrica.	100
Tabla 11. Costos del prototipo por Fases	101

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Oleoducto	24
Figura 2. Represa Hidroeléctrica	25
Figura 3. Turbina Pelton	26
Figura 4. Termoeléctrica	27
Figura 5. Generadores Eólicos	28
Figura 6. Sistema de energía solar	29
Figura 7. Ley de Faraday	30
Figura 8. Ley de Lorentz	31
Figura 9. Ley de Lenz	32
Figura 10. Vista transversal de un generador radial	32
Figura 11. Vista transversal de un generador axial	33
Figura 12. Imanes de Neodimio	34
Figura 13. Bobinas con núcleo de ferrita	35
Figura 14. Rotor flujo axial y Estator flujo axial	36
Figura 15. Ecuación de la fuerza electromotriz	37
Figura 16. Disposición de FEM	37
Figura 17. Disposición axial de los rotores y estator	41
Figura 18. Onda voltaje Alterno	42
Figura 19. Onda alterna en plano complejo	42
Figura 20. Divisor de voltaje Thevenin	43
Figura 21. Montaje de un puente de diodos	44
Figura 22. Montaje de un circuito filtrado	45
Figura 23. Amplificador operación comparador	46
Figura 24. Microcontrolador	47
Figura 25. Arquitectura interna del microcontrolador	48
Figura 26. Logo lenguaje c	49
Figura 27. Logo CCS Compiler	50
Figura 28. Conversión Análoga/ digital	51
Figura 29. Modulación por ancho de pulso	52
Figura 30. Display LCD	53
Figura 31. Servomotor	54
Figura 32. Angulo de giro del servomotor	55
Figura 33. Panel Frontal Labview	56
Figura 34. Diagrama de bloques Labview	58
Figura 35. Conector serie RS-232 de 9 pines	63
Figura 36. Conexiones básicas para la comunicación entre	

dos dispositivos con la interfaz RS-232.	59
Figura 37. Conexión física del MAX232	60
Figura 38. Control lazo abierto	61
Figura 39. Control de lazo cerrado	61
Figura 40. Válvula de Control Neumática	62
Figura 41. Histórico de consumos de la estación medidora de Ibagué en Pies/hora	65
Figura 42. Visita City Gate Transgastol	66
Figura 43. Equipos de control y supervisión de Transgastol.	69
Figura 44. Obtención de Datos City Gate Transgastol	69
Figura 45. Diseño mecánico del generador	70
Figura 46. Disposición mecánica de la turbina Pelton	71
Figura 47. Prototipo Pelton	71
Figura 48. Prototipo de pruebas de un generador de flujo axial integrado a una turbina Pelton	72
Figura 49. Diseño del Rotor Axial	73
Figura 50. Rotor Axial	73
Figura 51. Diseño del Estator Axial	74
Figura 52. Estator Axial	74
Figura 53. Prototipos de Bobinas	76
Figura 54. Pruebas de Voltaje Generado	77
Figura 55. Pruebas de Velocidad de Prototipo	82
Figura 56. Esquema del montaje en un ducto de transporte.	83
Figura 57. Sistema de control proporcional en un Gasoducto interfaz HMI	83
Figura 58. Diagrama de bloques del sistema de control proporcional.	84
Figura 59. Válvula tipo mariposa.	85
Figura 60. Montaje en el simulador Proteus	85
Figura 61. Montaje Físico 1	86
Figura 62. Montaje Físico 2	87
Figura 63. Señales del Osciloscopio Virtual	87
Figura 64. Panel Frontal HMI	91
Figura 65. Diagrama de bloques de la interfaz HMI	93
Figura 66: Pruebas de comunicación serial	94
Figura 67. Montaje de prueba	95
Figura 68. Histórico de Pruebas	97

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tabla de Cálculo de Embobinado	108
Anexo B. Tabla de Cálculo de velocidad del gas	109
Anexo C. Planos Mecánico en AutoCAD	110
Anexo D. Datasheet PIC 16F877A	112
Anexo E. Plano electrónico Proteus	116
Anexo F. Código Labview	117
Anexo G. Código en el Lenguaje del Microcontrolador	119
Anexo H. Información Técnica del Servomotor	121
Anexo I. Registro de Pruebas	122
Anexo J. Registro Fotográfico	125
Anexo K. Presupuesto	127
Anexo L. El Derecho de Autor en el Campus Universitario	129
Anexo M .Continuidad del Proyecto	130

GLOSARIO

Acueductos: transporte de agua por tuberías.

Acumulador: Pila eléctrica reversible que transforma y almacena como energía química la energía eléctrica que recibe, y que efectúa el proceso inverso durante la descarga

Adquisición: consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital).

Aerogeneradores: es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina.

AM: modulación de amplitud es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la señal portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal que contiene la información que se desea transmitir, llamada señal moduladora o modulante.

Análisis: es la descomposición de un todo en partes para poder estudiar su estructura, sistemas operativos, funciones, etc.

Arquitectura Harvard: hacía referencia a las arquitecturas de computadoras que utilizaban dispositivos de almacenamiento físicamente separados para las instrucciones y para los datos

Arquitectura Von Neumann: es una familia de arquitecturas de computadoras que utilizan el mismo dispositivo de almacenamiento tanto para las instrucciones como para los datos

Asíncrona: hace referencia al suceso que no tiene lugar en total correspondencia temporal con otro suceso.

Automatización: es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

Bucles: es una sentencia que se realiza repetidas veces a un trozo aislado de código, hasta que la condición asignada a dicho bucle deje de cumplirse.

Bus de Datos: es un sistema digital que transfiere datos entre los componentes de una computadora o entre computadoras.

Caldera: Recipiente de metal grande y redondo que sirve para calentar o cocer alguna cosa.

Campo Magnético: representa una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual de valor q , que se desplaza a una velocidad, experimenta los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad v como al campo B .

Caudal: es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo. Se denomina también caudal volumétrico o índice de flujo fluido, y que puede ser expresado en masa o en volumen

Circuito Integrado: es una pastilla pequeña de material semiconductor, de algunos milímetros cuadrados de área, sobre la que se fabrican circuitos electrónicos generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o cerámica

Cristal de Cuarzo: Oscilador piezoeléctrico

Código Fuente: es un conjunto de líneas de texto que son las instrucciones que debe seguir la computadora para ejecutar dicho programa. Por tanto, en el código fuente de un programa está descrito por completo su funcionamiento.

Combustión: es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

Compilador: es un programa informático que traduce un programa escrito en un lenguaje de programación a otro lenguaje de programación, generando un programa equivalente que la máquina será capaz de interpretar

Condensador: es un dispositivo pasivo, utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.

Digitales: es un sistema de representación mediante dígitos

Display: un dispositivo de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual.

Diodos: es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido.

Domótica: es el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.

Electromagnética: Fenómeno en el que los campos eléctricos y los magnéticos se interrelacionan

Electrolíticos: es cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico.

Eólico: Movimiento generado por el viento o corrientes de aire

Estator: es la parte fija de una máquina rotativa y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de potencia (siendo el otro su contraparte móvil, el rotor).

Exactitud: es la capacidad de un instrumento de acercarse al valor de la magnitud real

Ferrita: en materiales cerámicos ferromagnéticos (sólo la alfa), compuestos por hierro, boro y bario, estroncio o molibdeno.

Ferromagnético: es aquel que puede presentar ferromagnetismo

Ferro cube: proporciona una de las más amplias gamas de alta calidad, productos innovadores de ferrita.

Filtros: es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Flow Control: control de flujo

Fueloil: es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada. De aquí se obtiene entre un 30 y un 50% de esta sustancia. Es el combustible más pesado de los que se puede destilar a presión atmosférica.

Fuente de Tensión: elemento activo que es capaz de generar una diferencia de potencial (d. d. p.) entre sus bornes o proporcionar una corriente eléctrica para que otros circuitos funcionen.

F.E.M.: Fuerza Electromotriz

Fuerza electromotriz: es toda causa capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado.

Gasoductos: Transporte de gas natural por tuberías

Generación: Producción o creación.

Generador Monofásico: máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía cinética en otra energía, o bien, en energía potencial pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético.

GND: Referencia a Tierra eléctrica

Handshaking: es un proceso automatizado de negociación que establece de forma dinámica los parámetros de un canal de comunicaciones establecido entre dos entidades antes de que comience la comunicación normal por el canal.

Henrio: es la unidad para la inductancia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades. Es la inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el que se produce una fuerza electromotriz de 1 voltio, cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un amperio por segundo.

Hidráulica: es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma

HMI: Interfaz Hombre Maquina; se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos.

I2C: (Circuitos Inter-Integrados). Bus de comunicaciones en serie.

Infraestructura: Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad

Inversor: un inversor convierte la corriente continua de una batería en corriente alterna, adecuada para alimentar a los equipos conectados

Interfaces: es la conexión entre dos ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles

Interrupciones: es una señal recibida por el procesador de un ordenador, indicando que debe "interrumpir" el curso de ejecución actual y pasar a ejecutar código específico para tratar esta situación.

Intrínsecamente Seguro: consiste en limitar la energía eléctrica consumida por el equipo de manera que nunca supere los valores límites de riesgo de explosión. Para ello se utilizan las barreras zener o mayormente los aisladores galvánicos que instalados en la zona segura limitan la energía que la fuente entrega hacia el equipo en la zona peligrosa.

Lenguaje de Alto Nivel: Un lenguaje de programación de alto nivel se caracteriza por expresar los algoritmos de una manera adecuada a la capacidad cognitiva humana, en lugar de a la capacidad ejecutora de las máquinas.

Lenguaje Ensamblador: es un lenguaje de programación de bajo nivel para los computadores, microprocesadores, Microcontroladores, y otros circuitos integrados programables. Implementa una representación simbólica de los códigos de máquina binarios y otras constantes necesarias para programar una arquitectura dada de CPU y constituye la representación más directa del código máquina específico para cada arquitectura legible por un programador.

Neumática: es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

Nivel: En su sentido más general nivel hace referencia a una "altura" relativa a otra altura; generalmente se toma como punto de referencia una base.

Nodos: es un punto de conexión entre dos o más elementos de un circuito.

Oleoductos: transporte de petróleo crudo por tuberías.

Ozono: El aire que compone nuestra atmósfera está compuesto de varios gases en diferentes concentraciones, las mayores concentraciones le corresponden al Nitrógeno y al Oxígeno.

Paridad: se usan en Telecomunicaciones para detectar, y en algunos casos corregir, errores en la transmisión. Para ellos se añade en origen un bit extra llamado bit de paridad a la n bits que forman el carácter original.

Perturbaciones: Alteración anormal de una señal eléctrica

Polaridad: es la cualidad que permite distinguir cada uno de los terminales de una pila, batería u otras máquinas eléctricas de corriente continua.

Poliductos: transporte de combustibles fósiles por tuberías.

Presión: es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Presión Hidrostática: es la presión que ejerce el peso de un fluido en reposo. Se trata de la presión que experimenta un cuerpo por el solo hecho de sumergirse en un líquido.

Prototipo: Los prototipos son una representación limitada de un producto, permite a las partes probarlo en situaciones reales o explorar su uso, creando así un proceso de diseño de iteración que genera calidad.

Propanoductos: Transporte de gas propano por tuberías.

Radiación: consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Regulador de carga: Para evitar sobre voltaje o subvoltaje, el alternador del vehículo necesita un regulador, que estabiliza el voltaje de salida en un nivel, apropiado para cargar la batería y para la operación de los consumidores eléctricos.

Represa: Lugar donde las aguas están detenidas o almacenadas natural o artificialmente

Resistencia: es un objeto es una medida de su oposición al paso de corriente.

Resolución: La resolución viene determinada por la longitud de la palabra digital (número de bits), es decir por las agrupación de ceros y unos con que se va componiendo (codificando) la señal.

RF: El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 kHz y unos 300 GHz

Robótica: es la rama de la tecnología que se dedica al diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots.^{1 2} La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física.

Rotor: es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico

Rx: Simbología de recepción de datos.

SAD: Sistema Análogo - Digital

Solenoid: es cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme. Un ejemplo teórico es el de una bobina de hilo conductor aislado y enrollado helicoidalmente, de longitud infinita.

Temperatura: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio, frío que puede ser medida, específicamente, con un termómetro.

Tensión eléctrica: es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas.

Transformadores: es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida.

Transmisor: es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio.

TTL: una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales.

Turbina: Máquina destinada a transformar en movimiento giratorio, mediante una rueda de paletas, la energía cinética de un fluido.

Tx: Simbología de transmisión de datos.

UART: (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal). Éste controla los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo.

Velocidad Angular: Se define como el ángulo girado por una unidad de tiempo y se designa mediante la letra griega ω . Su unidad en el Sistema Internacional es el radián por segundo (rad/s).

RESUMEN

Con la ejecución de este proyecto, se busca diseñar e implementar un sistema que transforme la energía cinética de los gasoductos en energía eléctrica, para abastecer a los equipos e instrumentos utilizados por las empresas en las estaciones y subestaciones de control y supervisión de transporte de gas, logrando una autosuficiencia energética; esto les permitirá recuperar en parte los costos que genera el transporte de sus productos; la implementación de este sistema también permitirá la ejecución de proyectos de responsabilidad social empresarial en los cuales los directos beneficiarios sean las comunidades aledañas a las principales redes de transporte y la posibilidad de vender la energía excedente a la red eléctrica nacional.

El desarrollo e implementación de este proyecto se caracteriza por ser un sistema innovador y amigable con el medio ambiente, debido a que todo el proceso de generación es limpio y libre de residuos; adicionalmente el mismo equipo podrá ser implementado en poliductos, oleoductos y acueductos previa revisión y adecuación a los parámetros del fluido.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cómo podemos evidenciar en la actualidad, el mundo moderno posee un gran potencial de consumo de energía eléctrica en la utilización equipos eléctricos y electrónicos los cuales hacen más fácil las condiciones de vida.

El incremento de consumo de energía eléctrica y la eventual disminución de los recursos naturales hacen necesaria la búsqueda de métodos de generación eléctrica los cuales integre a través del uso de la tecnología, un sistema que no altere y proteja el medio ambiente.

En el planeta la energía siempre está en constante cambio, pero no somos conscientes que estamos desaprovechando una gran fuente de energía cinética; es ahí que el grupo de investigación parte, en indagar y proponer la viabilidad de nuevas fuentes de generación de energía, las cuales buscan convertirse en alternativas modernas de gran impacto, tanto a nivel social, económico y ambiental.

Uno de los principales inconvenientes de nuestro país, se encuentra enfocado en el orden público, dado los hurtos a las estaciones y subestaciones de transporte de fluido por ductos cada día toma más fuerza, debido a las condiciones y facilidades que se le presenta a la delincuencia común para robar, ya sea paneles solares o transformadores, ocasionando pérdidas materiales considerables a las empresas.

Por lo anterior se busca un sistema que no sea fácil de robar y que ofrezca las garantías necesarias para su óptima utilización; lo anterior nos plantea el siguiente interrogante ¿Es posible la utilización de la energía cinética de los fluidos en los ductos para la generación de energía eléctrica de una manera eficiente, segura y amigable con el medio ambiente?

JUSTIFICACIÓN

Se propone una nueva alternativa y una solución amigable con el medio ambiente, donde se aproveche los recursos e infraestructura existentes en los ductos de transporte de fluidos, para la generación de energía eléctrica; este proyecto buscara responder las problemáticas que presenta el contexto global actual.

En la actualidad el aumento de consumo eléctrico hace necesaria la búsqueda de nuevos métodos de generación eléctrica, involucrando los recursos naturales de las regiones teniendo como preferencia los sectores vulnerables de la población.

Al emplearse las técnicas modernas de generación de energía eléctrica como el uso de paneles solares, los martillos magnéticos y las granjas eólicas; al ser fuentes generadoras de energía, catalogadas como energía verdes, son métodos costosos y en muchos de los casos para producir la energía necesaria para el consumo, se necesita una gran cantidad de elementos, para cumplir la cuota de suministro.

Los métodos convencionales de generación eléctrica, como los embalses o represas, hidrocarburos de origen fósil y el uso de reactores nucleares, al brindar una gran potencia y suministro, destruyen el ecosistema al demandar grandes recursos naturales y modificando el ambiente natural donde lleva a cabo los procesos de generación de energía.

Dentro de los desarrollos futuros se podrá ampliar el estudio y la aplicación a otros sectores de transporte de fluido en ductos, dado que el estudio inicial se baso en los gasoductos, aunque esta no es un limitante para realizar las investigaciones correspondientes en otros campos. Dado que existe potencial de energía cinética altos en estos sistemas de transporte.

INTRODUCCIÓN

En el universo la energía está en constante cambio, regida por la segunda ley de la termodinámica en la que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma, considerando dicha ley en el desarrollo de la vida cotidiana no percibimos la importancia de cada cambio ocurrido en el mundo y sin darnos cuenta desaprovechamos algunos cambios físicos de la materia, tal es el caso en el transporte de fluidos en ductos, en el que tenemos el transporte de petróleo crudo (Oleoductos), el transporte de gasolina (Poliducto), el transporte de agua (Acueducto) y el transporte del gas natural (Gasoducto). Los cuales son sistemas de transporte que utilizan grandes presiones, para transportar enormes caudales de sus fluidos, sin tener en cuenta que están desaprovechando una enorme cantidad de energía cinética que puede ser transformada en energía eléctrica, sin interferir en el transporte, seguridad y calidad de sus productos; obteniendo una utilidad adicional, al aprovechar la energía cinética generada en sus operaciones diarias.

Se desarrolla una nueva alternativa amigable con el medio ambiente, el cual no generará sustancias y/o materiales contaminantes, en la implementación de este proyecto; además se emplearán los recursos e infraestructura existentes para la generación de energía eléctrica, dando respuesta a la problemática que presenta el contexto global actual, buscando beneficiar en primer lugar a las empresas que lo implementen, favoreciendo las pequeñas y medianas comunidades aledañas a los ductos de transporte de fluidos.

Con los datos suministrados por el técnico de operaciones Fernando Garay del gasoducto Transgastol S.A E.S.P, se desarrolló el estudio pertinente para elaborar un prototipo de prueba, tomando como base los consumos de la ciudad de Ibagué en la estación de transferencia en custodia de Buenos Aires, y se realizaron los cálculos en búsqueda de la máxima eficiencia del prototipo de pruebas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Crear un dispositivo que permita generar energía Eléctrica a partir de la transformación de energía Cinética de los fluidos en ductos de transporte, generando así un impacto positivo a las empresas, el medio ambiente y la sociedad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Indagar en la búsqueda de sistemas alternativos de generación de energía eléctrica, que contribuyan significativamente en las empresas de transporte de fluidos en ductos.
- ✓ Diseñar un prototipo de pruebas que permitan la utilización de la energía cinética de los fluidos en ductos de transporte, para la generación de energía eléctrica.
- ✓ Implementar un sistema alternativo para la Generación de Energía Eléctrica Verde.
- ✓ Simular mediante el empleo de un prototipo de prueba, el proceso industrial de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía cinética del gas natural.
- ✓ Aprovechar la infraestructura montada en los Gasoductos, Poliductos, Acueductos y Oleoductos para la generación de energía Eléctrica.
- ✓ Utilizar la Electrónica como soporte tecnológico para la implementación de un Sistema Eficiente, Seguro y alternativo de Generación de Energía Eléctrica.
- ✓ Implementar sistemas de control Proporcional en tiempo real, para regular las revoluciones y frecuencia del sistema de generación de energía eléctrica.
- ✓ Lograr que el dispositivo genere la energía eléctrica necesaria para volver autosuficientes las estaciones y subestaciones de supervisión y control de las redes de transporte.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 TEORÍA DE FLUJO DE FLUIDOS EN DUCTOS

Se entiende por fluido todo cuerpo cuyas moléculas tienen entre sí poca atracción y que toma siempre la forma del recipiente donde está contenido.

Uno de los métodos más comunes para transportar cualquier tipo de fluidos de un punto a otro es impulsarlo a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que esta forma ofrece no sólo mayor resistencia estructural sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma.

En Colombia y los demás países los fluidos pueden provenir de yacimientos de petróleo para el caso de (Petróleo crudo y Gas Natural), y el otro caso del fluido del agua en los ríos y quebradas. Existen otros sistemas que manejan fluidos de materia de productos procesados como es el caso de los propanoductos, poliductos, gasoductos y acueductos entre otros.

Figura 1. Oleoducto



<http://www.rfidpoint.com/noticias/earthsearch-communications-desarrolla-una-solucion-de-monitoreo-de-oleoducto-que-utiliza-tecnologia-rfid-y-gps/>

1.2 FLUIDOS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Uno de los principales fluidos utilizado para la generación de energía eléctrica es el agua por medio de represas, las cuales crean una diferencial de altura y

por ende una diferencia de presión, esta energía hidráulica por medio de turbinas y generadores tienen la capacidad de generar energía eléctrica.

Otra clase de energía es la cinética presente en los fluidos por los ductos de transporte, los cuales como el caso de los gasoductos, propanoductos, oleoductos y poliductos. Esta energía que se encuentra presente y no utilizada hasta el momento es una energía que podría ser transformada a energía eléctrica ofreciendo rentabilidad adicional y favorable para las empresas dedicadas al transporte de cualquier fluido por tuberías.

1.3 SISTEMAS CONVENCIONALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

1.3.1. Fundamento. La generación de energía eléctrica es básicamente la transformación de un tipo diferente de energía a electricidad, la cual puede provenir de energía mecánica, térmica o luminosa, entre otras. La generación a gran escala se requiere de infraestructura e instalaciones llamadas centrales eléctricas, donde se realizaran la transformación, para luego ser transmitidas por medio de cables al sector industrial y domiciliario.

1.4 SISTEMA DE GENERACIÓN EN HIDROELÉCTRICAS.

Las centrales hidroeléctricas utilizan energía hidráulica de las caídas de agua para la generación de energía eléctrica.

Estos sistemas de generación aprovechan la energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural o artificial en virtud de un desnivel, el cual crea una condiciones de carga de presión hidrostática, la cual por medio de una caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.

Figura 2. Represa Hidroeléctrica

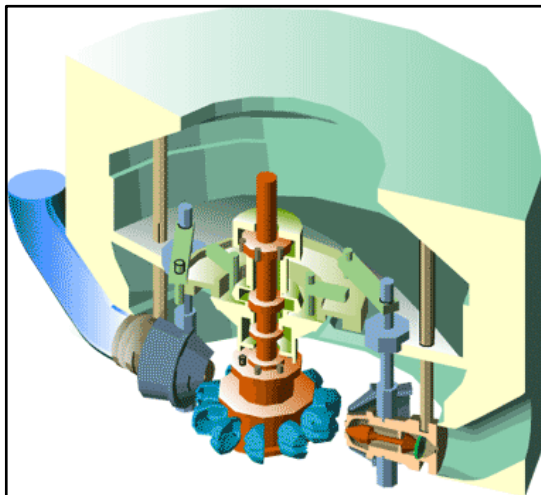


<http://www.inforegion.pe/portada/137358/hidroelectricas-de-gran-embalse-en-la-amazonia-comprometerian-el-medio-ambiente-y-la-paz-social/>

Los sistemas que utilizan la energía hidráulica para generación energía eléctrica se basan en turbinas que utilizan la energía de caída del agua, pero éste actúa sobre las paletas constantemente en el mismo sentido, de manera que si penetra por la circunferencia exterior de la rueda sale por la interior y si penetra por la parte inferior, sale por la exterior, por este método se aprovecha casi totalmente la energía del agua.

1.4.1 Turbina Pelton. Las turbinas Pelton es un sistema de rueda con cucharas, que sustituyen en la rueda Pelton a los palos de las antiguas ruedas hidráulicas. Cada par de cuchara adaptan la forma aproximada, de dos manos juntas para recibir en ellas un chorro de agua, con la diferencia de que las superficies de aquellas están perfectamente pulidas y calculadas de tal manera que aprovechan lo mejor posible la fuerza viva.

Figura 3. Turbina Pelton



http://www.liceorodolico.it/SITO_SCUOLA_DEFINITIVO/Idroelettrica/images/idrotur_pelton.gif

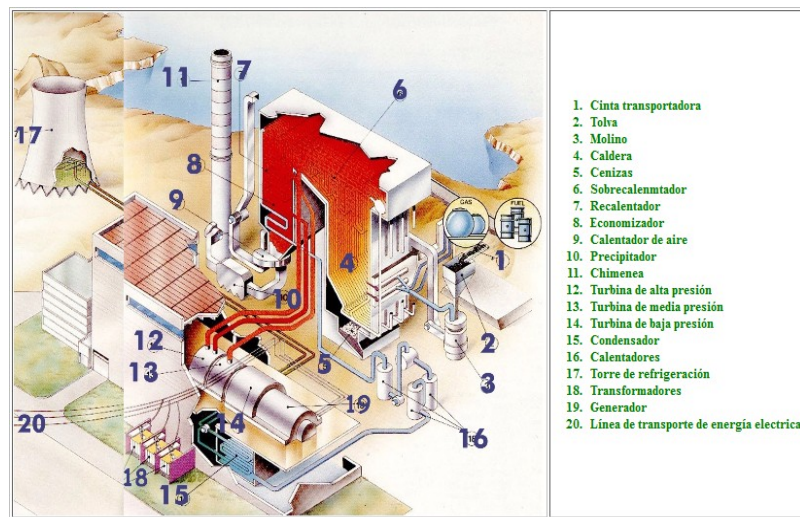
Aunque estos sistemas poseen la ventaja de generación eléctrica a bajo costo, se deja por fuera el factor ambiental, el cual viene enfocado a la gran cantidad de agua para poder generar electricidad; estos sistemas requieren para su normal funcionamiento que los cauces y sistemas hídricos de los ríos se desvíen, los cuales afectan tanto la fauna y la flora de los lugares donde se construyen.

1.5 SISTEMA DE GENERACIÓN EN TERMOELÉCTRICAS

El principio básico del funcionamiento de una Termoeléctrica, lo constituye en sí un intercambio de energía calórica en energía mecánica y luego este se convierte en energía eléctrica.

Las termoeléctricas convencionales producen energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fueloil o gas en una caldera diseñada para tal efecto. Una central termoeléctrica posee dentro de su sistema un recinto de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón, depósitos de fuel-oíl), esto para asegurar que se dispone permanentemente de una adecuada cantidad de éste.

Figura 4. Termoeléctrica



<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo7.html>

A nivel ambiental el principal índice de contaminación lo refleja en las emisiones realizadas a la atmosfera. Dichas emisiones dependen del tipo de combustibles a utilizar en los quemadores de las caldearas, dado que las combustiones incompletas generan daños a la capa de ozono. Además de la afectación por la utilización de las fuentes de agua para refrigerar los sistemas durante la generación.

1.6 SISTEMAS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES

1.6.1 Sistema De Generación Eólico. Un sistema de generación Eólico consiste en aprovechar las corrientes de los vientos, es decir energía cinética del aire, para transformarla en energía eléctrica, y luego transmitirla a los sectores que se requiera.

Figura 5. Generadores Eólicos



<http://pelusaefis.files.wordpress.com/2011/06/energia-eolica.jpg>

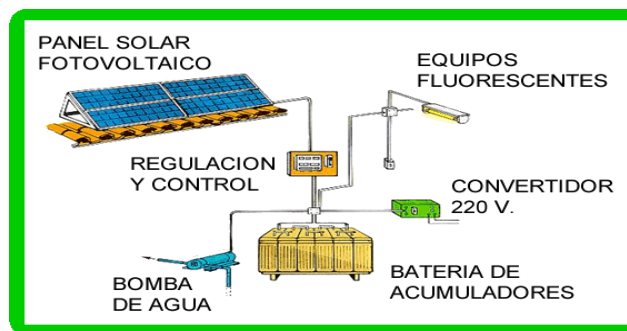
En estos momentos donde el calentamiento global es un determinante en cuestión de generación de electricidad, la energía eólica juega un papel muy importante, ya que utiliza un recurso abundante, renovable y limpio, ayudando así a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde.

Su principal problema en el momento de la generación, está dado por intermitencia de los vientos y la poca capacidad de generación.

1.6.2 Generación Con Paneles Solares. La generación de electricidad con paneles solares está básicamente compuesta, entre otras cosas, por: un generador solar, un acumulador, un regulador de carga y un inversor (opcional). El primero corresponde al generador solar el cual es un conjunto de células solares fotovoltaicas que captan la radiación luminosa procedente del sol para luego transformarla en corriente continua a baja tensión.

Los acumuladores son los que nos permiten almacenar la energía producida por el generador y nos da la posibilidad de utilizar dicha energía almacenada en los días en donde existe una muy buena radiación o directamente no se hace presente el sol. El regulador de carga, es muy importante porque se encarga de evitar que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas en el acumulador, si esto ocurriese se producirían daños irreversibles; otra de sus particularidades es asegurar de que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.

Figura 6. Sistema de energía solar



<http://www.serviscentro.com.ar/imagenes/placas%20solares%20funcionamiento.png>

Una de las desventajas de este sistema de generación de energía eléctrica radica en las bajas potencias generadas, y los grandes espacios que requieren para instalar los llamados paneles colectores o paneles solares, además son sistemas muy costosos comparados con los métodos convencionales de generación.

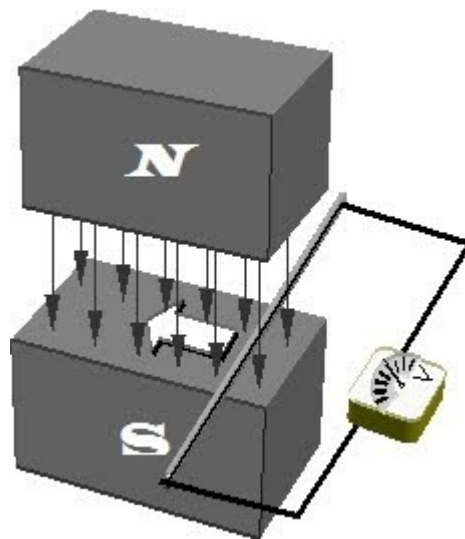
1.7 TEORÍAS DEL ELECTROMAGNETISMO

1.7.1 Ley De Faraday. La Ley de Faraday establece que la corriente inducida en un circuito es directamente proporcional a la rapidez con que cambia el flujo magnético que lo atraviesa.

La inducción electromagnética fue descubierta casi simultáneamente y de forma independiente por Michael Faraday y Joseph Henry en 1830. La inducción electromagnética es el principio sobre el que se basa el funcionamiento del generador eléctrico, el transformador y muchos otros dispositivos.

Supongamos que se coloca un conductor eléctrico en forma de circuito en una región en la que hay un campo magnético. Si el flujo F a través del circuito varía con el tiempo, se puede observar una corriente en el circuito (mientras el flujo está variando). Midiendo la F.E.M inducida se encuentra que depende de la rapidez de variación del flujo del campo magnético con el tiempo.

Figura 7. Ley de Faraday



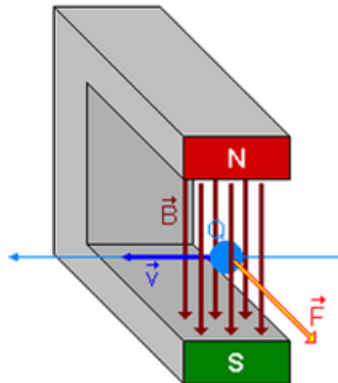
http://2.bp.blogspot.com/_7rydKQ_IYYU/TH2cBwrX-4I/AAAAAAAAABqU/KtBBzcPz-jY/s400/Induction-magn%C3%A9tica-Faraday.jpg

1.7.2 Ley De Lorentz. Toda vez que una carga se desplaza dentro de un campo magnético, recibe una fuerza que es directamente proporcional al valor de la carga, a su velocidad, al campo magnético y al seno del ángulo formado por la vector velocidad y el vector campo magnético.

Dado que una carga eléctrica en movimiento induce un campo magnético, podemos considerar a esta carga como un imán. Pues bien, al igual que cuando aproximamos dos imanes comprobamos que entre ellos existe una fuerza (de repulsión si aproximamos polos homólogos y de atracción si los polos son opuestos), una carga eléctrica que se desplaza en las proximidades de un imán (en el seno de un campo magnético) también experimentará ese tipo de fuerzas.

El valor de esta fuerza depende del valor de la carga eléctrica en movimiento, la intensidad del campo magnético y de la velocidad a la que se desplaza la carga. Para determinar su valor podemos aplicar la ley de Lorentz.

Figura 8. Ley de Lorentz



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0b/Lorentzkraft-graphic-part1.PNG/220px-Lorentzkraft-graphic-part1.PNG>

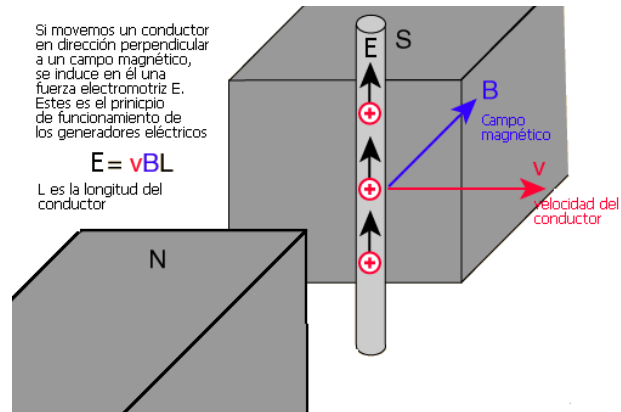
1.8 FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA.

1.8.1 LEY DE LENZ. Hasta ahora hemos visto que un campo magnético puede ser inducido por una corriente eléctrica y como un campo magnético es capaz de producir una fuerza sobre cargas eléctricas en movimiento. Ahora vamos a ver como un campo magnético puede inducir una fuerza electromotriz (tensión eléctrica) sobre un conductor.

Efectivamente, si movemos un conductor que se encuentra en el seno de un campo magnético, sobre él se inducirá una fuerza electromotriz. El valor de esta fuerza depende de la velocidad a la que el conductor se mueva, la longitud de este y de la intensidad del campo magnético:

La mayor parte de la energía eléctrica utilizada actualmente se produce mediante generadores eléctricos en forma de corriente alterna (aparatos que transforman energía mecánica en energía eléctrica). Los motores eléctricos transforman de nuevo la energía eléctrica en distintas formas de energía mecánica. Para solucionar los problemas relativos al transporte de esta energía eléctrica a largas distancias se utilizan transformadores. Todos estos aparatos se fundamentan en el fenómeno de la inducción electromagnética.

Figura 9. Ley de Lenz

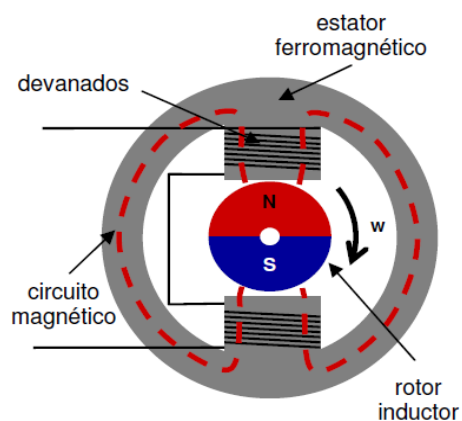


[Http://www.etitudela.com/electrotecnia/images/lenz.gif](http://www.etitudela.com/electrotecnia/images/lenz.gif)

1.9 TIPOS DE GENERADORES

1.9.1 Flujo Radial. Los generadores de flujo radial el corte del campo magnético respecto al embobinado se realiza de forma perpendicular, es decir, que el corte del campo magnético al embobinado es de 90° , por ende se genera una opción abrupta produciendo pérdidas y recalentamiento por la disposición de las mismas.

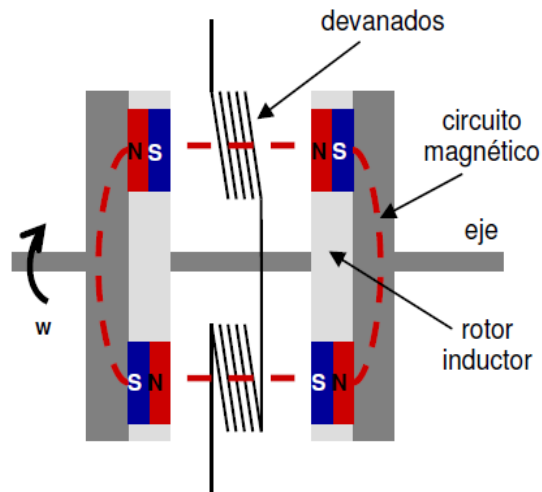
Figura 10. Vista transversal de un generador radial



Rivarola M, Kirtley J. Design of High Speed Axial Flux Permanent Magnet Generators. USA: Massachusetts Institute of Technology.

1.9.2 Flujo Axial. La disposición axial el corte del campo magnético es paralelo respecto al embobinado, esta clase de disposición de corte permite una excitación de los electrones sin fricción y oposición magnética, el corte que se realiza es de 180° produciendo menores pérdidas que la generación radial.

Figura 11. Vista transversal de un generador axial



Rivarola M, Kirtley J. Design of High Speed Axial Flux Permanent Magnet Generators. USA: Massachusetts Institute of Technology

1.10 IMANES DE NEODIMIO

Un imán de neodimio (también conocido como imán NdFeB, NIB, o Neo) es el tipo de imán de tierras raras más extensamente utilizado; se trata de un imán permanente hecho de una aleación de neodimio, hierro y boro, combinados para formar un compuesto que cristaliza en el sistema cristalino tetragonal con la fórmula empírica $Nd_2Fe_{14}B$.

Los imanes de neodimio son los más poderosos tipos de imanes permanentes fabricados por el hombre. Han reemplazado a otros tipos de imanes en muchísimas aplicaciones de la industria moderna que requieren imanes permanentes de gran poder.

Figura 12. Imanes de Neodimio



http://img2.mlstatic.com/iman-de-neodimio_MCO-O-19741249_7309.jpg

Tabla 1. Propiedades físicas de imanes de neodimio

Coefficiente de temperatura de remanencia TK (Br)	Coefficiente de temperatura de coercitividad T K (Hcj)	Densidad (d)	Dureza Vickers (HV)	Resistividad(ρ)	Temperatura Curie(Tc)
[%/°C]	[%/°C]	[g/cm ³]	[kg/mm ²]	[μOhm cm]	[°C]
- 0,10... - 0,12	- 0,6	7,4 - 7,6	600	144	310 -340

http://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_de_neodimio

1.11 BOBINAS

Son componentes pasivos de dos terminales que generan un flujo magnético cuando se hacen circular por ellas una corriente eléctrica.

Se fabrican arrollando un hilo conductor sobre un núcleo de material ferromagnético o al aire. Su unidad de medida es el Henrio (H) en el Sistema Internacional pero se suelen emplear los submúltiplos mH y μH.

Figura 13. Bobinas con núcleo de ferrita



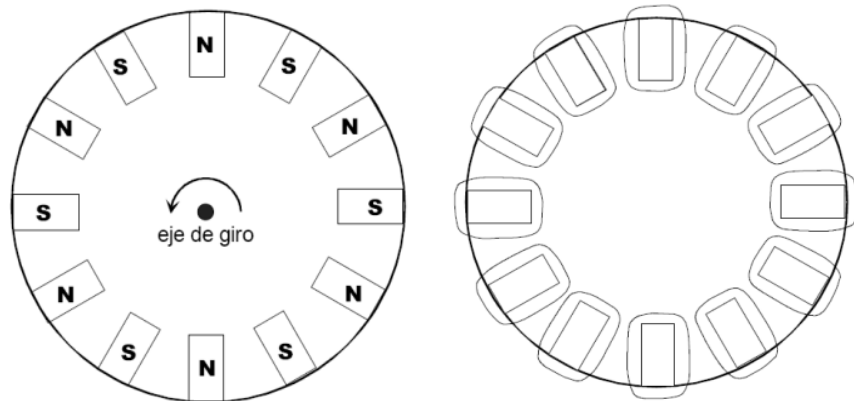
<http://atsea.files.wordpress.com/2010/03/dsc03577.jpg?w=450>

1.11.1 Bobinas Con Núcleo De Aire. El conductor se arrolla sobre un soporte hueco y posteriormente se retira este quedando con un aspecto parecido al de un muelle. Se utiliza en frecuencias elevadas. Una variante de la bobina anterior se denomina solenoide y difiere en el aislamiento de las espiras y la presencia de un soporte que no necesariamente tiene que ser cilíndrico. Se utiliza cuando se precisan muchas espiras. Estas bobinas pueden tener tomas intermedias, en este caso se pueden considerar como 2 o más bobinas arrolladas sobre un mismo soporte y conectadas en serie. Igualmente se utilizan para frecuencias elevadas.

1.11.2 Bobinas Con núcleo sólido. Poseen valores de inductancia más altos que los anteriores debido a su nivel elevado de permeabilidad magnética. El núcleo suele ser de un material ferromagnético. Los más usados son la ferrita y el ferroxcube. Cuando se manejan potencias considerables y las frecuencias que se desean eliminar son bajas se utilizan núcleos parecidos a los de los transformadores (en fuentes de alimentación sobre todo). Así nos encontraremos con las configuraciones propias de estos últimos. Las secciones de los núcleos pueden tener forma de EI, M, UI y L. Con núcleo sólido

1.11.3 Teoría Calculo De Embobinado. Un generador de flujo axial es el que posee un campo magnético paralelo al eje de giro. Por su sencillez de construcción, es el más usado en aerogeneradores “caseros”. Consiste en un disco de hierro, en cuya superficie, y cerca del borde del mismo, van “pegados” los imanes.

Figura 14. Rotor flujo axial y Estator flujo axial



<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Femaxial.pdf>

Estos imanes giran por delante de un grupo de bobinas de N espiras cada una, que en el caso de un generador monofásico, coincide en número con el número de imanes.

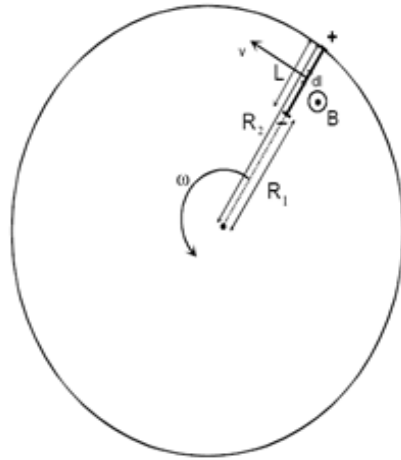
La fuerza electromotriz inducida en cada una de las bobinas de este generador, se puede obtener a partir de la expresión de Lorentz, (FEM inducida en un conductor móvil en el seno de un campo magnético) puesto que aunque, son los imanes los que se mueven realmente por delante de las bobinas, puede considerarse que éstos están quietos y son las bobinas las que giran en el sentido contrario, enfrente de los imanes.

En primer lugar obtendremos la FEM inducida en un segmento conductor que se mueve con un movimiento circular en el seno de un campo magnético paralelo al eje de giro (perpendicular al círculo).

Figura 15. Ecuación de la fuerza electromotriz

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \oint v B dl = \oint \omega r B dl = \omega B \int_{R_1}^{R_2} r dr = \\ &= \omega B \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} = \omega B \frac{(R_2 - R_1)(R_2 + R_1)}{2} \end{aligned}$$

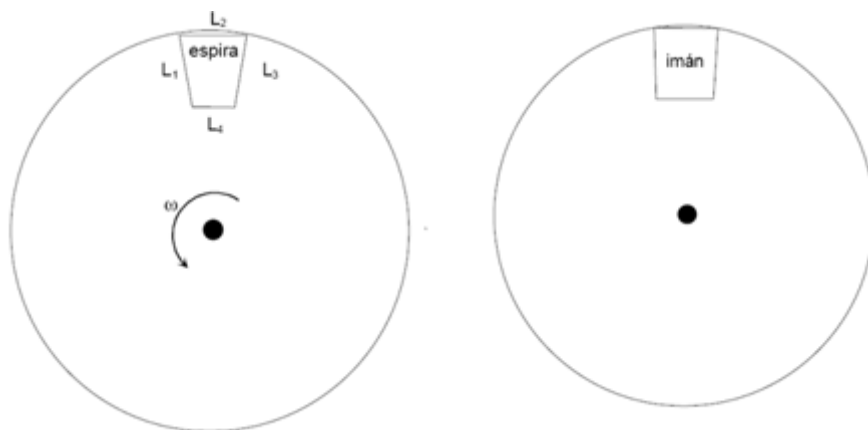
$$\varepsilon = \omega B \frac{(R_2 + R_1)}{2} L$$



<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Femaxial.pdf>

La expresión anterior es la FEM inducida en un segmento conductor cuando se mueve enfrente de un imán con su campo magnético perpendicular al círculo. Si el campo magnético es vertical hacia arriba, la polaridad de la FEM es la indicada en la siguiente figura:

Figura 16. Disposición de FEM



<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Femaxial.pdf>

Supongamos una espira como la que se muestra en la figura, con dos lados en la dirección del radio de la circunferencia, L1 y L3, y los otros dos perpendiculares a dicho radio, L2 y L4. Solo en los lados L1 y L3 se puede generar fem inducida, cuando se muevan (giren) enfrente de un imán. Si la espira gira enfrente de un imán de un tamaño muy parecido al de la espira, solo uno de los lados estará enfrente al imán, por lo que se generará fem en un lado solo, y luego en el otro, pero no en ambos a la vez. Si en vez de tener un solo imán, se tiene un grupo de imanes, alternados en sus polos magnéticos, como los que se muestran en la figura 1, al girar la espira enfrente de estos imanes, los lados L1 y L2 estarán, casi todo el tiempo, enfrentados a imanes de polos opuestos por lo que las fems generadas en ellos serán opuestas también, y la fem total generada en la espira será el doble de la generada en un solo lado.

Ecuación 1, de FEM (1)

$$\epsilon = 2WB \frac{(R_2 + R_1)}{2} L = WB(R_1 + R_2)L$$

Se puede considerar que una bobina de N espiras está formada por N segmentos conductores en cada uno de los lados “radiales” de la misma. Por tanto, la fem generada en la bobina, será N veces la generada en una de sus espiras

Ecuación 2, de FEM (2)

$$\epsilon = 2WB(R_1 + R_2)NL$$

La fem “eficaz” será:

Ecuación 3, de FEM (3)

$$\epsilon = \frac{1}{\sqrt{2}}WB(R_1 + R_2)NL$$

Como se ve en la expresión anterior, la fem eficaz inducida en una bobina de un generador de flujo axial, es proporcional a la velocidad angular, que se mide en vueltas por segundo. Es costumbre medir la velocidad angular en revoluciones por minuto (rpm), en cuyo caso se tendría la expresión

Ecuación 4, FEM (4)

$$\epsilon = 0.074 (rpm)B(R_1 + R_2)NL$$

donde (rpm) es la velocidad de giro de la bobina expresada en vueltas o revoluciones por minuto, R2 es el radio del disco de hierro donde van “pegados” los imanes, y R1 es igual a R2 menos la longitud radial, o altura radial, del imán, $R_1 = R_2 - L$ (ver figura 3).

B es el magnético creado por los imanes, que para el caso de imanes de Neodimio, suponiendo que se tienen dos imanes enfrentados y separados una distancia aproximada de 20 mm, puede llegar a valer 5000 gauss, esto es 0.5 Teslas.

Hay que remarcar que la expresión anterior no es “exacta”, sino “aproximada”, siendo tanto más exacta, cuantos más imanes hay en el disco de giro y, consecuentemente, menos espiras tienen la bobina. Esta expresión, aun siendo aproximada, permite predecir la fem que se generará en una bobina de un generador de flujo axial en función de la velocidad angular, en rpm, del giro del disco de imanes, dando un valor que es ligeramente superior al valor real. Para obtener un valor más aproximado al real con la expresión, se puede introducir un factor geométrico, que tenga en cuenta la “superficie de campo magnético”. Como todo el disco no está repleto de imanes, sino que hay una separación entre ellos, el factor geométrico corrector de la expresión es la superficie de todos los imanes dividido por la superficie total de la corona circular donde están colocados los imanes:

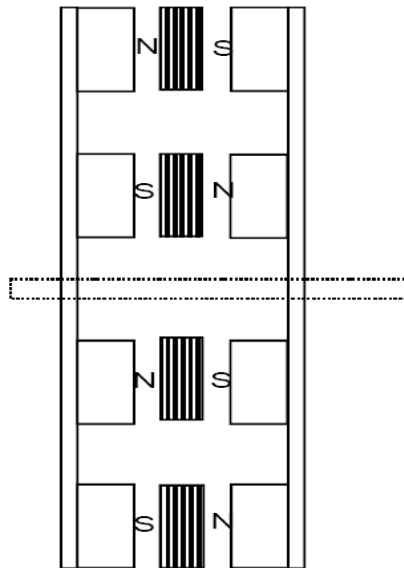
fc = Simanes/Scorona circular

Ecuación 5, FEM (5)

$$\epsilon = f_c 0.074 (rpm) B (R_1 + R_2) NL$$

Para aumentar esta fem, se colocan varias bobinas, tantas como imanes para un generador monofásico, que se pueden conectar en serie, formando grupos de bobinas, en cuyo caso habría que multiplicar el valor de la fem de una bobina, por el número de bobinas conectadas en serie. Además, se suelen montar dos discos de imanes enfrentados entre sí, separados de modo que en medio de los imanes se pueden colocar las bobinas, en cuyo caso hay doble número de imanes que de bobinas. Para aumentar esta fem, se colocan varias bobinas, tantas como imanes para un generador monofásico, que se pueden conectar en serie, formando grupos de bobinas, en cuyo caso habría que multiplicar el valor de la fem de una bobina, por el número de bobinas conectadas en serie. Además, se suelen montar dos discos de imanes enfrentados entre sí, separados de modo que en medio de los imanes se pueden colocar las bobinas, en cuyo caso hay doble número de imanes que de bobinas.

Figura 17. Disposición axial de los rotores y estator



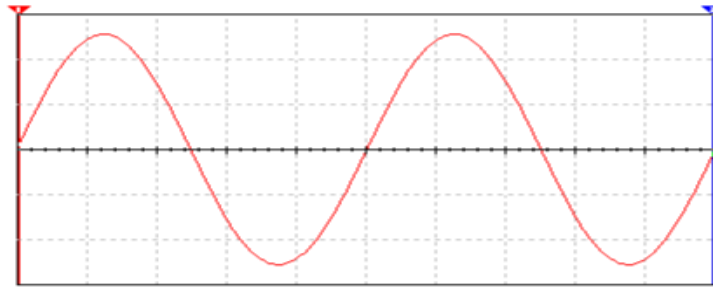
<http://www.uv.es/~navasqui/aero/Femaxial.pdf>

Los rectángulos dibujados en blanco son los imanes, cuyos polos son las caras perpendiculares al papel, y por tanto el campo magnético está contenido en el plano del papel. Los rectángulos rayados, representan las bobinas, situadas entre los polos opuestos de dos imanes enfrentados. Los dos grupos de imanes están pegados a sendos discos de hierro, los cuales giran solidariamente. Las bobinas están quietas.

1.12 FUNDAMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

1.12.1 Voltaje Alterno. El voltaje alterno se define como el que varía de amplitud y polaridad continuamente en el tiempo. Las variaciones hacia arriba y hacia debajo de la forma de onda corresponden a cambios de magnitud.

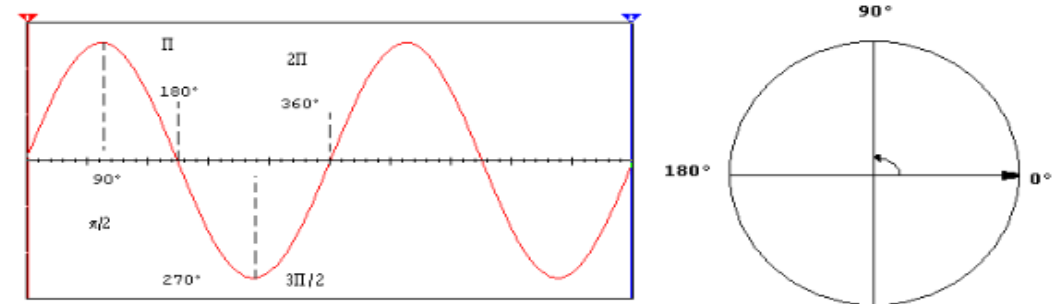
Figura 18. Onda Voltaje Alterno



<http://www.solecmexico.com/electronica/TensionAlterna.pdf>

Una revolución completa de una espiga alrededor de un círculo se conoce como ciclo y una revolución igual a la mitad de un ciclo recibe el nombre de alteración.

Figura 19. Onda alterna en el plano complejo

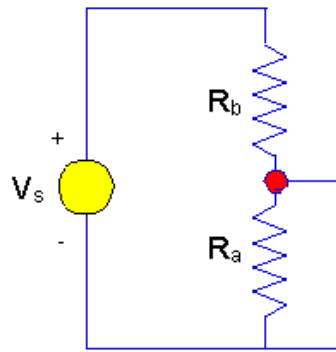


<http://www.solecmexico.com/electronica/TensionAlterna.pdf>

1.12.2 Divisor De Voltaje. El divisor de tensión no es un circuito muy complejo y se puede representar con un circuito equivalente de Thévenin. Tenemos que establecer los valores y / o fórmulas para dos elementos en el divisor de tensión. Básicamente, tenemos dos de los siguientes:

- Voltaje de circuito abierto
- Resistencia Interna
- Corriente de corto circuito.

Figura 20. Divisor de voltaje Thevenin



<http://www.fisicapractica.com/thevenin.php>

V o / o R . Para el divisor de tensión que no es más difícil. Allí, la corriente de cortocircuito es simplemente V_s / R_b . Podemos utilizar tanto de estas observaciones para calcular la resistencia interna del divisor de tensión.

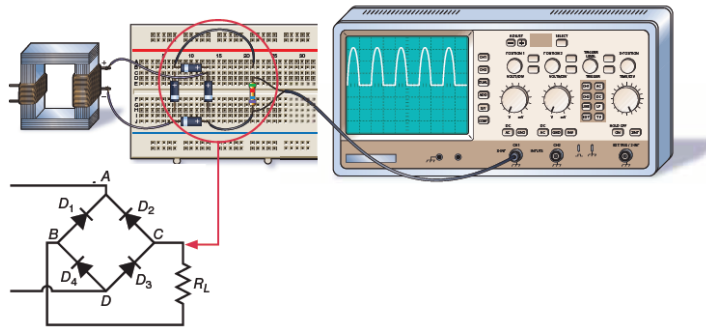
Ecuación 6, Formula de divisor de voltaje.

$$V_t = \frac{V_s * R_a}{(R_a + R_b)}$$

1.12.3 Circuito Rectificador De Onda Completa. Este rectificador es uno de los más usados en las fuentes de alimentación, tanto así está formada por cuatro diodos individuales como en su versión integrada. Estos últimos son más fáciles de manejar, puesto que disponen de cuatro patillas, dos para su conexión para el transformador, y otras dos para la conexión hacia la carga.

Como se muestra en la siguiente figura se puede montar un puente de diodos y la señal que se obtiene a su salida, así como el esquema eléctrico del puente.

Figura 21. Montaje de un puente de diodos



<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Tabla 2. Parámetros fundamentales en rectificación de onda completa

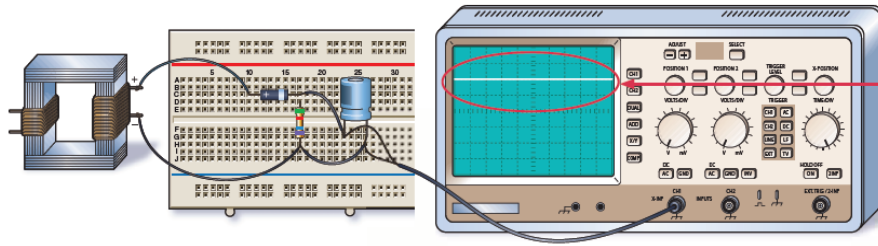
Parámetro	Fórmula	Observaciones
Valor medio de la tensión	$V_{med.} = \frac{2 V_{máx.}}{\pi}$	Es la media aritmética de todos los valores instantáneos de la señal comprendidos en un intervalo (en este caso la mitad del periodo). Si se tiene en cuenta la tensión de la polarización directa del diodo, tenemos: $V_{med.} = \frac{2 (V_{máx.} - 0,7)}{\pi}$
Valor eficaz de la tensión	$V_{ef.} = \frac{V_{máx.}}{\sqrt{2}}$	Podemos comprobar este valor de tensión con un polímetro.
Tensión máxima inversa del diodo	V_R	Se obtiene de la hoja de características del diodo. Debe ser igual, como mínimo, al doble de la tensión máxima que proporciona el transformador.
Valor medio de la intensidad	$I_{med.} = \frac{V_{med.}}{R}$	Se obtienen aplicando la ley de Ohm a los valores de tensión. Dependen de la resistencia de carga del rectificador.
Valor eficaz de la intensidad	$I_{ef.} = \frac{V_{ef.}}{R}$	

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

1.12.4 Circuitos De Filtrado. Son los filtros que únicamente dejan pasar aquellas frecuencias que están por debajo de una determinada frecuencia.

La misión del condensador que se coloca en paralelo con la señal es la de aplanar la onda de salida del rectificador, es decir, obtener una señal continua lo más parecida posible a la que proporcionan las pilas o baterías.

Figura 22. Montaje de un circuito filtrado



<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Los condensadores que se utilizan como filtros en las fuentes de alimentación tienen que ser de elevada capacidad, con el fin de eliminar la ondulación de la señal continua; por eso generalmente son electrolíticos.

Al producirse una tensión de rizado V_o , debido a las cargas y descargas del condensador. Podemos establecer una relación entre la tensión de rizado y la capacidad del condensador a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 7,

$$V_o = \frac{I}{f * C}$$

Dónde:

V_o = tensión de rizado en voltios

I = intensidad de la corriente continua en amperios

F =frecuencia del rizado en hercios

C = capacidad del condensador en faradios

1.12.5 Amplificador Operacional Comparador. Un amplificador operacional, es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):

$V_{out} = G \cdot (V_+ - V_-)$ el más conocido y comúnmente aplicado es el UA741 o LM741.

En un circuito electrónico, se llama comparador a un amplificador operacional en lazo abierto (sin realimentación entre su salida y su entrada) y suele usarse para comparar una tensión variable con otra tensión fija que se utiliza como referencia.

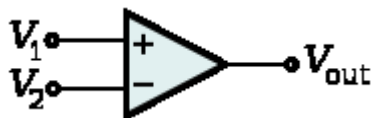
Como todo amplificador operacional, un comparador estará alimentado por dos fuentes de corriente continua (+Vcc, -Vcc). El comparador hace que, si la tensión de entrada en el borne positivo (en el dibujo, V1) es mayor que la tensión conectada al borne negativo (en el dibujo, V2), la salida (Vout en el dibujo) será igual a +Vcc. En caso contrario, la salida tendrá una tensión -Vcc. Lo podemos resumir de la siguiente manera:

Si $V_1 > V_2 \Rightarrow (V_1 - V_2) > 0 \Rightarrow V_{out} = +V_{cc}$.

Si $V_1 < V_2 \Rightarrow (V_1 - V_2) < 0 \Rightarrow V_{out} = -V_{cc}$.

(Suponiendo que V2 es la tensión de referencia)

Figura 23. Amplificador operación comparador



<http://es.wikipedia.org/wiki/Comparador>

En este circuito, se alimenta el amplificador operacional con dos tensiones +Vcc = 15V y -Vcc = -15 V. Se conecta la patilla V+ del amplificador a masa (tierra) para que sirva como tensión de referencia, en este caso 0 V. A la entrada V- del amplificador se conecta una fuente de tensión (Vi) variable en el tiempo, en este caso es una tensión sinusoidal.

1.12.6 Microcontrolador. Los Microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los Microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

El funcionamiento de los Microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los Microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los Microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

Figura 24. Microcontrolador



<http://www.msebilbao.com/tienda/images/24PIC18F4520IP.jpg>

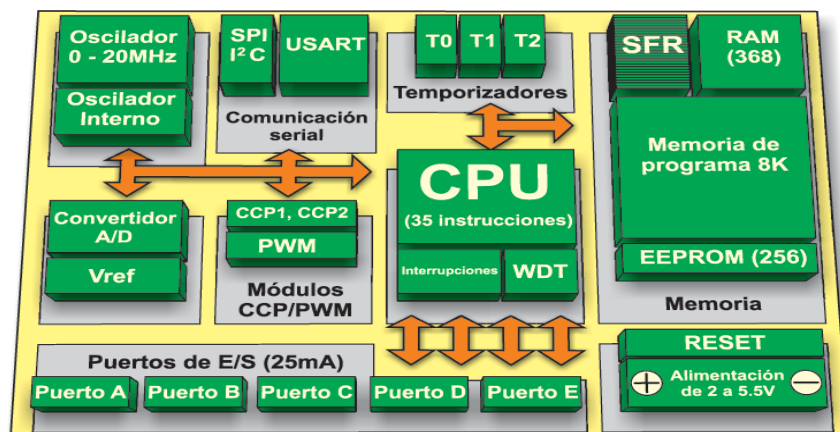
Las principales características de los microcontroladores son:

- Unidad de Procesamiento Central (CPU): Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.
- Memoria de Programa: Es una memoria ROM (Read-OnlyMemory), EPROM (Electrically Programable ROM), EEPROM

(Electrically Erasable/Programmable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.

- Memoria de Datos: Es una memoria RAM (Random Access Memory) que típicamente puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 kilobytes.
- Generador del Reloj: Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.
- Interfaz de Entrada/Salida: Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos.

Figura 25. Arquitectura interna del microcontrolador



<http://www.mikroe.com/img/publication/spa/pic-books/programming-in-basic/chapter/03/fig3-3.gif>

1.12.6.1 Lenguaje C. C es un lenguaje bastante conciso y en ocasiones desconcertante. Considerado ampliamente como un lenguaje de alto nivel, posee muchas características importantes, tales como: programación estructurada, un método definido para llamada a funciones y para paso de parámetros, potentes estructuras de control, etc.

Sin embargo gran parte de la potencia de C reside en su habilidad para combinar comandos simples de bajo nivel, en complicadas funciones de alto nivel, y en permitir el acceso a los bytes y words del procesador. En cierto modo, C puede considerarse como una clase de lenguaje ensamblador

universal. La mayor parte de los programadores familiarizados con C, lo han utilizado para programar grandes máquinas que corren Unix, MS-DOS, e incluso Windows (programación de drivers). En estas máquinas el tamaño del programa no es importante, y el interface con el mundo real se realiza a través de llamadas a funciones o mediante interrupciones DOS. Así el programador en C sólo debe preocuparse en la manipulación de variables, cadenas, matrices, etc.

Figura 26. Logo lenguaje C



<http://icculhuacan.blogspot.es/img/c.gif>

Otras consideraciones dignas de destacar para el C en un microcontrolador son:

- Control de los periféricos internos y externos del chip.
- Servicio de las interrupciones.
- Hacer el mejor uso de los limitados conjuntos de instrucciones.
- Soportar diferentes configuraciones de ROM/RAM.
- Un alto nivel de optimización para conservar el espacio de código.
- Control de la conmutación de registros.

El PCW Compiler es una herramienta útil para programar Microcontroladores PIC, en la cual están incluidas las librerías para manejar una pantalla LCD, el protocolo de comunicación serial, manejo de puertos, etc. En la actualidad el compilador PCW es una herramienta en desarrollo, poco a poco se han ido adaptando nuevas librerías, nuevos Microcontroladores y nuevas ayudas.

Figura 27. Logo CCS Compiler

```
16 int x1,y1,x2,y2;
17
18 //***** ANA PROGRAM FONKSİYONU*****//
19
20 void main ( )
21 {
22     setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_16); // ADC birimi deñe dñi
23     setup_spi(SPI_MASTER); // SPI birimi deñe dñi
24     setup_timer_1(TMR1_ON); // CCP1 birimi deñe dñi
25     setup_timer_2(TMR2_ON); // CCP2 birimi deñe dñi
26     setup_adc_ports(AN0_ANALOG); // AN0-AN5 giriř yok
27     setup_adc(ADC_OFF); // ADC birimi deñe dñi
28     setup CCP1(CCP_OFF); // CCP1 birimi deñe dñi
29     setup CCP2(CCP_OFF); // CCP2 birimi deñe dñi
30
31     lcd_init(16); // Grafik LCD hazırlanıyor ve ekran siliniyor
32
33     while(1)
```

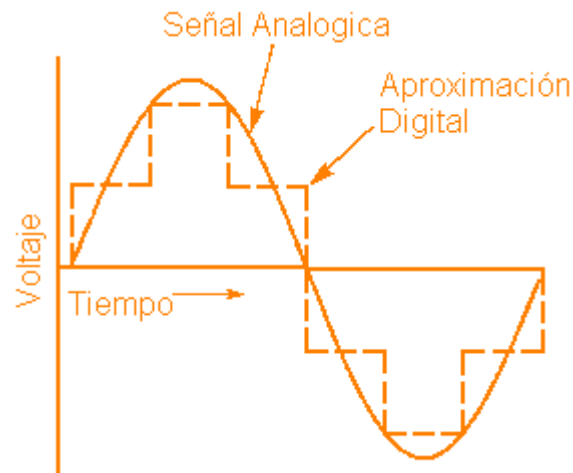
http://2.bp.blogspot.com/-hcBVgktuFs8/T3Jda3ATYyI/AAAAAAAAAHU/mxF6KnVI_40/s320/ccs-ile-pic-projeleri.png

1.12.6.2 Conversor Análogo/Digital. El convertidor A/D es el único elemento totalmente indispensable en un sistema de adquisición de datos. Además él por sí sólo puede constituir un SAD. Generalmente suele ser el más caro de todos los elementos que constituyen el SAD aunque, por supuesto, su precio depende de la calidad de las prestaciones que se le pidan. Estas serán: la exactitud, que depende de los errores que se produzcan y de la resolución (número de bits), y la velocidad.

A nivel de elemento de circuito, el A/D se caracteriza por una entrada analógica, una salida digital y varias señales de control y alimentación.

Las señales de control más importantes y características son: SC (Start Conversión) y EOC (End Of Conversión). La primera es una entrada que requiere el circuito para que comience la conversión que durará un tiempo que a veces es conocido de antemano y otras veces no. La señal EOC es la que indica al circuito o microprocesador donde están entrando las señales digitales, cuándo ha terminado la conversión. Es por tanto una señal de salida.

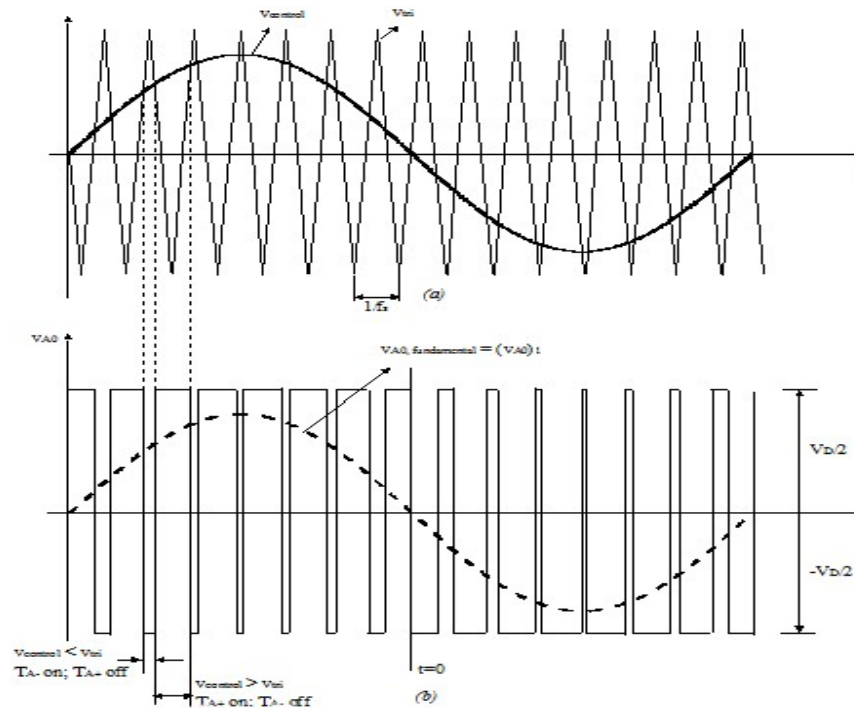
Figura 28. Conversión análoga digital



<http://www.elreycatodico.comze.com/wp-content/uploads/2011/10/digital.gif>

1.12.6.3 Modulación Pmw. La modulación por duración o anchura de pulsos (PWM1 o PDM2) es uno de los esquemas más utilizados en la actualidad en transmisores de AM y permite conseguir eficiencias bastante superiores a las que se tienen con AM tradicional. En cierta forma puede considerarse como una modulación de alto nivel. La señal moduladora o de información se convierte en un tren de pulsos de duración variable que se amplifica al nivel suficiente para aplicarlo como señal moduladora al paso amplificador final del transmisor. La señal de RF se conduce por separado al amplificador final y en éste, se combina con la señal de información que se verá más adelante se reconvierte a su forma analógica original. El tren de pulsos es, de hecho una señal digital y, por tanto, puede amplificarse con técnicas no lineales.

Figura 29. Modulación por ancho de pulso



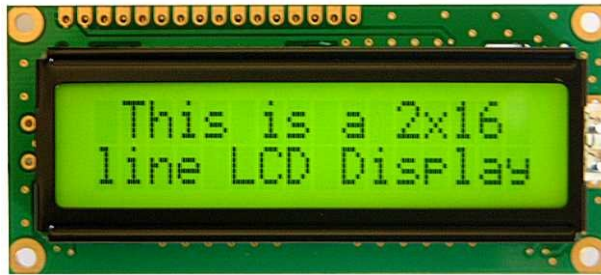
http://www.uma.es/investigadores/grupos/electronica_potencia/images/stories/libro/cap7_SI/fig7.05.jpg

1.13 DISPLAY LCD.

La definición de un LCD es: Una pantalla de cristal líquido que visualiza unos ciertos caracteres. Para poder hacer funcionar un LCD, debe de estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del Display y los pines para la conexión del Display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege.

En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $2 \times 16 = 32$ caracteres. A pesar de que el Display solo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. Es el usuario el que especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar. Este tiene un consumo de energía de menos de 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media.

Figura 30. Display LCD



<http://www.skpang.co.uk/catalog/images/lcd/lcd162b-yhy.jpg>

La forma de utilizarlos y sus interfaces (como se conectan) son similares. En la hoja de datos del Display viene la distribución de pines, alimentación y el controlador (CI interno del módulo), etc. Es fundamental también buscar la hoja de datos de CI interno o controlador de LCD, allí encontraremos la información para operar con el mismo.

Los pines de conexión de estos módulos incluyen un bus de datos de 8 bits, un pin de habilitación (E), un pin de selección que indica si lo que se está enviando por el bus es un dato o una instrucción (RS) y un pin que indica si se va a leer o escribir en el módulo (R/W).

Los módulos LCD responden a un conjunto especial de instrucciones, estas deben ser enviadas por el microcontrolador o sistema de control al Display, según la operación que se requiera.

Tabla 3. Pines y funciones

PIN	SIMBOLO	Nombre y función
1	VSS	GND (Tierra 0V)
2	VDD	Alimentación +5V
3	V0	Ajuste del contraste
4	RS	Selección DATO/CONTROL
5	R/W	Lectura o escritura en LCD
6	E	Habilitación
7	D0	D0 bit menos significativo
8	D1	D1
9	D2	D2
10	D3	D3
11	D4	D4
12	D5	D5
13	D6	D6
14	D7	D7 bit más significativo
15	LED +	Anodo de LED backlight
16	LED -	Cátodo de LED backlight

<http://www.bolanosdj.com.ar/SOBRELCD/TEORIALCDV1.pdf>

1.14 SERVOMOTOR

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia.

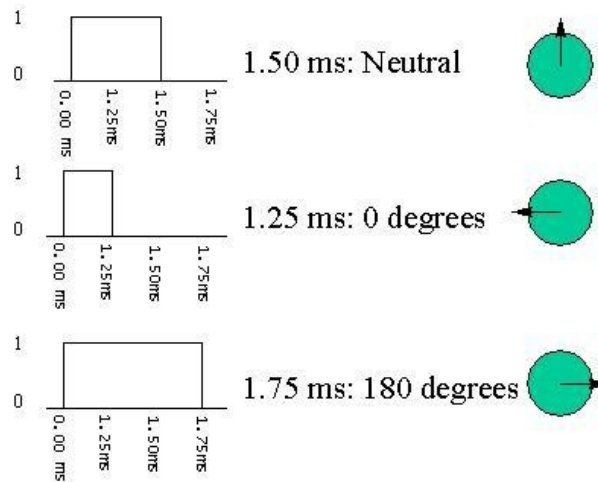
Figura 31. Servomotor



[Http://Www.Pyroelectro.Com/Tutorials/Servo_Motor/Parts/Hitec_Servo_B.Jpg](http://www.pyroelectro.com/Tutorials/Servo_Motor/Parts/Hitec_Servo_B.jpg)

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama modulación por ancho de pulso. El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos). La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms., por ejemplo, hará que el motor se torne a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados.

Figura 32. Angulo de giro del servomotor



http://www.seattlerobotics.org/guide/images/pulse_code.jpg

1.15 INTERFAZ DE VISUALIZACIÓN HMI EN LABVIEW

Es una herramienta de programación gráfica. Originalmente estaba orientada solamente a control de instrumentos electrónicos, en instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. De ahí que se conozcan los programas realizados como instrumentos virtuales.

Labview constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de Labview se resumen en las siguientes:

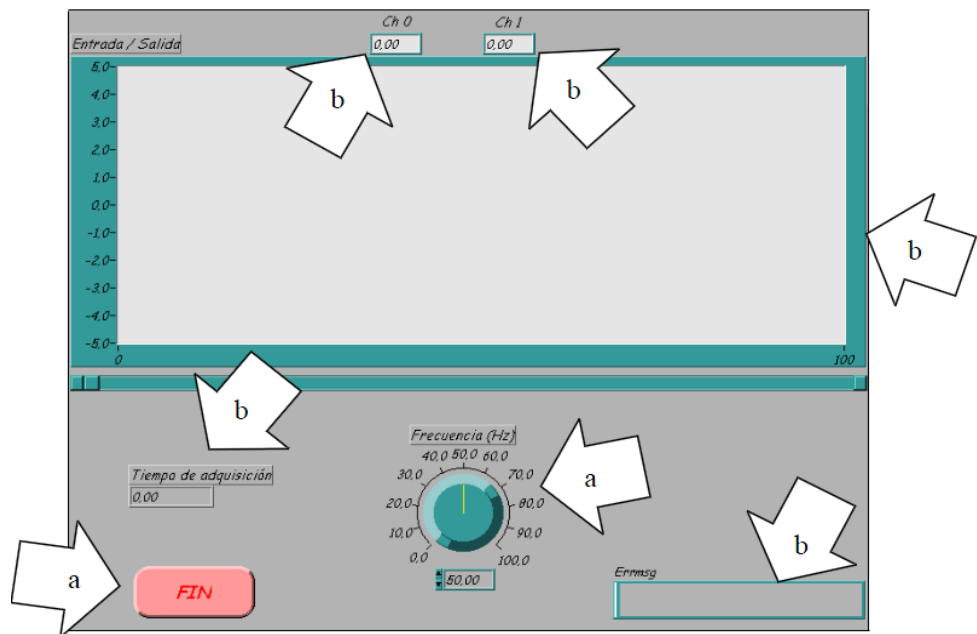
- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes. Labview es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, Labview se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que Labview emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

Figura 33. Panel Frontal Labview



http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora Labview. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

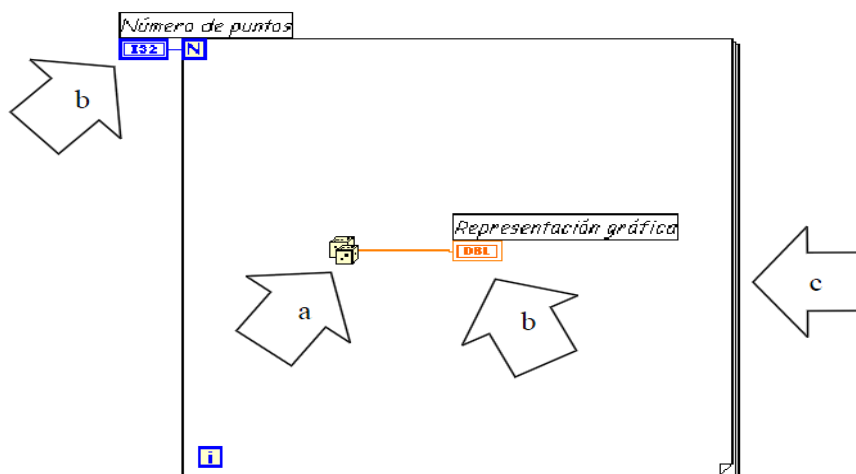
Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta un ejemplo de lo recién citado:

- (a) Función.
- (b) Terminales (control e indicador).
- (c) Estructura.

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

Labview posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

Figura 34. Diagrama de bloques Labview



http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (bucle for, while, case,...).

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

1.16 COMUNICACIÓN SERIAL RS-232

La interfaz RS-232, muy utilizada con los PC, también conocida como puerto serie, es un sistema de comunicación serie de puerto asíncrono punto a punto que puede funcionar en "full duplex".

- Dichas características pueden describirse de la siguiente manera:
- Serie significa que los bits se transmiten uno a tras otro.
- Asíncrono significa que cada dispositivo puede transmitir un carácter cada vez, separados por intervalos de tiempo largos o corto según las necesidades.
- Punto a punto significa que solo dos dispositivos pueden estar conectados entre siguiendo esta modalidad Si se quiere utilizar la RS-232 para conectar más de dos dispositivos, cada pareja debe contar con un canal independiente y con dos puertos dedicados.
- Full dúplex significa que los dispositivos pueden transmitir y recibir al mismo tiempo. El funcionamiento en "full duplex" es posible gracias a que existen dos conexiones eléctricas separadas para las dos direcciones en las que los datos viajan.

Figura 35. Conector serie RS-232 de 9 pines

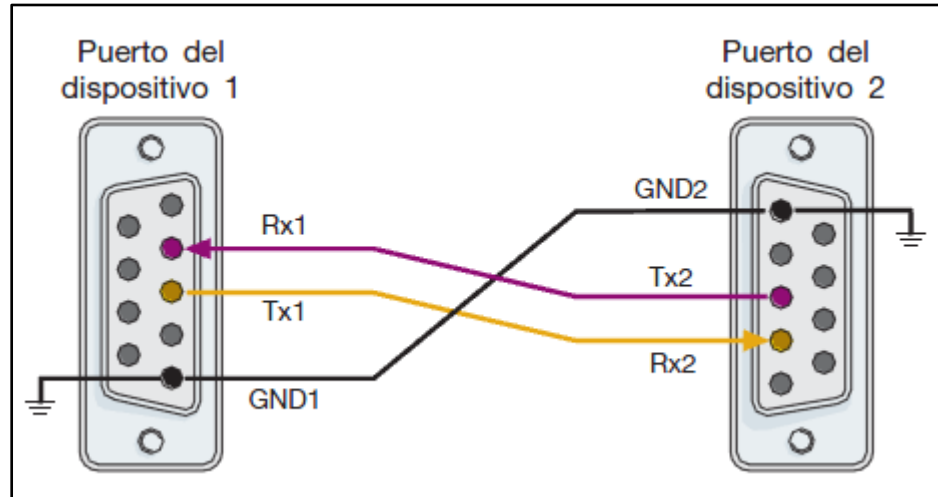


http://4.bp.blogspot.com/_WGb6m3IAuLM/TQJhJ55MJII/AAAAAAAAACI/dKzQGhtRQ3o/s1600/SerialPort_ATX.jpg

Para la conexión se necesitan al menos tres líneas (Tx, Rx y GND): pueden utilizarse más conexiones para regular el flujo de datos (por ejemplo, indicar cuando un dispositivo está listo para transmitir o recibir); estas operaciones que constituyen los procesos de “Handshaking” y “flow control”.

- Cada uno de los caracteres que transita por el cable serie está constituido por:
- Uno o más bits de inicio, que sirve para informar al dispositivo receptor de la llegada de un nuevo carácter (el dispositivo receptor de una interfaz asíncrona no sabe cuándo se presenta un carácter, por tanto hay que indicárselo con anterioridad).
- Cierta número de bits de datos (por ejemplo 8)
- Un eventual bit de paridad, que sirve para reconocer si entre los bits transmitidos existe alguno erróneo (en ese caso, el carácter al completo es considerado no válido y se descarta): el bit de paridad, si se utiliza.
- Uno o más bits de parada, que concluyen la transmisión.

Figura 36. Conexiones básicas para la comunicación entre dos dispositivos con la interfaz RS-232.



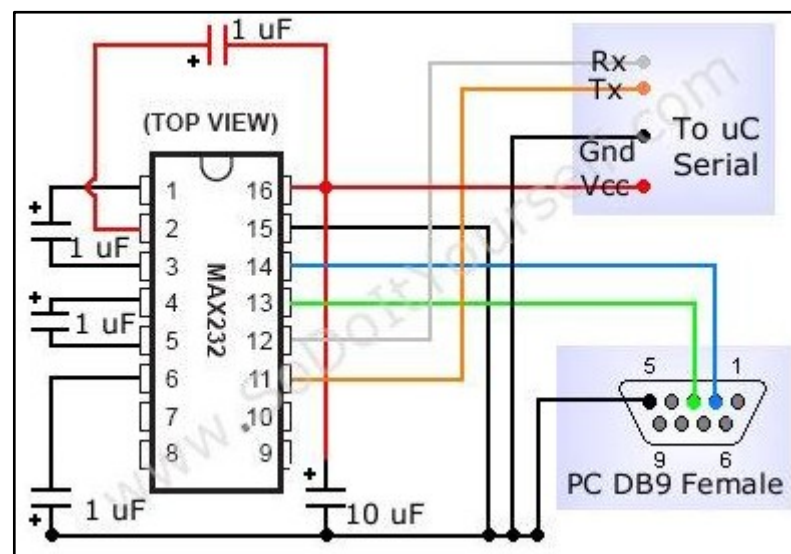
<http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm>

1.16.1 Circuito Integrado MAX232. El MAX232 es un circuito integrado que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos. El MAX232 sirve como interfaz de transmisión y recepción para las señales RX, TX, CTS y RTS.

El circuito integrado tiene salidas para manejar niveles de voltaje del RS-232 (aprox. ± 7.5 V) que las produce a partir de un voltaje de alimentación de + 5 V utilizando multiplicadores de voltaje internamente en el MAX232 con la adición de condensadores externos. Esto es de mucha utilidad para la implementación de puertos serie RS-232 en dispositivos que tengan una alimentación simple de + 5 V.

Estos receptores tienen un umbral típico de 1.3 V, y una histéresis de 0.5 V.

Figura 37. Conexión física del MAX232



http://sodoityourself.com/wp-content/uploads/2007/02/circuit_232.jpg

1.17 TEORÍA DE CONTROL

La ingeniería de control se relaciona de cerca con la Ingeniería eléctrica y la electrónica, ya que los circuitos electrónicos pueden ser modelados fácilmente usando técnicas de la teoría de control. La electrónica moderna, los dispositivos para el control de procesos eran diseñados por la ingeniería mecánica, los que incluían dispositivos tales como levas junto con dispositivos neumáticos e hidráulicos. Algunos de estos dispositivos mecánicos siguen siendo usados en la actualidad en combinación con modernos dispositivos electrónicos.

El control aplicado en la industria se conoce como control de procesos. Se ocupa sobre todo del control de variables como temperatura, presión, caudal, etc. La ingeniería de control es un área muy amplia y cualquier ingeniería puede utilizar los mismos principios y técnicas que esta utiliza.

1.17.1 Sistema De Control En Lazo Abierto. La acción de control en lazo abierto, se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. Esta estrategia de control puede compensar los retrasos inherentes del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones.

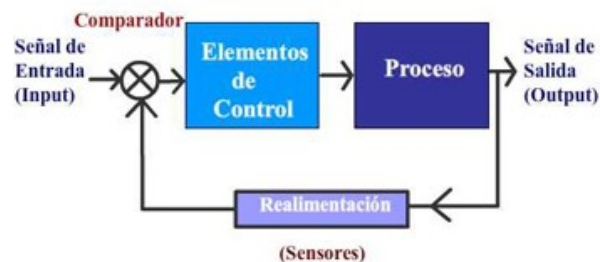
Figura 38. Control lazo abierto



http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3c.pdf

1.17.2 Sistema De Control En Lazo Cerrado. La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Figura 39. Control de lazo cerrado



http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3c.pdf

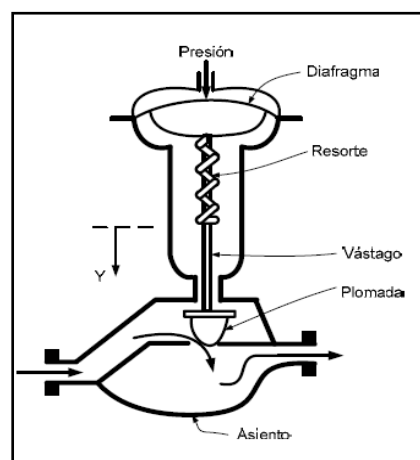
1.18 VÁLVULAS DE CONTROL

Las válvulas de control automático, son consideradas los elementos finales de control, dado que sobre estas se ejerce el control de la variable de proceso manipulada. La principal característica radica, en que estas válvulas son gobernadas por un controlador el cual es el que da la orden a la válvula sobre el porcentaje de apertura o cierre de la misma.

Las válvulas de control básicamente se encuentran conformadas por:

- Un actuador: Es el encargado de abrir o cerrar la válvula de acuerdo a un porcentaje previamente establecido; los actuadores pueden ser neumáticos, eléctricos o mecánicos.
- Cuerpo de la válvula: El cuerpo de la válvula lo conforma el mecanismo que se encuentra en contacto directo sobre la variable manipulada, está conformado por un asiento el cual regula el flujo que se mueve en el interior de la misma.

Figura 40. Válvula de Control Neumática



http://www.automatas.org/hardware/teoria_pid.htm.

Las características de las válvulas viene dadas en coeficiente de una Válvula, C.V.: Tamaño de una Válvula

Para regular un flujo, la capacidad de una válvula de control varía desde cero, cuando la abertura está cerrada, a un máximo cuando está completamente abierta, es decir, cuando la fracción de abertura de la válvula es uno o 100 %. La capacidad de flujo de una válvula de control se determina por su "Factor de

Capacidad o Coeficiente de la Válvula, C_v , que es una constante específica de una válvula que depende de sus características, principalmente, tipo y tamaño.

Por definición, el coeficiente de una válvula es el flujo en U.S. galones por minuto (gpm) de agua que fluyen a través de la válvula con una caída de presión.

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

2.1 ESTUDIO DE CONSUMO DE LA ESTACIÓN MEDIDORA DE BUENOS AIRES DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ

Con la siguiente información proporcionada por la empresa Transgastol S.A. E.S.P., del consumo de gas natural de la ciudad de Ibagué; podemos determinar el caudal máximo, mínimo y el promedio, que se obtiene en la línea de transporte que suministra gas a esta ciudad.

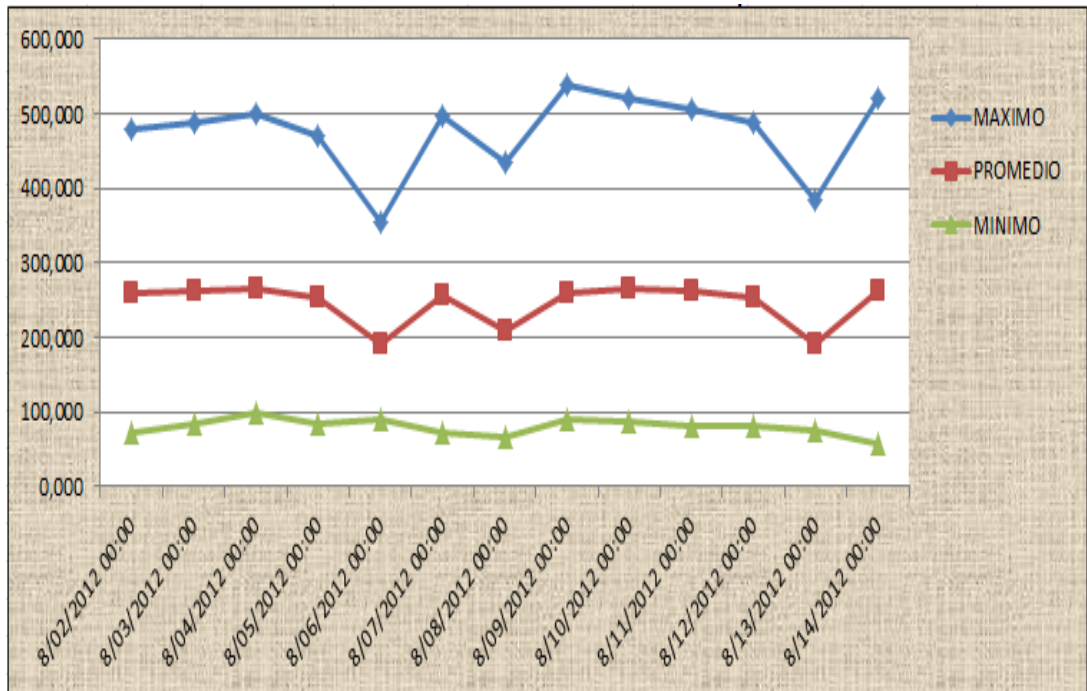
Tabla 4. Histórico de Consumos de la estación Medidora de Ibagué en Pies/Hora.

HISTORICO DE CONSUMOS ESTACION MEDIDORA IBAGUE EN PIES/HORA			
FECHA	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
8/02/2012 00:00	479.663	258.843	73.212
8/03/2012 00:00	489.425	263.812	84.918
8/04/2012 00:00	498.701	265.51132	97.84
8/05/2012 00:00	471.519	253.753375	83.739
8/06/2012 00:00	355.158	190.1108333	90.636
8/07/2012 00:00	496.304	257.2704583	71.627
8/08/2012 00:00	434.187	208.293625	66.174
8/09/2012 00:00	539.227	260.271125	89.699
8/10/2012 00:00	520.118	264.622625	87.005
8/11/2012 00:00	504.634	262.1054167	79.816
8/12/2012 00:00	489.242	254.23675	80.121
8/13/2012 00:00	383.625	191.528375	75.206
8/14/2012 00:00	521.422	261.034875	56.87

Semilleros ECIELECTRIC

De acuerdo con esta información determinaremos como se debe comportar del sistema de generación, el cual debe adaptarse a las condiciones horas, para que pueda funcionar y proveer energía eléctrica de óptima calidad; La velocidad del gas natural cuando es transportado por un ducto depende directamente de la cantidad de caudal que fluye por la línea.

Figura 41. Histórico de Consumos de la estación Medidora de Ibagué en Pies/Hora.



Semilleros ECIELECTRIC

Como puntos críticos para el funcionamiento del sistema de generación, están: el consumo mínimo el cual proveerá al generador una mínima velocidad de funcionamiento, y el consumo máximo que brindara la máxima velocidad de funcionamiento.

Realizando el análisis respectivo, la prioridad del diseño del sistema de generación, es que pueda trabajar en las horas de mínimo consumo de acuerdo al estudio realizado en los primeros 15 días del mes de agosto del 2012, el cual garantizara que se obtendrá energía aun en un mínimo caudal; pero nos deja la tarea de poder regular la velocidad cuando existe un consumo máximo, el cual se planteara más adelante.

Figura 42. Visita City Gate Transgastol



Semillero ECIELECTRIC

2.1.1 Análisis De La Energía Cinética En El Transporte De Gas Natural Por Ductos. Desde el punto de vista físico todo cuerpo que está en movimiento, está dotado de energía cinética, y en el transporte de gas natural en ductos, no es la excepción.

Al tomar la formula física de la energía cinética la cual es:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Ecuación 8.

Dónde:

m= masa del gas natural en (Kg)

v=velocidad del gas natural en ductos (m/seg)

O tenemos la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{1}{2}Vpv^2$$

Ecuación 9.

Dónde:

- V=volumen en (m³ por hora)
- ρ=densidad del gas natural en (Kg/m³)
- v=velocidad del gas natural en ductos (m/seg)

Para hallar el valor de la velocidad del gas que es transportada en un ducto, de una estación de transferencia, utilizamos la siguiente ecuación:

$$v = \frac{0.75 * Q}{d^2 * P}$$

Ecuación 10.

Dónde:

- v=velocidad del gas natural en el ducto (m/seg)
- Q=el caudal del gas natural (ft³/h)
- d=diámetro del ducto de transporte en (m)
- P=Presión de transporte en ducto en (Psia)

CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL GAS EN LA TUBERIA		Factor	0.75
$V = \frac{0.75 Q}{d^2 P} \dots\dots\dots 5$	Caudal por hora scf/h	250000	Scf/h
	Diametro Interno	4	in
	Presion interna PSIG	500	Psig
Donde:			
V = Velocidad del gas en pies/seg			
Q = Volumen del gas en pies ³ /hora a condiciones estándar	VEL cf/seg	23.4375	
d = Diámetro interior del tubo en pulgadas	vel m/seg	7.1455793	
P = Presión interna en psia			

Tabla 5. Calculo de la velocidad del gas natural en un ducto de 4”.

Semillero ECIELECTRIC

Para determinar la velocidad utilizando la ecuación 10, tomaremos los valores obtenidos del computador de flujo de la estación medidora de gas natural Buenos Aires de la Ciudad de Ibagué de la empresa Transgastol S.A., los cuales tenemos:

$$Q=6000000 \text{ ft}^3/\text{dia} \text{ ó } 169901 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$d= 0.1016 \text{ m ó (4")}$$

$$P=500 \text{ Psia}$$

Ahora sustituiremos estos valores en la ecuación 10:

$$v = \frac{0.75 * (250.000 \text{ ft}^3/\text{h})}{(0.1016\text{m})^2 * 500 \text{ Psia}}$$

Realizamos los respectivos cálculos y obtenemos:

$$v=23.43 \text{ ft/s}$$

Ahora pasaremos esta velocidad a m/s, cual nos queda en:

$$v= 7,14 \text{ (m/s)}$$

Al aplicar la ecuación 10 con los parámetros de la estación medidora de gas natural Buenos Aires en la ciudad de Ibagué, los cuales son:

$$V= 169901 \text{ (m}^3 \text{ /dia)}$$

$$\rho= 0.753 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v= 7,14 \text{ (m/s)}$$

Al remplazar estos valores en la ecuación 8, tenemos:

$$E_c = \frac{1}{2} * (169901 \text{ m}^3) * \left(0.753 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (7,14 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

Realizamos los respectivos cálculos y tenemos:

$$E_c = 456729.5 \text{ Joule}$$

Como podemos observar la energía cinética del gas al ser transportado en un ducto de 4" de diámetro es de 456729.5 Joule, con una velocidad lineal 7.14 m/s. Estos datos evidencian el gran potencial que poseen los ductos de

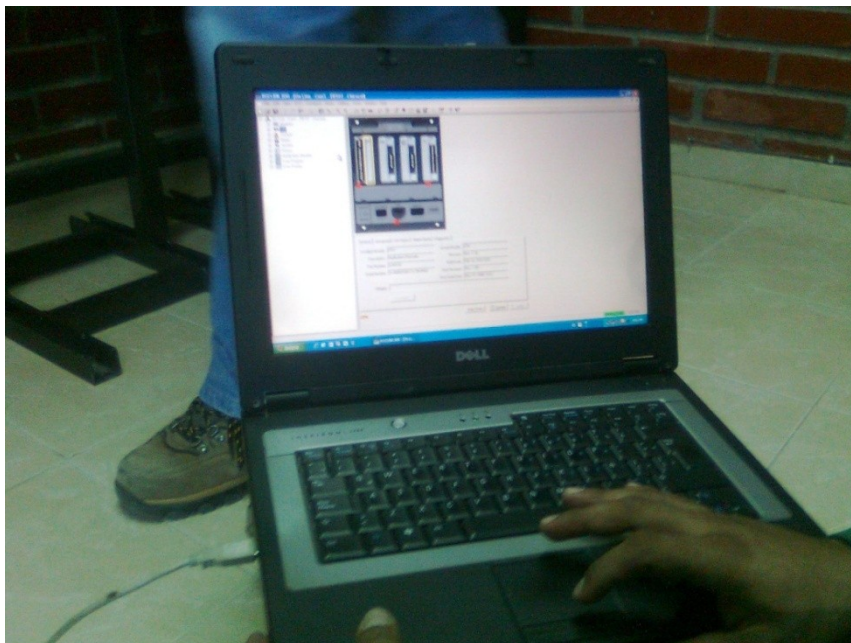
transporte, como es el caso de los gasoductos, el cual es un indicador favorable para poder seguir en la investigación y desarrollo.

Figura 43. Equipos de control y supervisión de Transgastol.



Semillero ECIELECTRIC

Figura 44. Obtención de Datos City Gate Transgastol

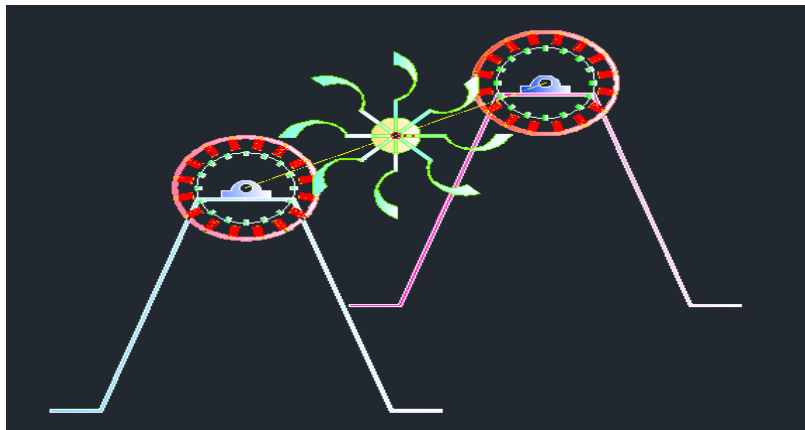


Semillero ECIELECTRIC

2.2 DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN GENERADOR DE FLUJO AXIAL CON UNA TURBINA PELTON

El diseño del prototipo mecánico está basado en el diseño de turbina tipo Pelton, al ser una turbina de tipo acción el fluido de trabajo no sufre un cambio de presión importante en su paso a través del rodete, por consiguiente las pérdidas de presión son mínimas que sufre el gas natural por el paso de la turbomaquina; la cual gracias a sus aspas logra la movilidad para la generación de energía eléctrica, el empleo de láminas, Platinas, Rodamientos y otros accesorios nos permiten iniciar el proceso de prueba para el desarrollo del producto final. El diseño del prototipo mecánico está basado en el diseño de turbina tipo Pelton, la cual gracias a sus aspas logra la movilidad para la generación de energía eléctrica, el empleo de láminas, Platinas, Rodamientos y otros accesorios nos permiten iniciar el proceso de prueba para el desarrollo del producto final.

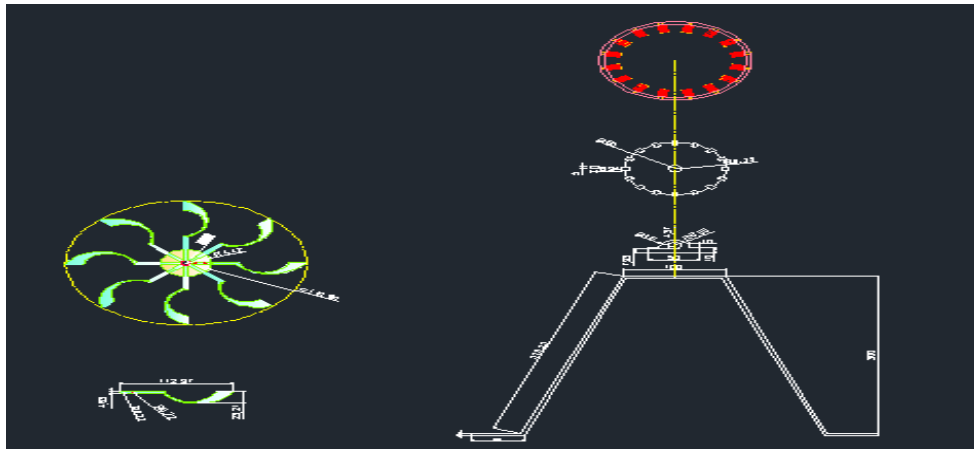
Figura 45. Diseño mecánico del generador



Semillero ECIELECTRIC

Dentro del aprovechamiento de los fluidos (Gas Natural, Petróleo y/o Agua), se busca inducir el flujo a través de un mecanismo de control de movilidad de las aspas en el aprovechamiento de la fuerza cinética producidas por los fluidos, la generación se realizara por la inducción de los Imanes y Bobinas posicionados estratégicamente en el mecanismo de generación.

Figura 46. Disposición mecánica de la turbina Pelton



Semillero ECIELECTRIC

Figura 47. Prototipo Pelton



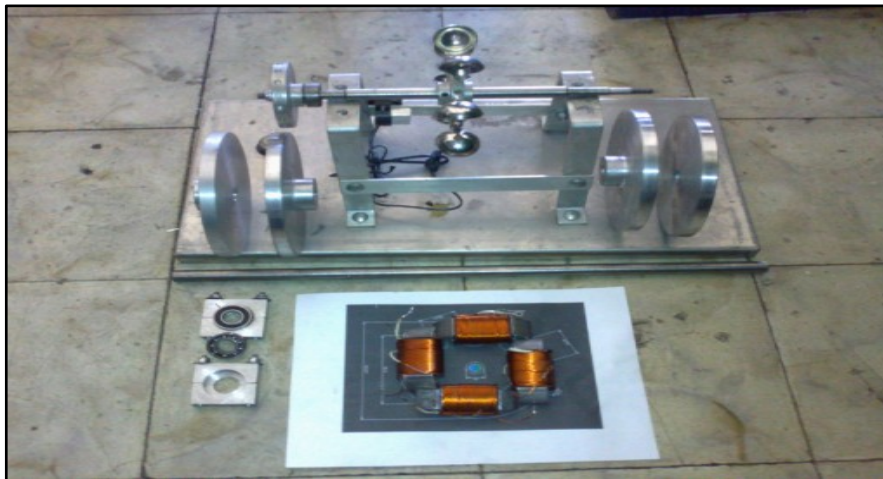
Semillero ECIELECTRIC

Dado la eficiencia y desempeño; en el desarrollo de este proyecto se trabajo en el diseño de un prototipo de pruebas de un generador de flujo axial, en esta disposición el corte del campo magnético es paralelo respecto al embobinado, esta clase de disposición de corte permite una excitación de los electrones sin fricción y sin oposición magnética; el corte que se realiza es de 180° produciendo menores pérdidas que la generación radial; además de generar

una alta cantidad de energía eléctrica, a bajas revoluciones, controlando la frecuencia del voltaje alterno; obteniendo energía de alta calidad.

Los rotores están compuesto por dos juegos de pares de platos donde incrustamos 4 imanes en cada uno de estos, para un total de 16 en todo el sistema de generación, este equivale al rotor del generador; en la mitad de cada juego de platos ubicamos las bobinas, considerando que para generar un óptimo voltaje, debemos tener una relación de 1:1, esto quiere decir que por cada imán se ubicara una bobina, para generar energía alterna monofásica.

Figura 48. Prototipo de pruebas de un generador de flujo axial integrado a una turbina Pelton



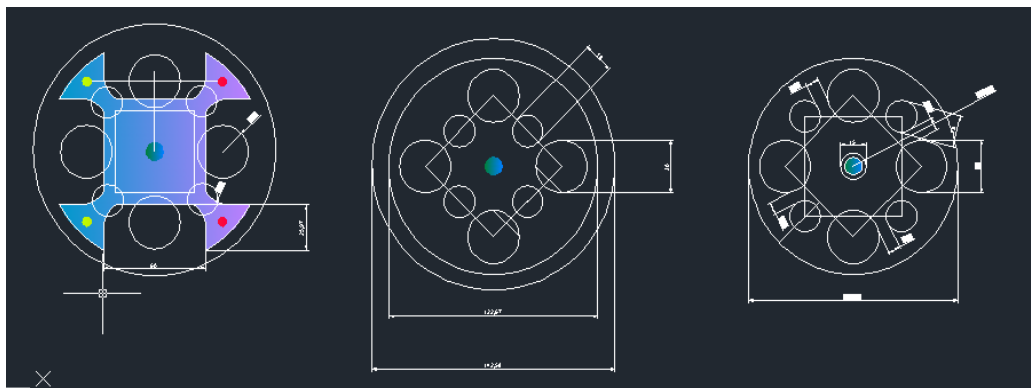
Semillero ECIELECTRIC

En el prototipo de prueba utilizamos dos juegos de pares de plato de imanes con un diámetro de 0.1524 m o 6", en los cuales ubicamos cuatro pares de imanes de neodimio de forma circular con un diámetro de 0.03m y una altura de 0.006m, con una potencia magnética de 0.35 Teslas.

En la mitad del generador ubicamos la turbina Pelton, la cual transforma la energía cinética del gas natural, en energía mecánica, generando un movimiento al rotor conformado por los platos de imanes; este movimiento circular cambiara continuamente el flujo de campo magnético, excitando los electrones del embobinado del estator, generando energía eléctrica de tipo alterno.

En búsqueda de la eficiencia de generación (Inducción) se realizan varios prototipos los cuales nos garantizan la perdida de inducido por desviación de las fuerzas magnéticas, finalmente se dispone la construcción de platina de aluminio de 6" (cuatro unidades) las cuales garantizan la máxima eficiencia requerida para el proceso de generación eléctrica alternado con el proceso de mando y control.

Figura 49. Diseño del Rotor Axial



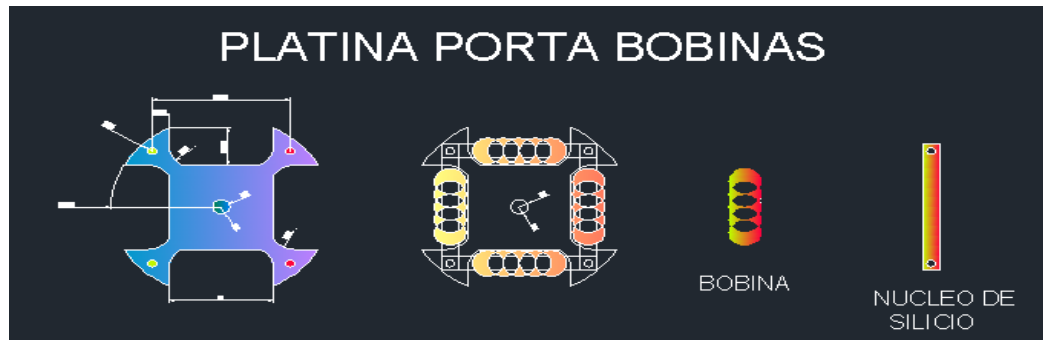
Semillero ECIELECTRIC

Figura 50. Rotor Axial



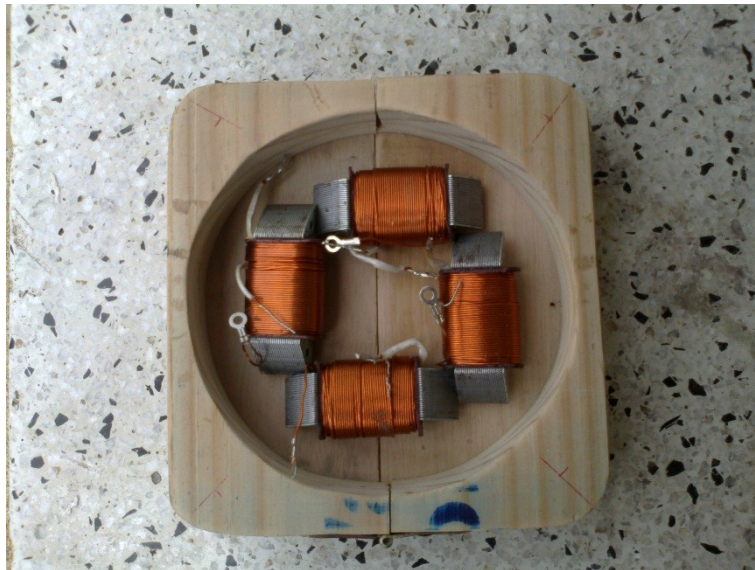
Semillero ECIELECTRIC

Figura 51. Diseño del Estator Axial



Semillero ECIELECTRIC

Figura 52. Estator Axial



Semillero ECIELECTRIC

2.2.1 Calculo De Embobinado Para El Prototipo. Para el cálculo del número de espiras del embobinado se toma la fórmula que se muestra a continuación:

$$\varepsilon = F_c * 0.074 * v_{rpm} * B * (R1 + R2) * N * L$$

Ecuación 11

A la anterior ecuación 11, despejamos N para obtener el número de espiras que se necesitaran, si queremos tener un voltaje considerable en cada bobina, al despejar tenemos:

$$N = \frac{\varepsilon}{F_c * 0.074 * v_{rpm} * B * (R1 + R2) * L}$$

Ecuación 5.

Dónde:

- ε= Voltaje que se pretende generar (V)
- F_c=Factor de perdida
- V_{rpm}=velocidad angular (rpm)
- B=Intensidad del campo (Tesla)
- R1= Distancia del centro del imán hasta el extremo del plato (m)
- R2=Radio del plato de imanes (m)
- L= Diferencia entre R2 y R1 (m)
- N= número de espiras del embobinado

En la siguiente tabla muestra los valores para sustituir en la ecuación 5:

Tabla 6. Valores para hallar el número de espiras de una bobina

SIMBOLO	VARIABLE	UNIDAD
E	15	VOLTIOS AC
F _c	0,315	FACTOR PERDIDA
B	0,35	TESLA
R1	0,03715	DIST CENTR PLATO HASTA CENTRO IMAN
R2	0,0762	DIST CENTR PLATO HASTA EXTREMO PLATO
L	0,02575	LONGITUD ESPIRAS
np	2	NUMERO PARES DE POLOS
F	60	FRECUENCIA EN HERTZ
A	0,010386	AREA DEL PLATO EN METROS CUADRADOS
V _{rpm}	1800	REVOLUCIONES POR MINUTO

Semillero ECIELECTRIC

Al ubicar estos valores en la ecuación 5 obtenemos 350, que corresponde al número de vueltas que debe tener cada bobina del prototipo de generador; es importante considerar que los 15 Voltios AC calculados, serán generados con un factor de pérdida de 0.315, el cual está asociado al área que ocupa los imanes dentro de los platos del rotor, esta generación de energía está dada en condiciones reales.

Figura 53. Prototipos de Bobinas



Semillero ECIELECTRIC

Como material para el núcleo de las bobinas hemos decidido utilizar hierro dulce, el cual nos permite intensificar el voltaje y de reducir las pérdidas que se puedan tener en la generación.

Al disponer de un total de 8 bobinas en el generador, el voltaje de cada bobina se suma, al tener una disposición monofásica para generación de voltaje, es decir tenemos un total de 120V AC voltaje RMS en condiciones reales.

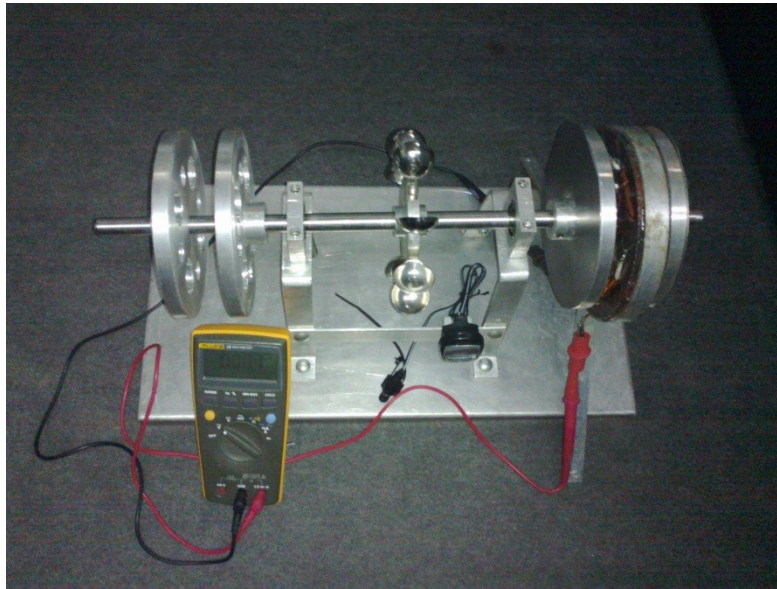
Para calcular el voltaje pico, usamos la siguiente fórmula:

$$V_p = \sqrt{2} * V_{RMS}$$

Ecuación 12.

Al reemplazar el voltaje RMS en la ecuación 12 tenemos como resultado 169.7 Voltios pico, el cual sería el voltaje máximo que obtendríamos en el generador de flujo axial.

Figura 54. Pruebas de Voltaje Generado



Semillero ECIELECTRIC

Para el cálculo de la corriente máxima que puede ofrecer este generador, nos remitimos a la tabla 4; el calibre del alambre que utilizamos en el embobinado es calibre 18, es decir, que la corriente máxima que puede ofrecer a una carga es de 16 A para distancias cortas.

Tabla 7. Relación de calibres de alambre y corrientes máximas de funcionamiento

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091

http://www.ecured.cu/images/0/09/Tabla_2_Conductores.jpg

La potencia máxima que puede brindar este prototipo de pruebas, lo podemos determinar utilizando la siguiente fórmula:

$$P = V * I$$

Dónde:

P= Potencia RMS (w)

V= Voltaje RMS (V)

I= Corriente Máxima (A)

Al sustituir valores tenemos:

$$P = 120V * 16 A$$

$$P = 1920 W$$

Esto quiere decir que la potencia máxima que obtendríamos en las pruebas es de 1920 watts.

2.2.2 Calculo De La Velocidad Angular. Para obtener la Velocidad angular en RPM utilizamos la ecuación:

$$v_{rpm} = \frac{60 * F}{np}$$

Ecuación 8.

La cual F corresponde a la frecuencia de generación, que para este caso debe ser de 60 Hertz, frecuencia del fluido eléctrico en Colombia, y np que hace referencia al número de pares de polo, esto quiere decir, la cantidad de pares de imanes para el este caso corresponde a 2.

Al reemplazar tenemos:

$$v_{rpm} = \frac{60 * 60}{2} = 1800 rpm$$

La velocidad que necesita el generador para proveer voltaje alterno a 60 Hz, son 1800 rpm.

Para determinar la velocidad angular máxima del generador aprovechando la energía cinética del gas natural al ser transportado por una tubería, y proyectada al rotor que posee un diámetro 0.1524 m o 6"; el resultado obtenido

de la velocidad del gas en un ducto de 0.1014 m o 4" es de 7.14 m/s, que se halla con la ecuación 3; para este caso se utiliza la siguiente ecuación:

$$\omega_{rpm} = \frac{v * 60}{r * 2\pi}$$

Ecuación 9.

Dónde:

ω_{rpm} = Velocidad angular (rpm)
V = velocidad del gas en ducto (m/s)
r = radio del diámetro del rotor (m)

Volvemos a retomar los valores anteriormente calculados, los cuales son:

V = 7.14 m/s
r = d/2 = 0.1524 m / 2 = 0.0762 m

Al reemplazar los valores, en la ecuación 9, tenemos:

$$\omega_{rpm} = \frac{7.14 \text{ m/s} * 60}{0.0762 \text{ m} * 2\pi} = 894.77 \text{ rpm}$$

La velocidad angular máxima que puede dar el paso del gas natural en un ducto de 0.1014 m o 4" de diámetro al rotor del generador, es de 894.77 rpm considerando un consumo de 170000 m³/ día.

Como se puede apreciar la velocidad máxima que provee la red de transporte de gas con un diámetro de 4" es de 7.14 m/s o 894.77 rpm, pero el generador necesita 1800 rpm; para compensar y para aumentar la velocidad que se necesita que funcione correctamente el generador, se ha optado ubicar una boquilla de 2" a la entrada del generador, la cual volviendo a la tabla 1 y reutilizando la ecuación 3, tenemos:

Tabla 8. Calculo de la velocidad del gas natural en un ducto de 2”

CALCULO PARA UN Qmax de 80000 scf		
CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL GAS EN LA TUBERIA $V = \frac{0.75 Q}{d^2 P} \dots\dots\dots 5$ Donde: V = Velocidad del gas en pies/seg Q = Volumen del gas en pies ³ /hora a condiciones estándar d = Diámetro interior del tubo en pulgadas P = Presión interna en psia	Factor	0,75
	Caudal por hora scf/h	250000 scf/h
	Diámetro Interno	2 in
	Presion interna PSIG	500 psig
	VEL cf/seg	93,75
	vel m/seg	28,582317

Semillero ECIELECTRIC

En la tabla anterior se evidencia que la velocidad a la cual puede funcionar el generador es de 28.58 m/s; el siguiente paso es determinar la velocidad angular que se puede obtener utilizando una boquilla de 2” a la entrada del generador, para esto utilizamos la ecuación 9, y el nuevo valor de la velocidad que hallamos en el cálculo anterior es:

$$\omega_{rpm} = \frac{v * 60}{r * 2\pi}$$

Ecuación 9.

Al reemplazar tenemos:

$$\omega_{rpm} = \frac{28.58 \text{ m/s} * 60}{0.0762 \text{ m} * 2\pi}$$

Obtenemos:

$$\omega_{rpm} = 3581.61 \text{ rpm}$$

Figura 55. Pruebas de Velocidad de Prototipo



Semillero ECIELECTRIC

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL PROPORCIONAL

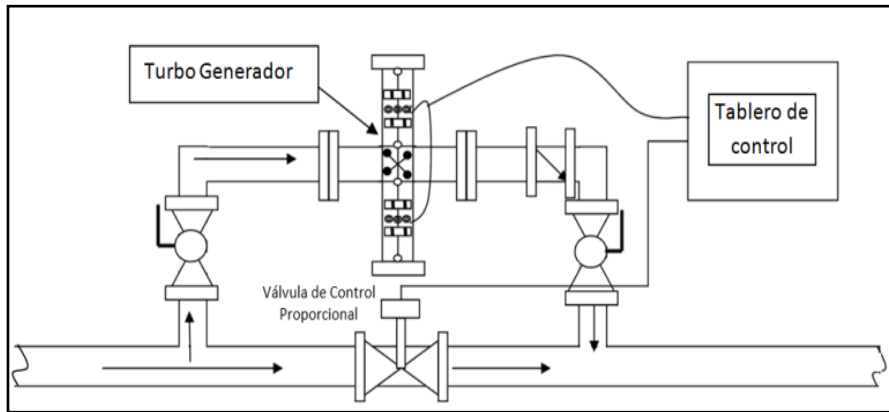
Al observar los resultados e implementar la ecuación 8, se obtiene 1800 rpm, que corresponden a la velocidad angular que se necesita para poder generar un voltaje alterno con una frecuencia de 60 Hz; pero la velocidad que realmente se obtendría del paso del gas por una tubería de 0.1014 m o 4", y al utilizar una boquilla de 2" en la entrada del generador se tiene 3581.61 rpm; cómo se puede observar, la velocidad que se obtendría del gas natural en esta sección de tubería es mayor de la que realmente necesita el prototipo.

Para poder regular la velocidad que realmente necesita el generador para su óptima operación, se realizara el control del caudal, al observar la ecuación 3, el caudal del gas natural es directamente proporcional a la velocidad lineal, es decir al disminuir el caudal se disminuye la velocidad lineal y consigo la velocidad angular; para poder realizar la regulación del caudal de gas se cuenta con los siguientes elementos:

- ✓ Un sistema Bypass para el normal flujo del gas natural.
- ✓ Un servomecanismo acondicionado a una válvula mariposa.
- ✓ Un controlador proporcional (microcontrolador PIC 16F877A).

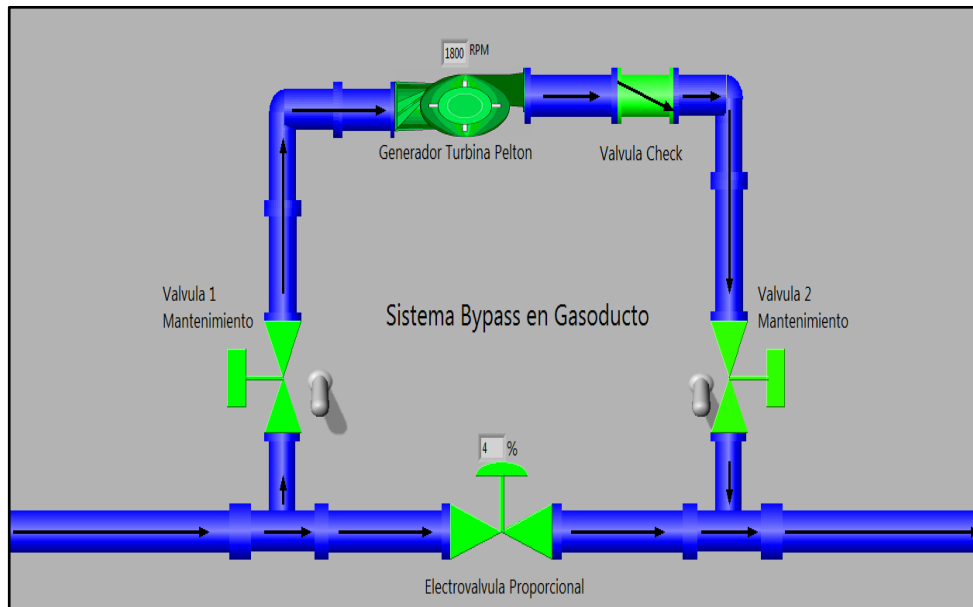
- ✓ Dos válvulas on/off, para aislar el generador de la línea de transporte de gas natural, para la realización de mantenimientos e inspecciones del sistema de generación.

Figura 56. Esquema del montaje en un ducto de transporte.



Semillero ECIELECTRIC

Figura 57. Sistema de control proporcional en un Gasoducto interfaz HMI

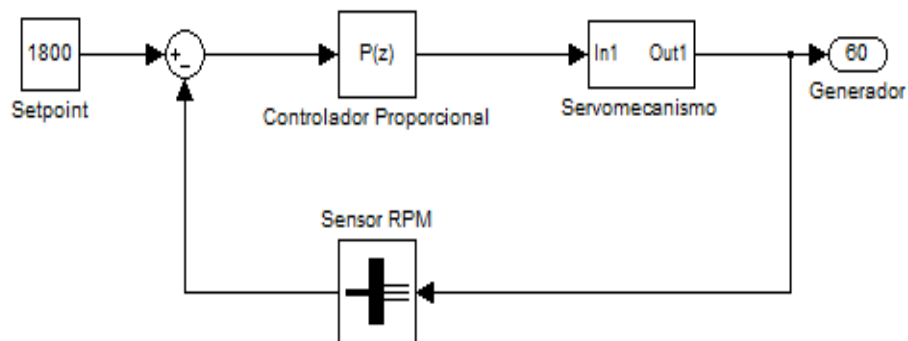


Semillero ECIELECTRIC

El funcionamiento del sistema de control proporcional, es regular la velocidad angular que necesita el generador; el controlador mide las revoluciones por minuto, al ser mayor que las del setpoint para este caso 1800 rpm, el controlador comienza abrir gradualmente la válvula tipo mariposa, a través del servomecanismo, esto implica que pasara menor caudal por el generador, reduciendo así la velocidad angular, hasta garantizar las 1800 rpm.

Este tipo de control proporcional se realiza gracias a un sistema de lazo cerrado, que fue implementado en un microcontrolador 16f877a, el cual recibe la información de la velocidad del generador en rpm a través de un sensor de pulsos magnéticos, esta información es procesada en el controlador, quien realiza los cálculos pertinentes y envía la señal por modulación de ancho de pulso al servomotor, quien a su vez abrirá o cerrara la válvula tipo mariposa de forma proporcional a la señal de error de salida del sistema.

Figura 58. Diagrama de bloques del sistema de control proporcional.



Semillero ECIELECTRIC

En diseño se ha instalado la facilidad de un Bypass en la tubería, donde se puede regular el caudal que necesita que pase por el generador, como se mencionó anteriormente esto se consigue automáticamente con el servomecanismo (servomotor controlado por modulación por ancho de pulso) que transmite el grado de apertura de la válvula mariposa. Además con este tipo de montaje se garantiza que la empresa de transporte de gas por tubería no tenga ningún inconveniente en la prestación del servicio.

Figura 59. Válvula tipo mariposa.

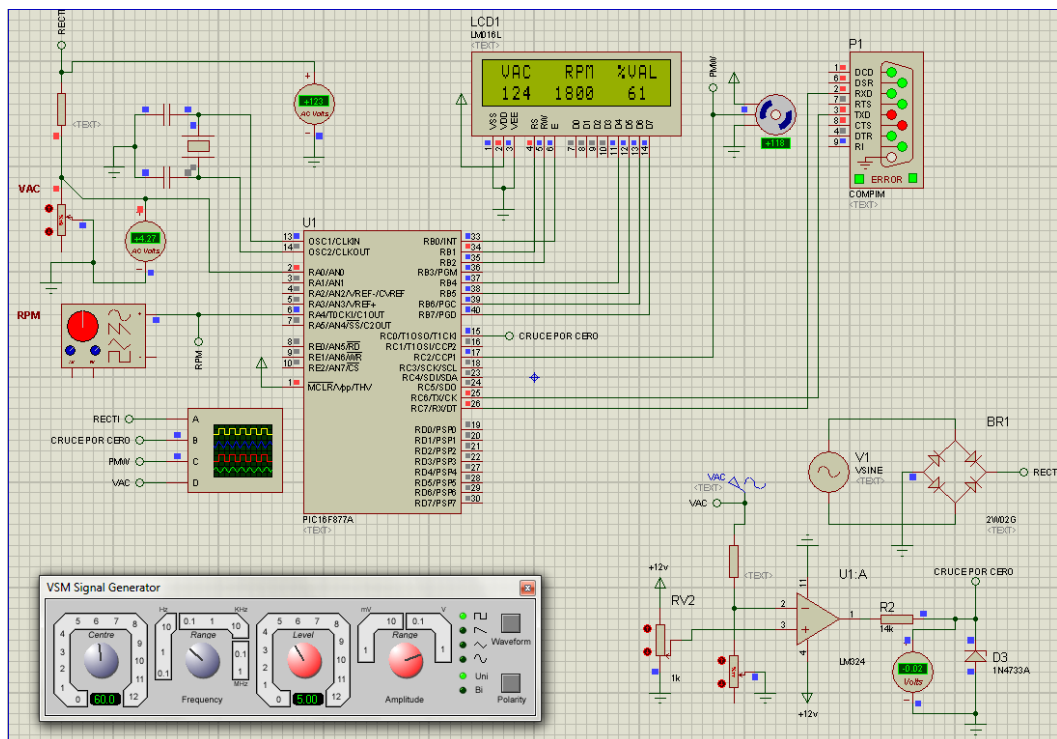


http://chmqueretaro.mex.tl/photo_259683_Valvula-mariposa-de-engrane.html.

2.4 SIMULACIÓN ELECTRÓNICA EN PROTEUS

En la simulación de la electrónica de control se utilizó el software Proteus, este incorpora elementos electrónicos que al unirlos permiten simular el funcionamiento de una tarjeta electrónica que se quiera diseñar.

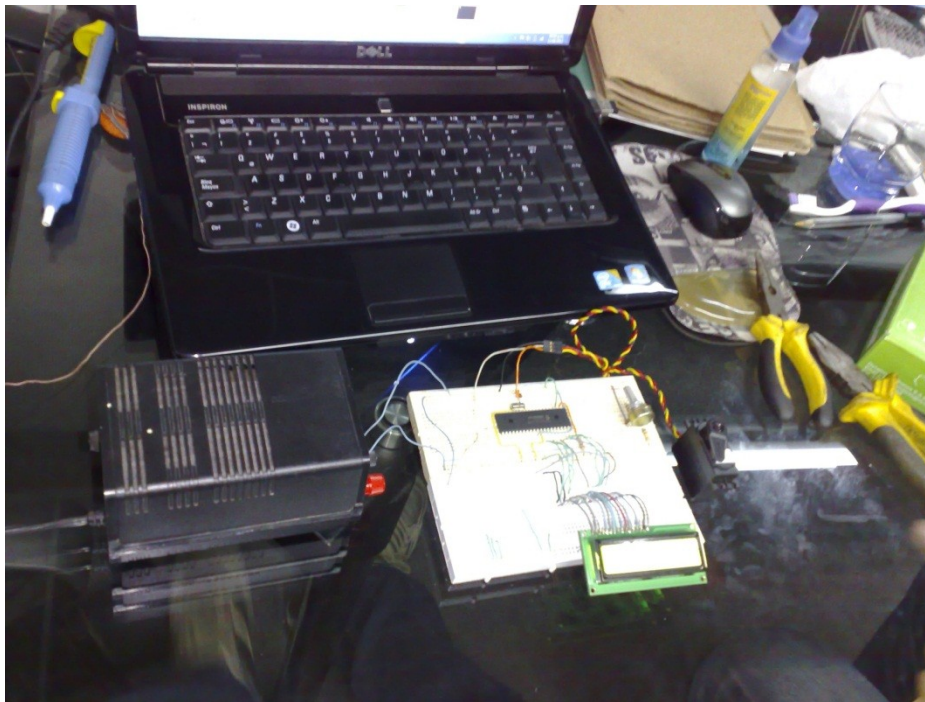
Figura 60. Montaje en el simulador Proteus



Semillero ECIELECTRIC

Para este proyecto se utilizó el PIC 16F877A, que es un microcontrolador y el cerebro del sistema de control, su función es de mantener el sistema a ciertas condiciones de operación de acuerdo a las instrucciones que se le han dado; además de un potenciómetro de 100 K Ω , con un divisor de voltaje, que me permite simular los cambios de voltaje, pero para que realice la lectura del voltaje alterno, le debe llegar un pulso del circuito detector por cruce por cero, el cual se encarga de avisarle al PIC que ya puede realizar la lectura correctamente; un generador de señales para simular los pulsos para el censado de las RPM; el cristal de cuarzo de 20 MHz y dos condensadores cerámicos 22 pf para el reloj del microcontrolador.

Figura 61. Montaje Físico 1



Semillero ECIELECTRIC

Como elementos de salida tenemos un servomotor el cual simulara el grado de apertura o cierre de la electroválvula proporcional; un Display LCD su función es visualizar las variables que se están controlando; por ultimo tenemos el puerto serial integrado con el chip MAX232, este nos envía los datos controlados al PC para que el Labview los visualice por medio de su interfaz gráfica.

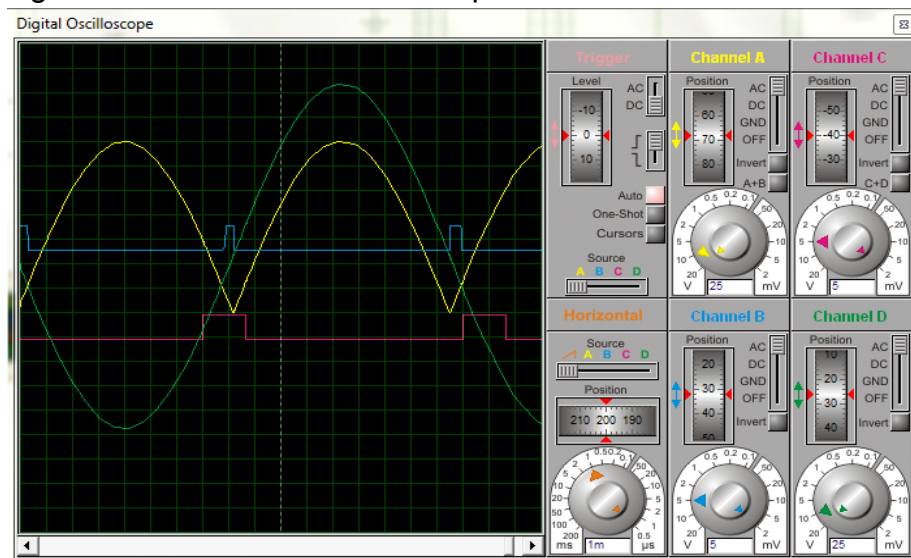
Figura 62. Montaje Físico 2



Semillero ECIELECTRIC

Para la simulación de la comunicación serial utilizaremos el programa virtual serial port, para crear una conexión virtual tipo RS-232, que permitirá la comunicación entre el software Proteus y el Labview.

Figura 63. Señales del Osciloscopio Virtual



Semillero ECIELECTRIC

La señal verde corresponde al voltaje alterno que se está generando, la señal amarilla corresponde al voltaje rectificado, la señal azul son de los pulsos del circuito detector de cruce por cero, y por último la señal roja son los pulsos que envía el microcontrolador al servomotor.

La finalidad de este circuito de control es:

- ✓ Monitorear el voltaje obtenido en el generador utilizando el conversor análogo-digital A/D.
- ✓ Obtener una lectura correcta del voltaje que se genera a través del circuito detector por cruce por cero.
- ✓ Contar los pulsos generados por el generador de turbina Pelton, esta simulación se logra utilizando un generador de señales.
- ✓ Controlar el porcentaje de apertura de la electroválvula proporcional siempre buscando las 1800 RPM que equivaldrían a los 60 Hertz, el control utilizado es proporcional es decir varía de acuerdo que tan próximo este al setpoint, la variación de apertura se consigue utilizando la modulación por ancho de pulso PMW, que se utiliza en el control de servomotores y en otras aplicaciones.
- ✓ Visualización del estado de las variables controladas por medio de un Display LCD.
- ✓ Comunicación serial de la tarjeta de control y el PC para la monitorización de las variables controladas con el uso del software Labview.

2.5 PROGRAMA EN LENGUAJE C

Es un software que permite programar o insertarle las instrucciones de funcionamiento al microcontrolador, es un entorno agradable al programador al utilizar librerías y comando e instrucciones del lenguaje C, que facilitan el trabajo de la persona que concepcionan el programa.

Este programa utiliza dos tipos de interrupciones una que es por el desbordamiento del Timer 1, que se utiliza para el conteo de pulsos; la segunda interrupción para la recepción de los datos provenientes del puerto serial que son enviados del PC por el programa Labview.

Además al realizar la conversión A/D para la lectura del voltaje generado del sistema, como sabemos el PIC recibe como máximo 5V, para que realice dicha lectura debe recibir un pulso positivo, del circuito detector de cruce por cero; para poder visualizar en el Display 125V, se utiliza una fórmula que relaciona estos cambios de magnitud con el valor real que está en el generador.

La fórmula que se utilizó fue la siguiente para la escalización del voltaje alterno generado:

$$VAC = 25 \left(\frac{5 * VAC/D}{1024} \right)$$

Ecuación 10.

Para el cálculo de variable de porcentaje de apertura de la electroválvula proporcional se toma el valor de la variable con el nombre "presión", la cual es la que se manipula para el control proporcional, de esta parte hablaremos más adelante detalladamente, la fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$\%VAL = \frac{(presion - 1500) * 100}{250}$$

Ecuación 11.

Para la visualización de las variables controladas que se observan en el Display LCD utilizamos la función "printf (*lcd_putc, formato, variable*)" para visualizar las tres variables en la misma línea del Display en tiempo real.

En la parte del código en que se implementa el control proporcional se utilizó la sentencia "if", la cual su función es si se cumple la condición, ejecuta la línea de programa que poseen en su estructura; para este caso se selecciona como punto de referencia 1800 RPM, si el valor es menor a este punto incrementa el valor hasta 1750 que equivaldrían 90° del movimiento del servomotor, pero si el valor es mayor al valor de referencia este disminuirá hasta 1500 que su equivalencia es 0° del movimiento del servomotor; posteriormente este valor que está en constante cambio, se utiliza para determinar la duración de los pulsos que son enviados a la modulación PWM, para determinar el grado de apertura o movimiento del servomotor.

En la parte del envío de los datos por el puerto serial, se envían los datos dependiendo de qué dato pregunta el software LabVIEW, este tipo de control de comunicación se utiliza con la sentencia "if", que envía el dato pedido si se cumplen la equivalencia dada, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Datos enviados y recibidas comunicaciones serial

Dato Recibido	Dato de Variable Enviada
"1" ó 0x31	SERVO o Porcentaje de Apertura
"2" ó 0x32	RPM o Velocidad Angular
"3" ó 0x33	VACC ó Voltaje Alterno

Semillero ECIELECTRIC

Las acciones de control, cálculo de las variables y envió de datos todas estas funciones e instrucciones están encerradas dentro de una sentencia llamada "do...While", para que lo ejecute continuamente.

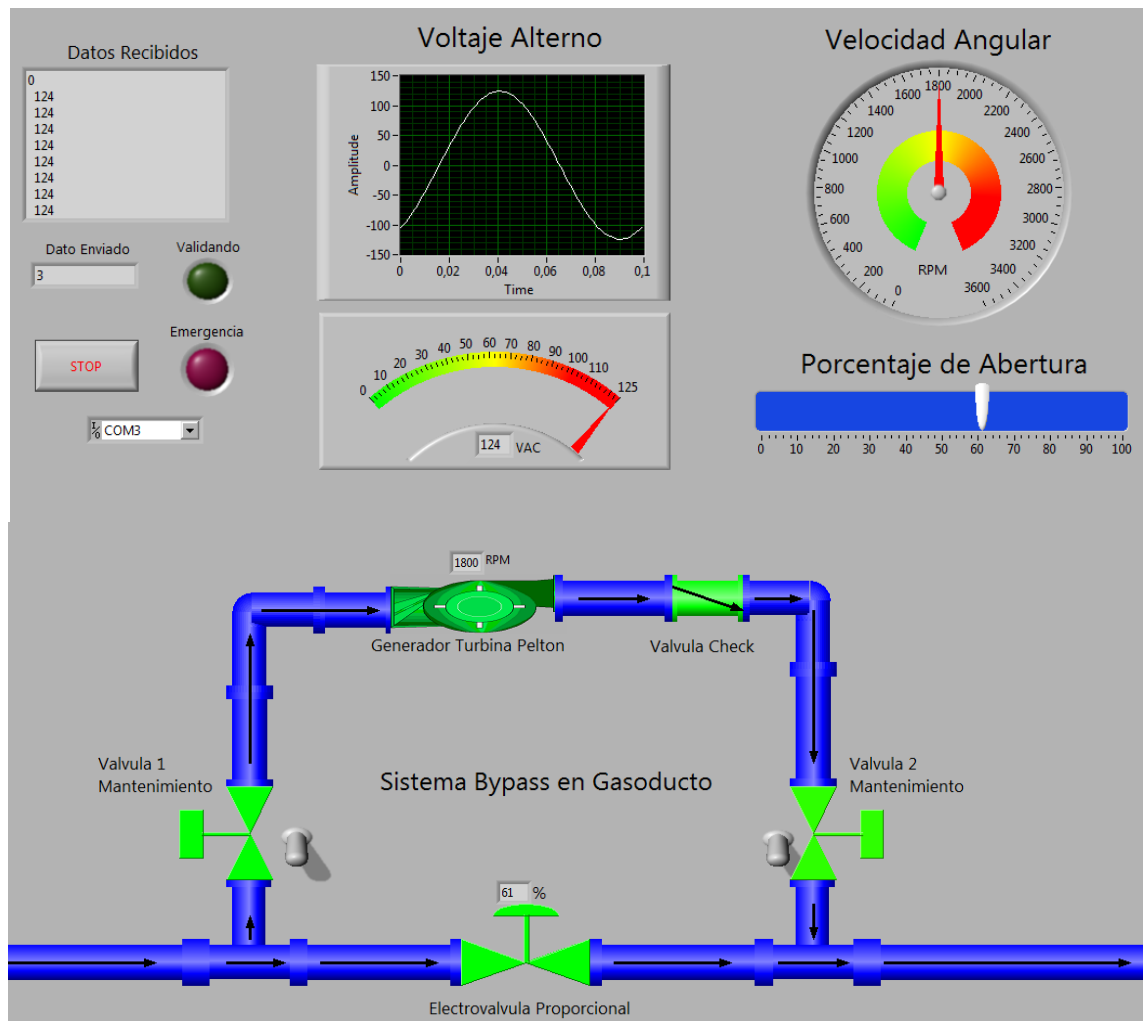
Ver Anexo G, programa del PIC en lenguaje C

2.6 INTERFAZ HMI LABVIEW

En la interfaz Labview se compone en dos partes un panel frontal, donde se visualizara las variables que está controlando el PIC y un diagrama de bloques donde se encuentra la programación o las instrucciones de cómo deben ser tratados valores que le son transmitidos, para su visualización.

En el panel frontal se compone de dos partes, la primera donde se mostraran los valores controlados por el microcontrolador de una manera gráfica y los datos enviados y recepcionados en su comunicación serial.

Figura 64. Panel Frontal HMI



Semillero ECIELECTRIC

En esta parte se visualiza los datos que le son enviados desde el PIC al PC, e igualmente los datos que le envía el PC al PIC; en esta parte se puede seleccionar el puerto serial al cual se quiere conectar, en esta parte también encontramos dos indicadores uno verde que me indica que se están validando los datos y un rojo cuando paro la visualización con el botón STOP. En la parte de visualización de variables tenemos un tacómetro que me indica la velocidad angular a la cual está funcionando en unidades de RPM; una barra horizontal que me indica el porcentaje de apertura de la electroválvula proporcional; y por último tenemos un graficador de señales y medidor de voltaje que indica la tensión que genera la turbina Pelton.

En la segunda parte se tiene una animación del montaje físico dispuesto en un gasoducto, en esta sección ubicamos tuberías, dos válvulas on/off que utilizan en el caso tal de realizar un mantenimiento al generador, la electroválvula proporcional que muestra de forma numérica su porcentaje de apertura; y por último el generador de voltaje de Turbina Pelton.

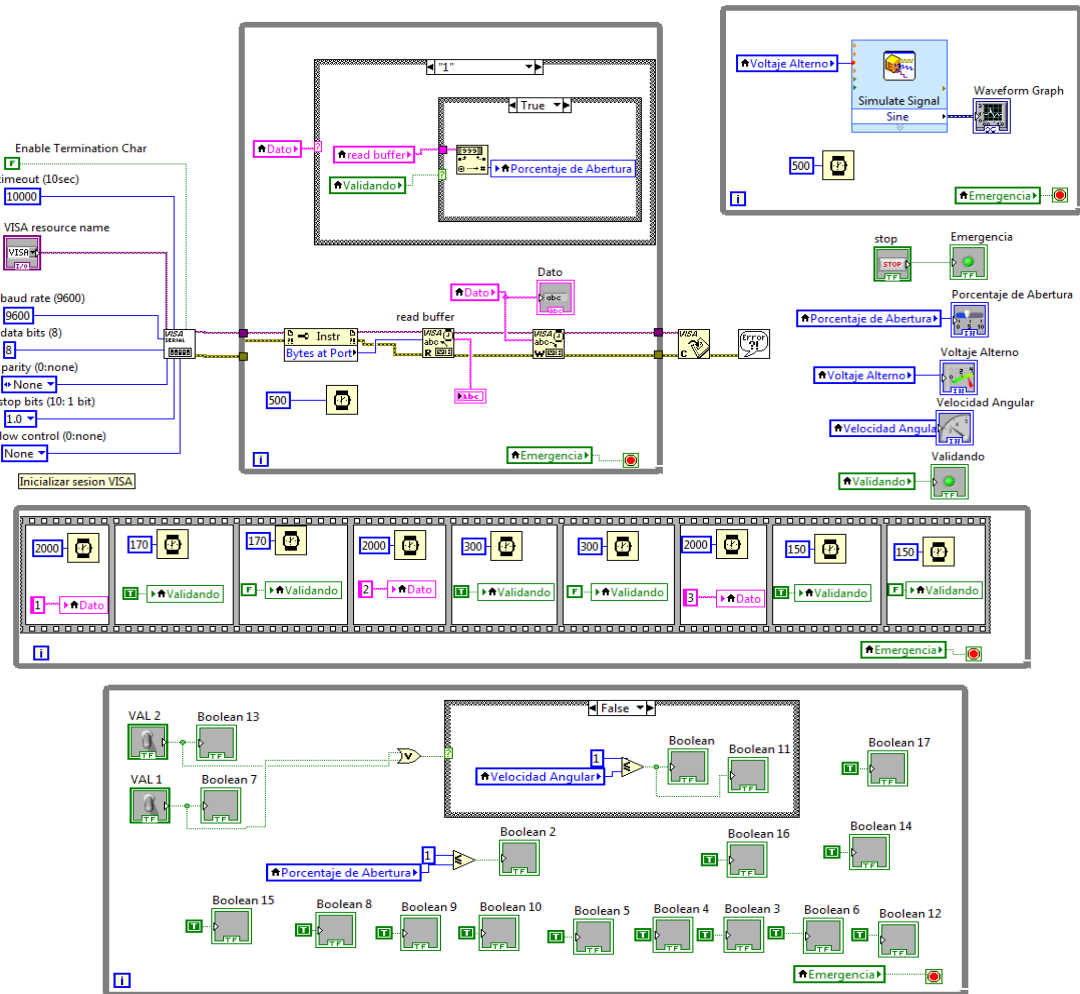
En la ventana de diagrama de bloques donde se realiza la programación y la forma de funcionamiento de la interfaz gráfica.

Como primer componente utilizamos visa serial el cual nos permite obtener los datos que son enviados por el PIC configurando las propiedades de la comunicación serial, como complementos tenemos el serial read que permite leer los datos que llegan al puerto y el serial writte, que nos permite enviar los datos que queremos que nos envíen el PIC, estos dos últimos están encerrados en estructura While que actualiza los valores cada 500 milisegundos, después de haber realizado las operaciones de lectura y escritura en el puerto serial se utiliza el elemento visa close, para cerrar la sesión Visa; dentro de esta estructura tenemos una estructura Case, la cual sincroniza cuando los datos de las variables se deben visualizar de acuerdo si ya está validado o no y por el dato que se le ha preguntado al PIC que se envíe.

La segunda estructura while es para actualizar y visualizar el movimiento de la onda seno obtenida de la conversión A/D que ha realizado el PIC al voltaje generado por la turbina Pelton.

La tercera estructura While que encierra la función Flat Sequence, esta sentencia se encarga de realizar instrucciones paso a paso con un retardo en cada acción, esta función es la encargada de enviarle al PIC que datos debe enviar el microcontrolador para que el labview realice el debido tratamiento a los valores de las variables controladas, además de validar estos, para su visualización.

Figura 65. Diagrama de bloques de la interfaz HMI



Semillero ECIELECTRIC

La última estructura While es la encargada de la animación del sistema de Bypass en gasoducto el cual desactiva la turbina Pelton al cerrarse alguna de las válvulas de mantenimiento, de activar la visualización de la electroválvula proporcional con una acción de comparación cuando el valor del porcentaje de apertura es mayor a 1.

Para terminar están los indicadores de visualización conectados a unas variables locales, las cuales hacen las veces de memorias o registros, los cuales permiten dar una mejor presentación del programa y disminuir el cableado al utilizar estos registros en todo el programa.

Figura 66. Pruebas de comunicación serial



Semillero ECIELECTRIC

2.7 CONDICIONES DE SEGURIDAD

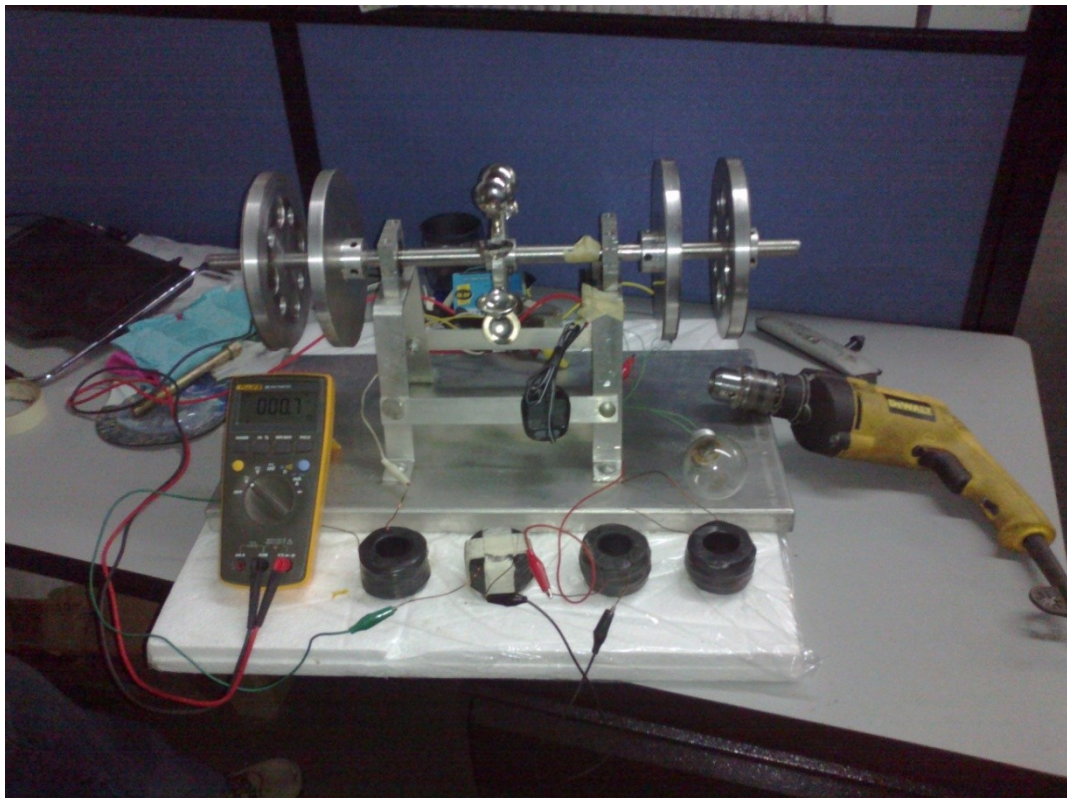
La principal propiedad de este proyecto relacionada con el factor de seguridad, viene dado en considerar un sistema de generación intrínsecamente seguro, ya que como sabemos estamos trabajando con fluidos que en su mayoría son combustibles, los cuales implica un alto grado de inflamabilidad y un riesgo explosión, causando pérdidas económicas, sociales y ambientales, tanto para la empresa, como la región, donde se ubican estas infraestructuras.

Además según su potencial de generación, hemos considerado un diseño donde se puede implementar un sistema de generación de flujo axial, obteniendo un óptimo voltaje generado, con un mínimo desgaste y fatiga mecánica, aun nivel de seguridad alto, gracias a la disposición axial de la turbo máquina.

3. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pérdidas en el sistema de generación que se está planteando, vienen asociadas al mínimo caudal que se pueda transportar en una tubería, según los cálculos matemáticos en este tipo de diseño, se puede determinar la capacidad después de realizar los cálculos para cada sistema, ya que con la facturación de consumo total de energía y consumo parcial por equipo o instrumento en cada estación, obtendremos el potencial de generación que se necesita de acuerdo a su energía cinética inherente en el sistema de transporte de gas por tubería. Además podemos tener cálculos de generación, en donde consideraremos las condiciones críticas de mínimo volumen que se puede transportar en una determinada hora en una estación, City Gate o Centro Operacional.

Figura 67. Montaje de pruebas



Semillero ECIELECTRIC

Dentro de las diferentes pruebas que se realizo con el prototipo, están asociados a la disposición mecánica del estator (plato de bobinas) y el rotor (platos de imanes); además de estructuración y organización de las bobinas e imanes, de los cuales dependen la frecuencia, el voltaje, la corriente y por ende la potencia.

De lo relevante que podemos mencionar esta:

⇒ Frecuencia

Depende del número de pares de imanes del rotor y de las revoluciones que le transmite la turbina Pelton.

⇒ Corriente

Depende del calibre del alambre, al cual se forman las bobinas de generación.

⇒ Voltaje

En esta variable de generación depende de:

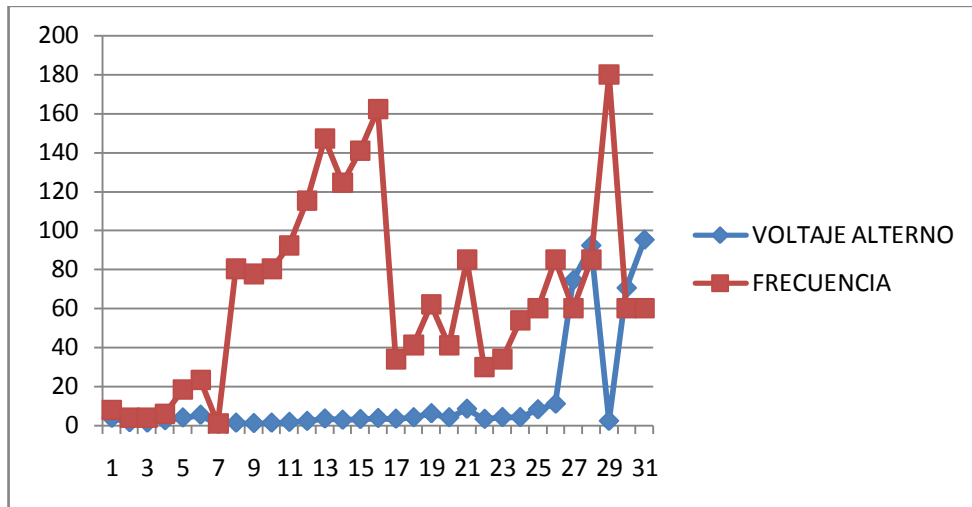
- ✓ La fuerza magnética de los imanes.
- ✓ Del número de espiras de las bobinas.
- ✓ Del material del núcleo de las bobinas.
- ✓ De la distancia entre los rotores y el estator.
- ✓ Del Área que ocupa los imanes dentro del rotor.
- ✓ De las revoluciones que transmite la turbomaquina.
- ✓ De la ubicación y conexión de las bobinas entre sí.
- ✓ Del desfase entre los rotores (máximo voltaje desfase de 90°).

De las pruebas podemos determinar que las bobinas con núcleo, dan mejor resultado que las que tiene núcleo de aire, dado que el material ferromagnético ayuda a intensificar el campo magnético y por ende mayor capacidad de generación eléctrica.

Las bobinas con mayor número de espiras dan mayor voltaje, dado que el campo magnético generado depende de este factor, pero las bobinas se deben fabricar mayor a los imanes, ya que si se realiza lo contrario causa pérdidas significativas.

Un factor determinante en la generación de flujo axial, corresponde a la distancia entre los imanes norte-sur, dado que si se dejan muy lejos las líneas de campo magnético se debilitan y por ende el voltaje generado es mucho menor.

Figura 68. Histórico de pruebas



Semillero ECIELECTRIC

Ver Anexo I, Registro de pruebas de prototipo.

El servomecanismo con una válvula mariposa puede realizar control proporcional de la entrada de gas al sistema, ya que cuando aumente o disminuya la velocidad por cambio de caudal, el sistema de control dará una salida proporcional para abrir o cerrar la válvula.

Todos estos factores se tendrán en cuenta, al implementarse este proyecto a nivel industrial, los cuales se convertirán en criterios de diseño, que permitirán realizar y ejecutar un diseño óptimo y de alta eficiencia, en las líneas de transporte de fluidos para su normal funcionamiento de sus operaciones diarias.

En las pruebas se obtuvieron voltajes de 125 volt de AC, con una frecuencia de 60 Hz, para lo cual se pudo determinar que se cumplió y supero las expectativas generales del prototipo de prueba. Este prototipo posee 16 imanes de 3500 Gauss, para formar un total de 2 pares de polos. Además se instalaron 8 bobinas en serie de 350 vueltas cada una.

4. IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO

4.1 BENEFICIOS A LAS EMPRESAS

Dentro de los beneficios que lograra este proyecto es la independencia de las empresas de transporte de gas natural por tubería de la red eléctrica, ya que dichas empresas de transporte tendrán autosuficiencia energética, la cual podrá utilizar para suplir de energía a los equipos e instrumentos utilizados, por las empresas privadas en las estaciones y subestaciones de control y supervisión de transporte de fluidos, estos puntos de control en mucho de los casos utilizan paneles solares, transformadores, entre otros elementos, que son robados por personas ajenas a la empresa (Delincuencia Común), provocando pérdidas de productividad por falta de energía, ya que no permite prestar un servicio confiable y seguro.

Una de las principales ventajas es de este tipo de generación es que si alguna empresa decide implementarlo se convertiría en pionera en este tipo de sistemas, el cual dependiendo de su desarrollo podría venderlo a otras empresas de transporte de fluidos por tubería.

Además de los reconocimientos nacionales e internacionales, tanto en el nivel económico, social y ambiental; los cuales le brindaran la capacidad de convertirse en líderes en generación alternativa de energía eléctrica.

4.2 IMPACTO SOCIAL DEL PROYECTO

En la actualidad el aumento de consumo eléctrico hace necesaria la búsqueda de nuevos métodos de generación energía limpia, involucrando los recursos naturales de las regiones teniendo como preferencia los sectores vulnerables de la población.

Este proyecto beneficiara a las regiones en los cuales pasan las grandes, medianas y pequeñas redes de transporte de fluidos por ducto tales como: agua, gas natural, petróleo y gasolina; las cuales tanto las empresas privadas, como la comunidad en que se ubican estas infraestructuras se beneficiaran, de la generación de energía eléctrica, donde la red suministradora de energía eléctrica no alcanza a llegar.

Dentro de un esquema general del calentamiento global, estamos cerca a sufrir un déficit de energía eléctrica, dado que nuestro mayor productor se encuentra en las hidroeléctricas que necesitan de grandes caudales de agua para poder generar la energía eléctrica del país. Es por eso que esta sería una solución

que ayudaría en parte a solucionar este problema que trae los cambios climáticos que padecemos en la actualidad.

4.3 IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

Los métodos convencionales de generación eléctrica, como los embalses o represas, hidrocarburos de origen fósil y el uso de reactores nucleares, al brindar una gran potencia y suministro, destruyen el ecosistema al demandar grandes recursos naturales y modificando el ambiente natural donde se lleva a cabo los procesos de generación de energía eléctrica. En técnicas modernas de generación de energía eléctrica como el uso de paneles solares, los martillos magnéticos y las granjas eólicas; al ser fuentes generadoras de energía, catalogadas como energía verdes, son métodos costosos y en muchos de los casos para producir la energía necesaria para el consumo, se necesita una gran cantidad de elementos, para cumplir la cuota de suministro.

El incremento de consumo de energía eléctrica y la eventual disminución de los recursos naturales hacen necesaria la búsqueda de métodos de generación eléctrica, los cuales integre a través del uso de la tecnología, un sistema que no altere y proteja el medio ambiente.

Adicionalmente de independizar de la red de fluido eléctrico las estación y subestaciones de transferencia de gas natural, descongestionaría a la red eléctrica, reduciendo la demanda, y por consiguiente los recursos naturales utilizados para la generación de dicha energía eléctrica.

Otro factor al cual ayudaría enormemente, es la reducción del uso de los bancos de baterías, que son implementados en algunas empresas, en las estaciones de control, medición, supervisión y transferencia de fluidos; estos elementos al cumplir su ciclo de vida útil son desechados, los cuales para generar energía, utilizan sustancias químicas (ácido sulfúrico, plomo, mercurio, entre otras), las cuales son tóxicas y contaminantes para el medio ambiente.

4.4 TIEMPO DE RECUPERACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Dependiendo de los potenciales de energía cinética en cada estación, los cuales dependen de los caudales de fluidos que se movilizan, en cada punto de transferencia, se puede programar la recuperación de la inversión del proyecto.

El caso de estudio, de la estación de Buenos Aires de la propiedad Transgastol, se ha considerado un periodo de recuperación de

aproximadamente 2 años, tiempo en el cual, la inversión de capital implementada se habrá recuperado la financiación de la implementación del proyecto.

En la siguiente tabla corresponde a los costos de montaje y/o reposición de los sistemas de alimentación eléctrica, causadas por los actos vandálicos de la delincuencia común.

Tabla 10. Costos de reposición y reparación de la alimentación eléctrica.

Elementos	Costo Anual	Costo Implementación	Costo Facturación Anual	Costo Total
Transformador Trifásico de 15 KVA	8.000.000	12.000.000	2.400.000	22.400.000
Panel solar de 60 wat (6 Unidades)	9.000.000	5.000.000	0.0	14.000.000

Semillero ECIELECTRIC

4.5 POTENCIALES USOS DE ESTE PROYECTO

Los usos de este innovador proyecto, corresponden a cada una de las pequeñas, medianas y grandes empresas de transporte de fluidos por tubería, como se ha planteado a lo largo de este documento; los cuales están ligados al caudal transportado en línea de cada estación.

El cual permitirá estaciones de control, medición, supervisión y transferencia de fluidos, independientes, autosuficientes y sostenibles, para el normal funcionamiento de sus operaciones diarias; y con el valor agregado de los beneficios económicos, financieros, sociales y ambientales, convirtiéndose en líderes de generación alternativa de energía eléctrica a nivel nacional e internacional; al implementar este tipo de desarrollos tecnológicos, como se había mencionado en secciones anteriores.

4.6 COSTOS DEL PROTOTIPO

Los costos del desarrollo del prototipo de prueba, para este proyecto con la información obtenida, de la estación de Buenos Aires de propiedad de Transgastol, cuyo valor fue de 1.687.485 pesos, en la siguiente tabla se encuentra dividida en cuatro fases, las cuales permitirán desarrollar e implementar el proyecto adecuadamente:

Tabla 11. Costos del prototipo por Fases

FASES	COSTOS
Teórica	\$75.000
Mecánica	\$945.985
Electromecánica	\$440.000
Control Electrónico	\$152.400
Comunicación y Visualización	\$74.100
Costo Total del proyecto	\$1'687.485

Semillero ECIELECTRIC

Ver Anexo K, Costo de materiales de generación de energía.

5. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este prototipo, se dio respuesta al planteamiento del problema inicial sobre la posibilidad de generar energía eléctrica aprovechando la energía cinética del paso de un fluido como el gas natural por una tubería. Dado que los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio garantizan un alto desempeño y un nivel de confianza acorde a las expectativas. Se puede asegurar que este método de generación es totalmente viable y que solo necesita ser implementado a gran escala.

Los resultados obtenidos en la investigación, las pruebas y el desarrollo de este proyecto; se convertirán en criterios de diseño en el momento de implementar este proyecto a una escala industrial, lo cual exige altos estándares de seguridad, robustez y calidad en su funcionamiento.

Desde el punto de vista ambiental, financiero y social, este proyecto generara un gran impacto y beneficios en los sectores mencionados anteriormente tanto a la empresa que decida implementarlo, en los ecosistemas y las comunidades en que se desarrolle.

Este proyecto representa un adelanto científico y tecnológico considerable a las empresas de transporte de fluidos por ductos, dado que se contara con tecnología de punta que buscara convertirlos en autosuficientes y sostenibles en su generación de energía eléctrica.

Con la implementación de este método alternativo, e innovador se dará solución a los problemas de hurtos en las estaciones y subestaciones de transferencia de los gasoductos.

6. LIMITACIONES

Durante la fase de investigación se encontró una limitante con la información, dado que no se cuenta con teoría o pruebas de un sistema de generación de este tipo.

El tiempo de dedicación que requiere procesos de investigación y desarrollo de proyectos es muy amplio, pero como todos los integrantes del grupo trabajamos como empleados, hace que solo los fines de semana y en las noches se dediquen a los estudios del mismo.

La falta de presupuesto hace que no se tenga a disposición inmediata los materiales necesarios para la realización de las pruebas.

Como se ha podido apreciar a lo largo del proceso investigativo, este proyecto depende de las infraestructuras ya existentes, como es el caso de tuberías de alta presión, para la generación de energía eléctrica, y únicamente se verían beneficiados las comunidades que se encuentran próxima a estos sistemas de transporte de fluidos como es el caso del agua, gas natural, petróleo, gasolina y entre otros; además se beneficiarían las empresas que implementaran este tipo de generación de energía para su servicio.

Otra limitante se podría asociar al desconocimiento del tema de generación eléctrica en sistema de transporte de combustibles por tubería, dado que algunas personas y empresas piensan en los factores de riesgos que pudiesen existir en este tipo de generación.

La falta de capacitación y entendimiento de la problemática actual relacionada con la demanda energética, hace que proyectos de un gran alcance como este, no trasciendan, dado que solo estamos acostumbrados a la rutina y no damos paso a nuevas y modernas alternativas que ayudaran a las empresas, el medio ambiente y la sociedad.

7. RECOMENDACIONES

Como lo hemos descrito anteriormente este proyecto beneficiara a las regiones en los cuales pasan las grandes, medianas y pequeñas redes de transporte de fluidos por ducto tales como: agua, gas natural, petróleo y gasolina; las cuales tanto las empresas privadas, como la comunidad en que se ubican estas infraestructuras se beneficiaran, de la generación de energía eléctrica, donde la red suministradora de energía eléctrica no alcanza a llegar.

Otros de los alcances que lograra este proyecto es la independencia de la red eléctrica, que suple energía a los equipos utilizados, por las empresas privadas en las estaciones y subestaciones de control y supervisión de transporte de fluidos, estos puntos de control en mucho de los casos utilizan paneles solares, transformadores, entre otros elementos, que son robados por personas ajenas a la empresa (Delincuencia Común), provocando pérdidas de productividad por falta de energía que permita realizar las acciones de control y supervisión del sistema afectado.

8. BIBLIOGRAFÍAS

BARRAZA MENDOZA, Carlos. Electrónica Industrial moderna. Pearson Educación. Quinta Edición. (2006).

BOLTON, W. Ingeniería de Control Alfaomega 2ª. Edición. (2001).

BROGAN, W. L. Modern Control Theory Prentice Hall. New York 1985.

CHI-TSONG, CHEN. Linear System Theory and Design. Oxford University Press. New York (USA).

CREUSOLE , Antonio. Instrumentacion Industrial 6º Edicion. Alfaomega-Rama.(1998).

GARCIA BREIJO, Eduardo, Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. Alfaomega grupo editor. (2008).

KUO BENJAMÍN C. Sistemas Automáticos de Control. Compañía Editorial Continental S.A. México.

KATSUHICO, Ogata. Ingeniería de Control Moderna. Pearson Prentice. 4ª. Edición. (2008).

LAJARA VIZCANO, José Rafael. Labview Entorno de Programación. Alfaomega grupo Editor. (2006).

PALACIOS, Enrique. Microcontrolador pic16f84 3º Edición Desarrollo de Proyectos. Alfaomega-Rama. (2006).

RIVAROLA M, KIRTLEY J. Design of High Speed Axial Flux Permanent Magnet Generators. USA: Massachusetts Institute of Technology.

Amplificador Comparador de Voltaje:
<http://es.wikipedia.org/wiki/comparador>

Calibres de Cables Esmaltados:
http://www.ecured.cu/images/0/09/tabla_2_conductores.jpg

Comunicación Serial y Explicaciones:
<http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm>

Explicacion Circuito Thevenin:
<http://www.fisicapractica.com/thevenin.php>

Explicación Práctica de Elementos Electrónicos:

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Funcionamiento de una Válvula Mariposa:

http://chmqueretaro.mex.tl/photo_259683_valvula-mariposa-de-engrane.html.

Generación de Energía:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v05_n2/evol_ener.htm

Imanes de Neodimio:

http://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_de_neodimio

Información Técnica del Display LCD:

<http://www.bolanosdj.com.ar/sobrelcd/teorialcdv1.pdf>

Teoría de Control Proporcional:

http://www.automatas.org/hardware/teoria_pid.htm.

Tutorial Básico Labview:

http://www.gte.us.es/asign/ie_4t/tutorial%20de%20labview.pdf

Válvulas de Control:

http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3c.pdf

Sistema de Generación Eléctrica:

<http://www.renewables-made-in-germany.com/es/renewables-made-in-germany-pagina-de-inicio/energia-hidroelectrica.html>.

Propiedades de los Imanes de Neodimio:

http://img2.mlstatic.com/iman-de-neodimio_mco-o-19741249_7309.jpg.

Tensión Alterna:

<http://www.solecmexico.com/electronica/tensionalterna.pdf>

Teoría de Generación de Flujo Axial:

<http://www.uv.es/~navasqui/aero/femaxial.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Tabla de Cálculo de Embobinado

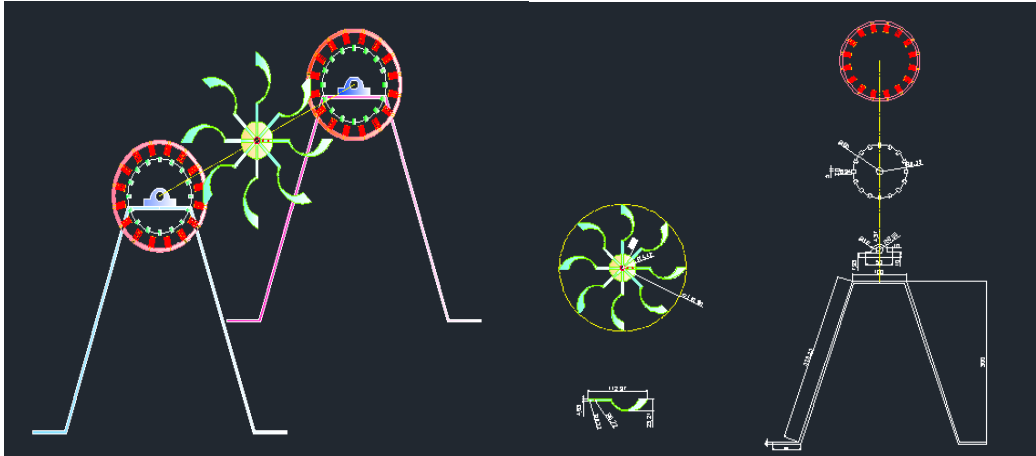
CALCULO EMBOBINADO ECODUCTO PROYECTO				
DIGITE LOS VALORES DE LAS VARIABLES:			RESULTADO FINAL DE VALORES	
SIMBOLO	VARIABLE	UNIDAD	REVOLUCION POR MINUTO	1800
E	15	VOLTIOS AC	FRECUENCIA (F)	60
Fc	0,315	FACTOR PERDIDA	Numero de Polos (np)	2
B	0,35	TESLA		
R1	0,03715	DIST CENTR PLATO HASTA CENTRO IMAN		
R2	0,0762	DIST CENTR PLATO HASTA EXTREMO PLATO	AREA DEL PLATO M2	0,01824
L	0,02575	LONGITUD ESPIRAS	DIST CENTR PLATO HASTA EXTREMO PLATO (R2)	
np	2	NUMERO PARES DE POLOS		
F	60	FRECUENCIA EN HERTZ		
A	0,010386	AREA DEL PLATO EN METROS CUADRADOS	LONGITUD ESPIRAS (L)	0,03905
RPM	1800	REVOLUCIONES POR MINUTO		
			NUMERO ESPIRAS	349,9529656

Anexo B. Tabla de Cálculo de velocidad del gas

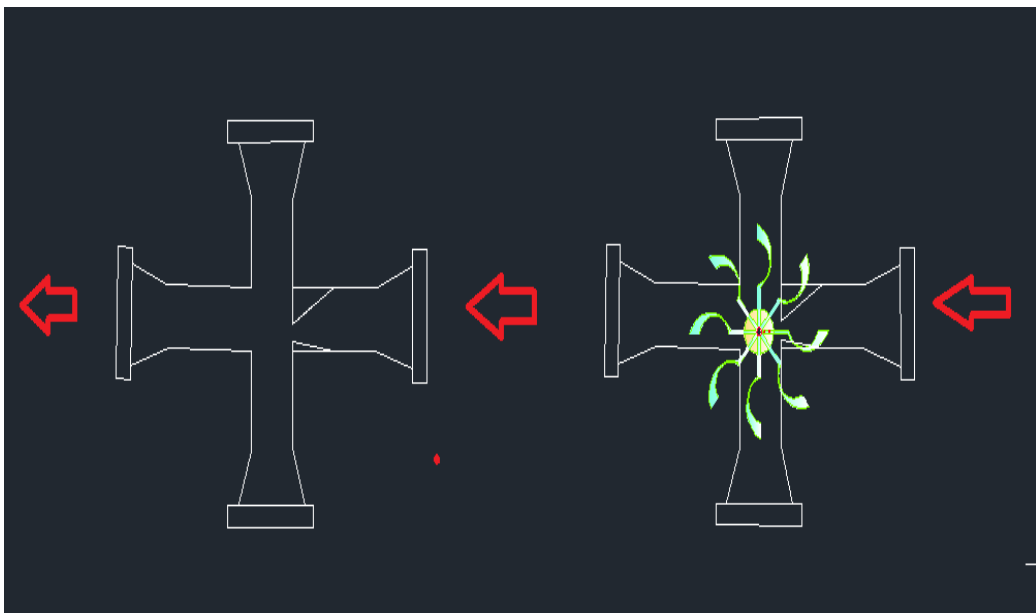
CALCULO PARA UN Qmax de 80000 scf																			
<p>CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL GAS EN LA TUBERIA</p> $V = \frac{0.75 Q}{d^2 P} \dots\dots\dots 5$ <p>Donde:</p> <p>V = Velocidad del gas en pies/seg</p> <p>Q = Volumen del gas en pies³/hora a condiciones estándar</p> <p>d = Diámetro interior del tubo en pulgadas</p> <p>P = Presión interna en psia</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Factor</td> <td style="text-align: center;">0,75</td> </tr> <tr> <td>Caudal por hora scf/h</td> <td style="text-align: center;">250000 scf/h</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno</td> <td style="text-align: center;">2 in</td> </tr> <tr> <td>Presion interna PSIG</td> <td style="text-align: center;">500 psig</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>VEL cf/seg</td> <td style="text-align: center;">93,75</td> </tr> <tr> <td>vel m/seg</td> <td style="text-align: center;">28,582317</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Factor	0,75	Caudal por hora scf/h	250000 scf/h	Diámetro Interno	2 in	Presion interna PSIG	500 psig			VEL cf/seg	93,75	vel m/seg	28,582317				
Factor	0,75																		
Caudal por hora scf/h	250000 scf/h																		
Diámetro Interno	2 in																		
Presion interna PSIG	500 psig																		
VEL cf/seg	93,75																		
vel m/seg	28,582317																		

Anexo C. Planos Mecánico en AutoCAD

Disposición Mecánica del Prototipo



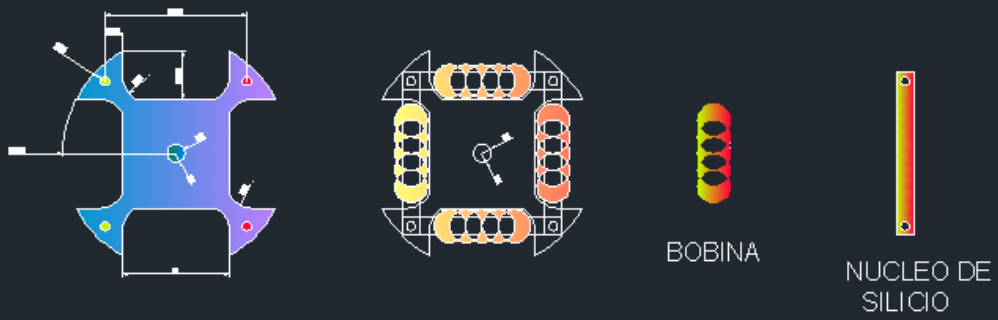
Disposición de la Turbina en Un Ducto de Transporte



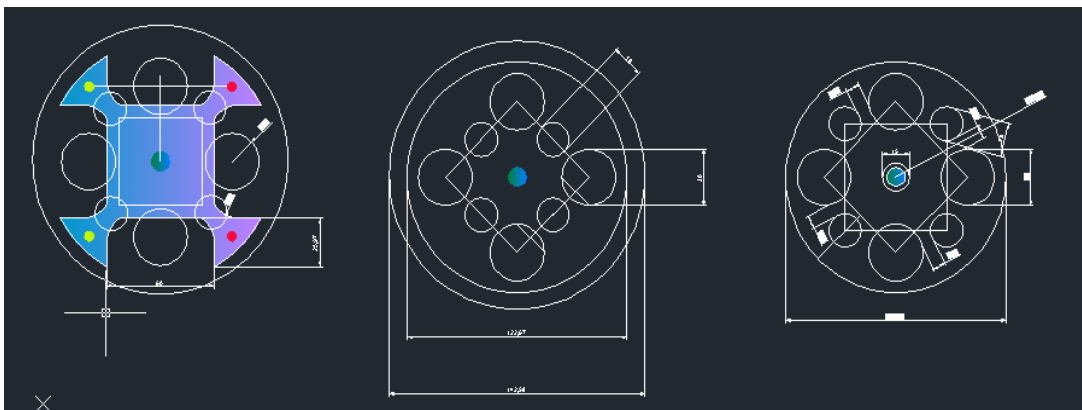
DISCO PORTA IMANES



PLATINA PORTA BOBINAS

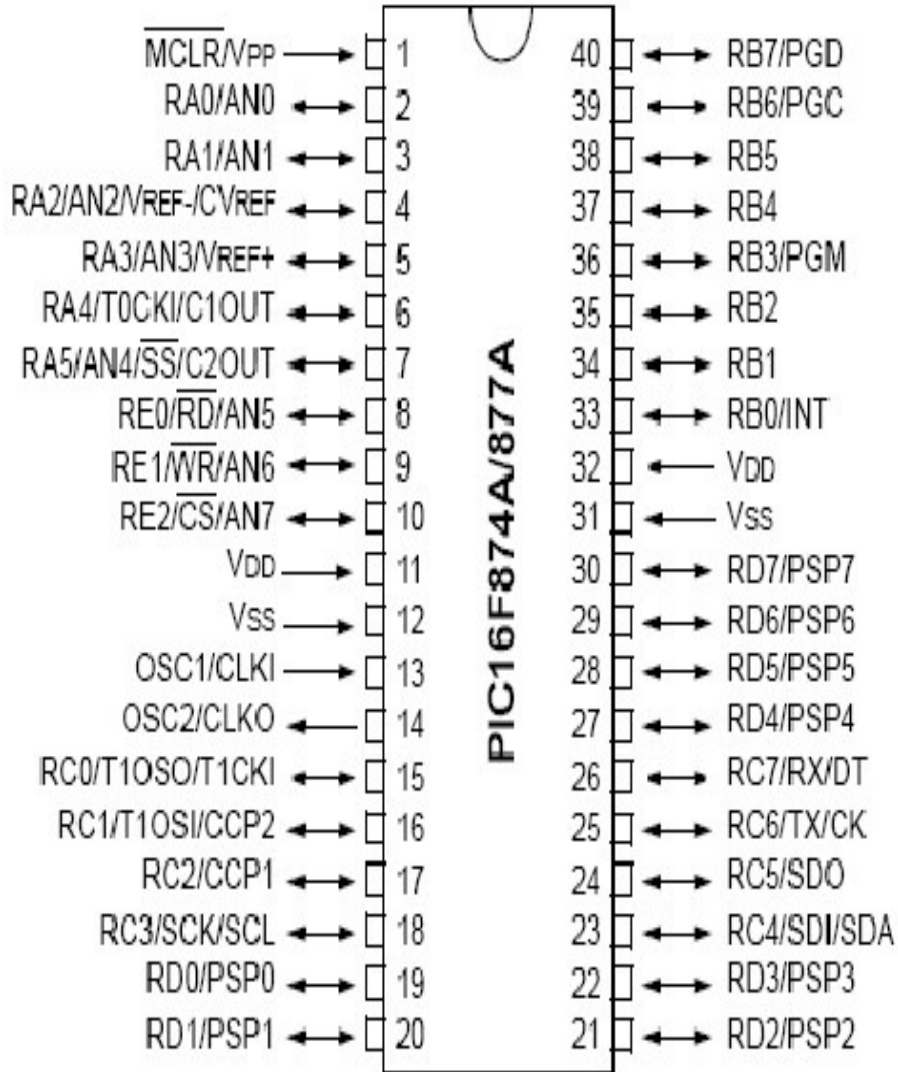


Disposición Axial de Imanes de Neodimio



Anexo D. Datasheet PIC 16F877A

40-Pin PDIP



NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/AN0	2	I/O	TTL	<p>PORTA es un puerto I/O bidireccional</p> <p>RA0: puede ser salida analógica 0</p> <p>RA1: puede ser salida analógica 1</p> <p>RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje</p> <p>RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje</p> <p>RA4: puede ser entrada de reloj el timer0.</p> <p>RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial sincrónico.</p>
RA1/AN1	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/ Vref-	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/Vref+	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	
RBO/INT	33	I/O	TTL/ST	<p>PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas</p> <p>RB0 puede ser pin de interrupción externo.</p> <p>RB3: puede ser la entrada de programación de bajo voltaje</p> <p>Pin de interrupción</p> <p>Pin de interrupción</p> <p>Pin de interrupción. Reloj de programación serial</p>
RB1	34	I/O	TTL	
RB2	35	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	I/O	TTL	
RB4	37	I/O	TTL	
RB5	38	I/O	TTL	

RB6/PGC RB7/PGD	39 40	I/O I/O	TTL/ST TTL/ST	
RC0/T1OSO/T1CKI RC1/T1OS1/CCP2 RC2/CCP1 RC3/SCK/SCL RC4/SD1/SDA RC5/SD0 RC6/Tx/CK RC7/RX/DT	15 16 17 18 23 24 25 26	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	ST ST ST ST ST ST ST ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RC0 puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj sincrónico para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asincrónico USART o el reloj sincrónico. RC7 puede ser el receptor asincrónico USART o datos síncronos
RD0/PSP0 RD1/PSP1 RD2/PSP2 RD3/PSP3 RD4/PSP4 RD5/PSP5 RD6/PSP6 RD7/PSP7	19 20 21 22 27 28 29 30	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	ST/TTL ST/TTL ST/TTL ST/TTL ST/TTL ST/TTL ST/TTL ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo

Descripción de los puertos:

Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+
- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI (Entrada de reloj del módulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono)

Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 èl interrupción por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 è programación y debugger in circuit

Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del moduloTimer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)

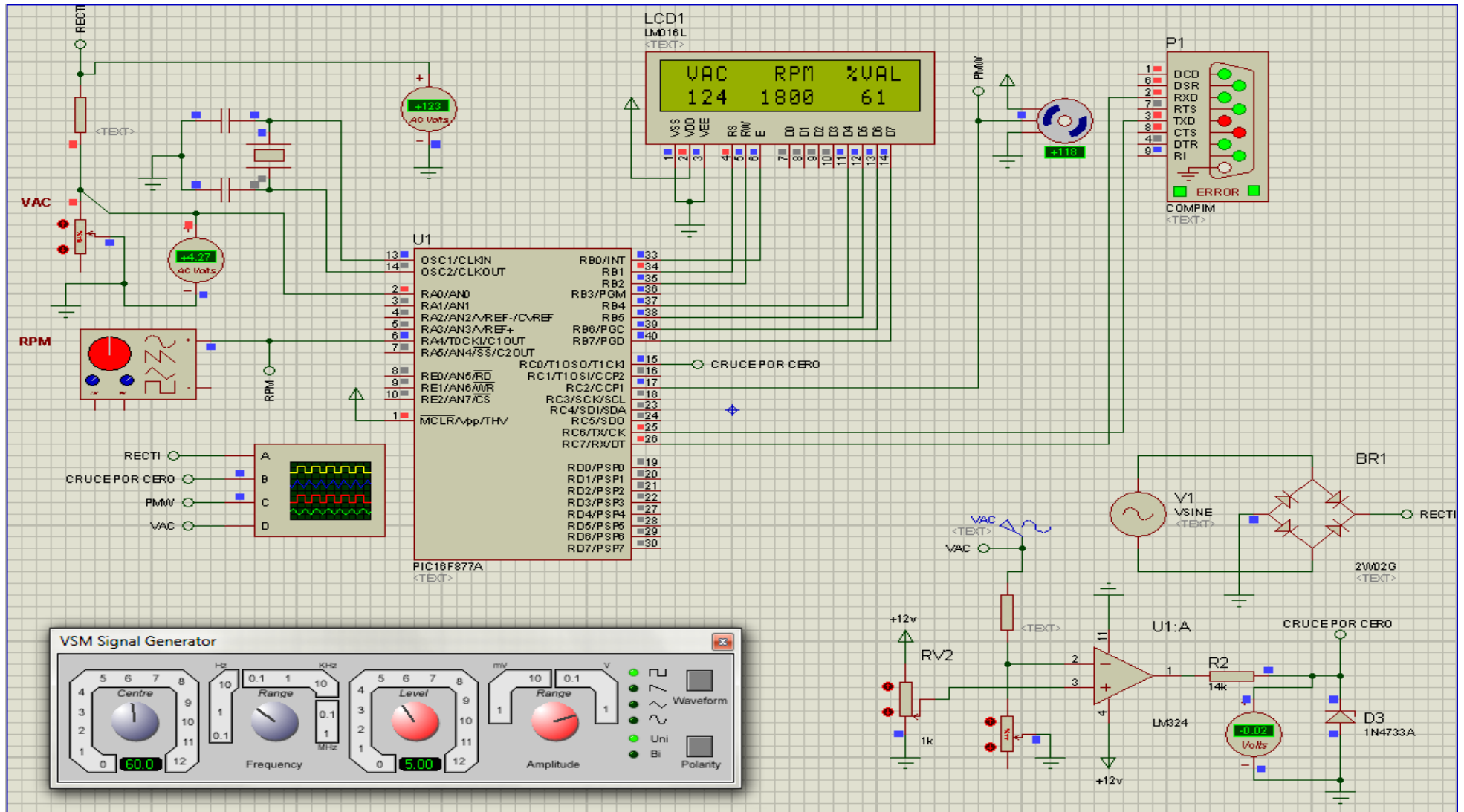
•Puerto E:

- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

Dispositivos periféricos:

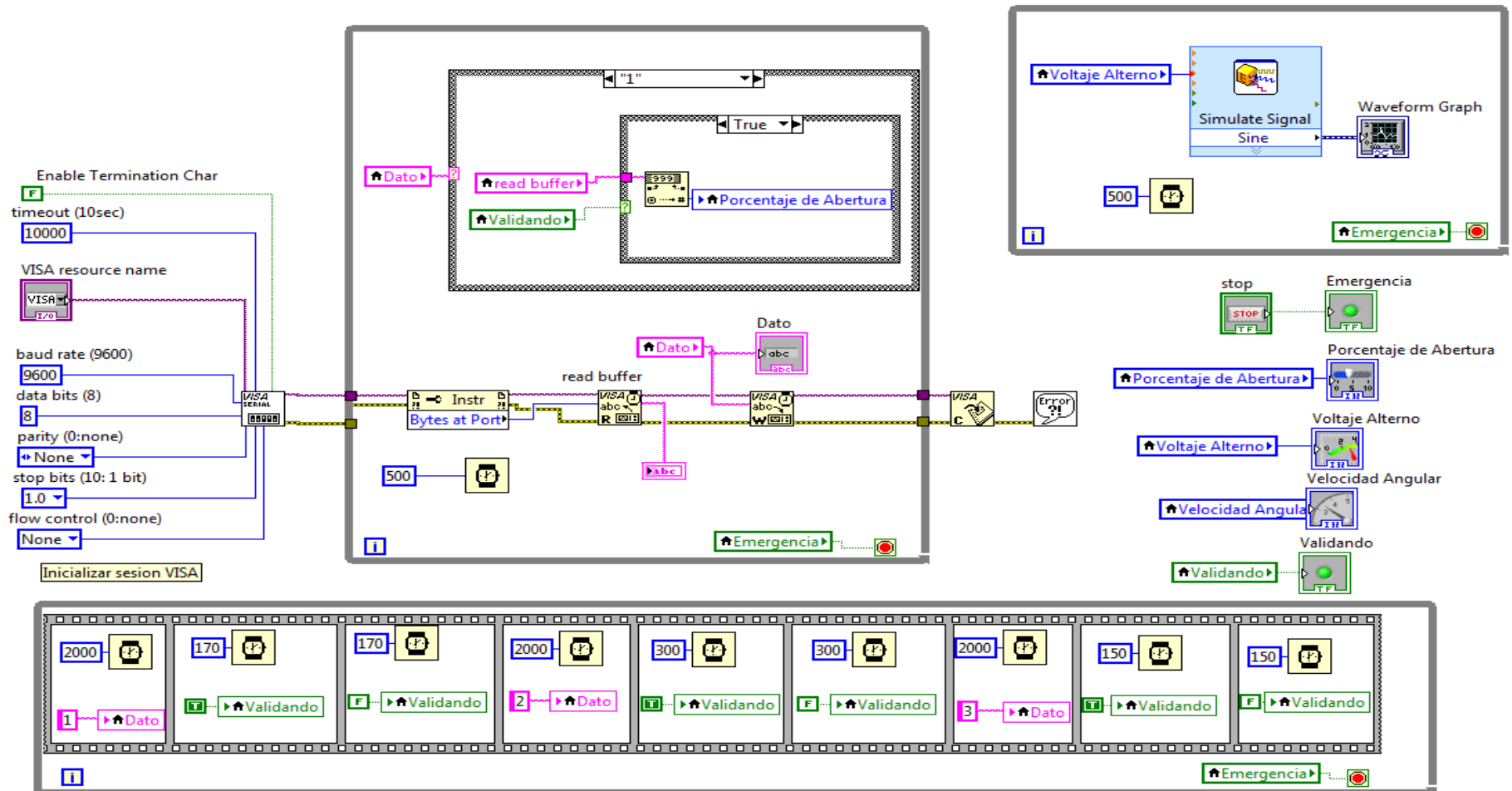
- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits
- Timer1: Temporizador Contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal / clock.
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- Dos módulos de Captura Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I2C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

Anexo E. Plano electrónico Proteus

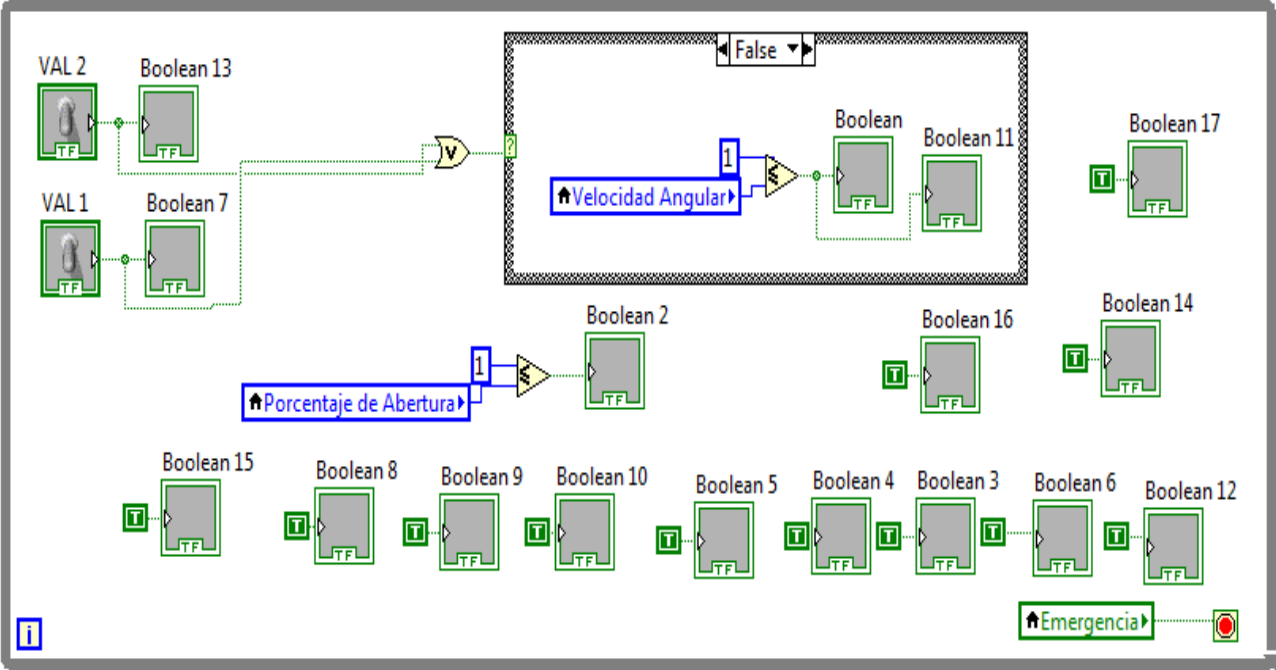


Anexo F. Código Labview

Bucle de Control y Visualización de Parámetros



Bucle Sistema de Visualización De Bypass de Gasoducto



Anexo G. Código en el Lenguaje del Microcontrolador

```
#include <16f877a.h>
#device adc=10
#fuses XT,NOPROTECT,NOLVP,PUT,NODEBUG,BROWNOUT,NOCPD,NOWRT
#use delay (clock= 20000000,RESTART_WDT)
#use rs232 (baud=9600, xmit=pin_c6, rcv=pin_c7, bits=8, parity=N)
#BYTE TRISC = 0x87
#BYTE PORIC = 0x07
#use fast_io(a)
#include <math.h>
#include <lcd420.c> //Definicion de Librerias

int16 RPM=0;
int16 VACC, presion=800; // Declaro variable entera (analógico) y la inici
int POSSER,VOLT, RFMS, datopc;
int32 PROPOR, PRESS, SERVC;
float val_1, val_2, VAC;

#int_timer1

void timer1_isr(void){
    RPM=get_timer0(); //Conteo de pulsos para el calculo de las RPM
    RPM=RPM*300;
    set_timer0(0);
    set_timer1(3036);
}

#int_rda

void serial_isr(){
    datopc=getchar(); //interrupcion de recepcion de datos por el puerto Serial
}

void main ( ) {

    lcd_init(); //Inicio de LCD
    setup_timer_0(rtcc_ext_h_to_l | rtcc_div_1); //Definicion del Timer para el contador de RPM
    setup_timer_1(t1_internal | t1_DIV_BY_8);
    set_timer0(0);
    set_timer1(3036);
    enable_interrupts(int_timer1);
    enable_interrupts(int_rda);
    enable_interrupts(global);

    setup_port_a(0); //Definiion de convertidor analogo digital
    setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );
    set_adc_channel( 0 );
    bit_clear (TRISC,2);
    delay_us(100);
```

```

do{
val_1= Read_ADC();
val_2=5.0*val_1/1024.0; //Calculo del voltaje en alterno
VAC=25.0*val_2;
VACC=VAC;
PRESS=presion-800;
PROPOR=PRESS*100; //calculo del porcentaje de abertura de la valvula
SERVO=PROPOR/1200;
POSSER=SERVO;
RPMS=RPM;
VOLT=VACC;
lcd_gotoxy(1,1);
printf(lcd_putc, " VAC  RPM  %%VAL"); //Visualizacion de las tres variables
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc, "%4ld", VACC);
printf(lcd_putc, " %4ld", RPM);
printf(lcd_putc, " %4ld", SERVO);
//Codigo de control proporcional
if((RPM<1800)&&(presion!=2000)) //Condición: Si pulso aumentar y es menor que FF.
{
    presion++; // Incremento la variable 'analógico'.
    bit_set (PORTC,2);
    delay_us (presion);
    bit_clear (PORTC,2);
    delay_us (presion);
}
if((RPM>1800)&&(presion!=800)) //Condición: Si pulso decrementar y es mayor que 0.
{
    presion--; // Incremento la variable 'analógico'.
    bit_set (PORTC,2);
    delay_us (presion);
    bit_clear (PORTC,2);
    delay_us (presion);
}
//Codigo de envio de datos
if(datopc==0x31)
{delay_us(100);
printf("%4ld\r ", SERVO);
}
if(datopc==0x32)
{delay_us(100);
printf("%4ld\r ", RPM);
}
if(datopc==0x33)
{delay_us(100);
printf("%4ld\r ", VACC);
}
}

```


Anexo H. Información Técnica del Servomotor

El servomotor **HS 645MG** es uno de los servomotores de tamaño estándar con mejor relación tamaño torque, este alcanza los 9.6KG a 6V, y debido a que la piñonaría es metálica hace que este servomotor tenga gran calidad y alto rendimiento. Además es excelente sistema de control que permite usarlo en sistemas electromecánico que requieran un control de movimiento con alto torque

Piñonaría: *Metálica*

Voltaje: 4.8V

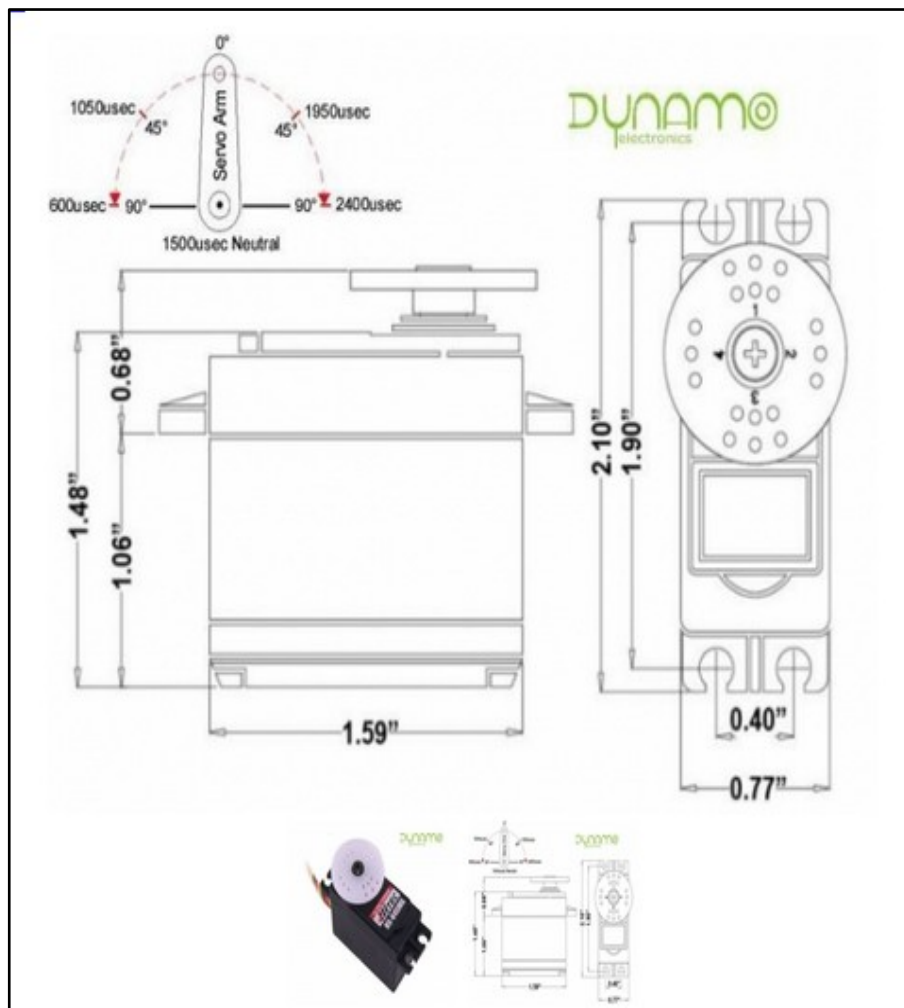
Velocidad: 0.24sec/60° sin carga

Torque 107 oz/in. (7.7 kg.cm)

Voltaje: 6V

Velocidad: 0.20sec/60° sin carga

Torque: 133.33 oz/in. (9.6 kg.cm)



Anexo I. Registro de Pruebas

MES DE ABRIL

Cantidad de Bobinas	Núcleo de Bobina	Disposición de Bobinas	Disposición Campo Magnético	Circuito Magnético Cerrado	Voltaje Obtenido	Frecuencia Generada
1	Silicio	Sola	+ --	No	3.8 VAC	8 Hz
4	Silicio	Serie	+ --	No	1.6 VAC	4 Hz
4	Silicio	Serie	+ --	Si	1.35 VAC	4 Hz
1	Silicio	Sola	+ --	No	2.6 VAC	6 HZ
1	Silicio	Sola	+ --	Si	4 VAC	18.4 Hz
1	Silicio	Sola	+ +	Si	5.42 VAC	23.4 Hz
2	Silicio	Serie	+ +	Si	0.67 VAC	1 Hz

MES DE MAYO

Cantidad de Bobinas	Núcleo de Bobina	Disposición de Bobinas	Disposición del campo Magnético	Circuito Magnético Cerrado	Voltaje Obtenido	Frecuencia Obtenida
1	Aire	Sola	+ +	Si	1.35 VAC	80.3 Hz
1	Aire	Sola	+ +	No	1.15 VAC	77.7 Hz
1	Aire	Sola	+ --	No	1.35 VAC	80.3 Hz
1	Aire	Sola	+ --	No	1.74 VAC	92.5 Hz
1	Aire	Sola	+ --	No	2.25 VAC	115.2 Hz
1	Aire	Sola	+ --	Si	3.47 VAC	147.2 Hz
1	Aire	Sola	+ --	Si	2.84 VAC	124.4 Hz
1	Aire	Sola	+ --	Si	3.21 VAC	140.9 Hz
1	Aire	Sola	+ --	Si	3.73 VAC	162.5 Hz

MES DE JUNIO

Cantidad de Bobinas	Núcleo de Bobinas	Disposición de Bobinas	Disposición del Campo Magnético	Circuito Magnético Cerrado	Voltaje Obtenido	Frecuencia Obtenida
2	Aire	Serie	+ --	No	3.4 VAC	34 Hz
2	Aire	Serie	+ --	No	4.12 VAC	41.2 Hz
2	Aire	Serie	+ --	Si	6.2 VAC	62 Hz
2	Aire	Serie (II)	+ --	Si	4.1 VAC	41 Hz
2	Aire	Serie (Γ)	+ --	Si	8.5 VAC	85 Hz

MES DE JULIO

Cantida d de Bobinas	Núcleo de Bobinas	Disposició n de Bobinas	Disposició n del Campo Magnético	Circuito Magnético Cerrado	Voltaje Obtenido	Frecuenci a Obtenida	Velocida d Angular	Conexión de Transformador Elevador	Voltaje Amplificado
1	Aire	Sola	+ --	Si	3.3 VAC	30 Hz	900 RPM	No	No
1	Aire	Sola	+ --	Si	4.2 VAC	34 Hz	1000 RPM	No	No
1	Aire	Sola	+ --	Si	7.2 VAC	54 Hz	1600 RPM	No	No
1	Aire	Sola	+ --	Si	8.2 VAC	60 Hz	1800 RPM	No	No
1	Aire	Sola	+ --	Si	11.1 VAC	85 Hz	2600 RPM	No	No
1	Aire	Sola	+ --	Si	8.2 VAC	60 Hz	1800	Si	74.5 VAC

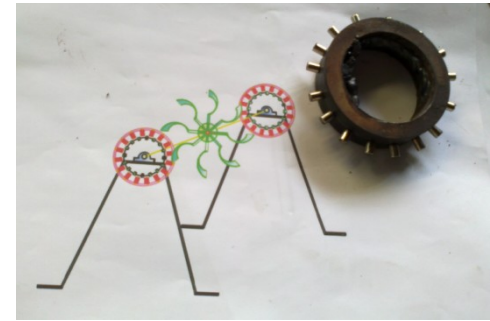
							RPM		
1	Aire	Sola	+ --	Si	11.1 VAC	85 Hz	2600 RPM	Si	92.3 VAC

MES DE AGOSTO

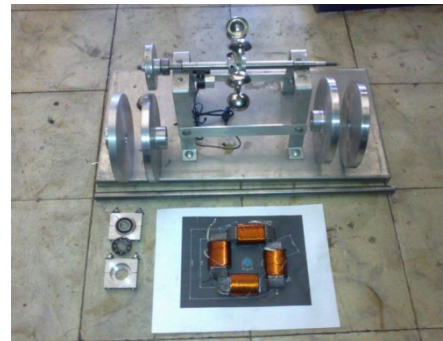
Cantidad de Bobinas	Núcleo de Bobinas	Disposición de Bobinas	Disposición del Campo Magnético	Circuito Magnético Cerrado	Voltaje Obtenido	Frecuencia Obtenida	Velocidad Angular	Conexión de Transformador Elevador	Voltaje Amplificado	Voltaje con Carga
2	Aire	Paralelo Platos Desfase 0°	+ --	Si	0.23VAC	180 HZ	1800 RPM	Si	2.3 VAC (1/2 núcleo)	0 VAC
2	Aire	Paralelo Platos Desfase 90°	+ --	Si	13.2VAC	60 Hz	1800 RPM	Si	70.5 VAC (1/2 núcleo)	14 VAC
2	Aire	Paralelo Platos Desfase 90°	+ --	Si	13.2VAC	60 Hz	1800 RPM	Si	95.2 VAC (núcleo completo)	21 VAC

Anexo J. Registro Fotográfico

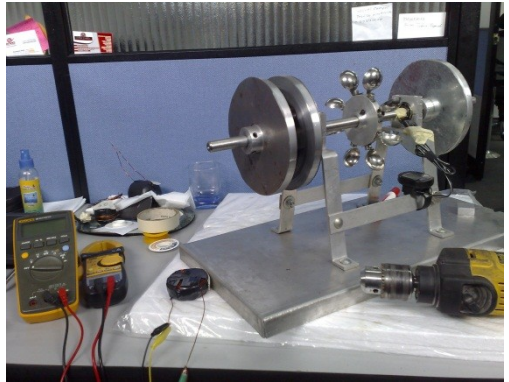
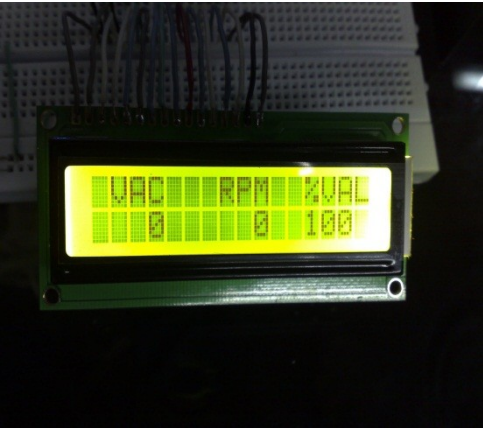
Prototipo Uno (PROECOENR – 001)



Prototipo Uno (PROECOENR – 002)



Fase de Construcción y Pruebas



Anexo K. Presupuesto y Costos del Proyecto

							
COMPRA DE MATERIALES PROYECTO DE GENERACION ELECTRICA UNAD 2012							
"ECODUCTOS ENERGETICOS"							
Fecha Inicio Proyecto : Abril 6 de 2012				Ultima Actualización: Agosto 5 de 2012			
ITEM	CANTIDAD	FACTURA	NIT:	ALMACEN	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	8	5748	79561038-3	CRISTALERIA MULTIFAMILIAR	Cuchara Inkam	\$ 2.000	\$ 16.000
2	4	6836	79561038-3	CRISTALERIA MULTIFAMILIAR	Cuchara Inkam	\$ 2.000	\$ 8.000
3	1	40389	800.119.705 -9	CREDIDECOR LTDA	Platina 2" x 1/2"	\$ 5.300	\$ 5.300
4	0,5	40389	800.119.705 -9	CREDIDECOR LTDA	Barra de Acero de 1/2"	\$ 17.600	\$ 8.800
5	0,065	40389	800.119.705 -9	CREDIDECOR LTDA	Barra Macisa de 3"	\$ 350.000	\$ 22.750
6	20	40389	800.119.705 -9	CREDIDECOR LTDA	Remache de 4 x 4	\$ 30	\$ 600
7	1	31002	800.119.705 -10	CREDIDECOR LTDA	VARIOS	\$ 15.000	\$ 15.000
8	1	31007	800.119.705 -11	CREDIDECOR LTDA	VARIOS	\$ 25.000	\$ 25.000
9	1	31004	800.119.705 -12	CREDIDECOR LTDA	VARIOS	\$ 4.300	\$ 4.300
10	1	238	6.007.084 -2	UNIONES Y TORNILLOS	PINES	\$ 4.800	\$ 4.800
11	8	109184	800.206.236	TORNITOLIMA LTDA	TUBOS BEE 3/16 x 2	\$ 250	\$ 2.000
12	2	16543	14.213.705-1	RODAMIENTOS DEL TOLIMA	BALINERAS	\$ 6.000	\$ 12.000
13	200	17495	93.404.633-5	BOBINADOS Y ALAMBRES	Alambre N° 20	\$ 35	\$ 7.000
14	1	4952	93.393.193-7	MOTO RUTA	Bobina de Luces DTK	\$ 9.000	\$ 9.000
15	3	1316	28.555.436-1	LUDY MOTOS LA 24	Bobina de Luces DTK	\$ 9.000	\$ 27.000
16	1	360615	809.002.262-7	CLORQUIMICOS	Resina y Iuperox K1-CAT	\$ 9.800	\$ 9.800
17	1	JMC 49840	53053126-1	FERREMETAL	ACERO REDONDO INOXIDABLE 5/8 P1	\$ 14.000	\$ 14.000
18	1	JMC 49475	53053126-1	FERREMETAL	ACERO REDONDO INOXIDABLE 1/2 P9	\$ 9.000	\$ 9.000
19	2	JMC 49504	53053126-1	FERREMETAL	ALUMINIO DE 6"	\$ 45.000	\$ 90.000
20	1	3847	900.421.819-6	DEPOSITO LA 23	Kit de material Aluminio	\$ 3.000	\$ 3.000
21	2	183972	890.700.877-5	EL RODAMIENTO S.A.	BAL. BOLAS SKF 60002 - 2RSH/C3	\$ 10.835	\$ 21.670
22	2	177510	890.700.877-5	EL RODAMIENTO S.A.	BAL. AGUJAS KOY-TOR I HK 1010	\$ 3.914	\$ 7.828
23	112	17851	830.146.252-8	CASA DEL IMAN	IMAN ALTO PODER	\$ 464	\$ 51.968
24	17	21878	830.146.252-8	CASA DEL IMAN	IMAN ALTO PODER	\$ 8.600	\$ 146.200
25	12	22153	830.146.252-8	CASA DEL IMAN	IMAN ALTO PODER	\$ 5.625	\$ 67.500
26	2	22299	800.127.614-0	Inversiones Industriales y Metalurgicas S.A	TR DE ALUMINIO 6" x 30 MM	\$ 51.040	\$ 102.080
27	1			DYNAMO ELECTRONICS S.A	SERVOMOTOR HITECT HS - 645 MG	\$ 132.000	\$ 132.000
TOTAL COMPRA DE MATERIALES						\$ 822.596	
MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE (15% PROYECTO)						\$ 123.389	
TOTAL COSTO PROYECTO						\$ 945.985	

**COMPRA DE MATERIALES PROYECTO DE GENERACION ELECTRICA UNAD 2012
"ECODUCTOS ENERGETICOS"**

MATERIALES CONTROL ELECTRONICO

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	1	PIC16F877A	\$ 12.000	\$ 12.000
2	1	PIC16F84A	\$ 7.000	\$ 7.000
3	1	PIC18F4550	\$ 23.000	\$ 23.000
4	3	Cristal Oscilador de 4, 10 y 20 MHZ	\$ 600	\$ 1.800
5	4	Pulsadores N.O	\$ 300	\$ 1.200
6	6	Transistores NPN	\$ 300	\$ 1.800
7	6	Transistores PNP	\$ 300	\$ 1.800
8	6	Diodos 1N4001	\$ 200	\$ 1.200
9	30	Resistencias de 270Ω, 330Ω, 1.3KΩ, 2.2KΩ, 3.3KΩ	\$ 50	\$ 1.500
10	3	Potenciómetros de 1KΩ, 10KΩ y 100 KΩ	\$ 1.500	\$ 4.500
11	1	Display LCD de 2x16	\$ 27.000	\$ 27.000
12	20	Cable de Conexión (MTS)	\$ 100	\$ 2.000
13	1	Fuente Variable DC o Cargador de Celular	\$ 16.000	\$ 16.000
14	6	Capacitores de 22 pF	\$ 100	\$ 600
15	10	Diodos LED de varios colores	\$ 500	\$ 5.000
16	1	Transporte Y Movilización	\$ 25.000	\$ 25.000
17	1	Velocimetro	\$ 15.000	\$ 15.000
17	20	Bloques de conexión con tornillo	\$ 300	\$ 6.000
TOTAL COSTOS MATERIALES			\$ 152.400	

MATERIALES COMUNICACIÓN Y VISUALIZACIÓN

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	2	2 Conector Hembra D9	\$ 600	\$ 1.200
2	1	1 Conector Macho D9	\$ 900	\$ 900
3	1	Soldadura Estaño	\$ 6.000	\$ 6.000
4	1	Carcasa de conectores D9	\$ 2.000	\$ 2.000
5	1	Caja para tarjeta de control integrada	\$ 35.000	\$ 35.000
6	5	5m de cable de red	\$ 800	\$ 4.000
7	1	Transporte y Movilización	\$ 25.000	\$ 25.000
COSTO TOTAL DE LA FASE			\$ 74.100	

FASES	COSTOS
Teórica	\$75.000
Mecánica	\$945.985
Mecánica	\$440.000
Control Electrónico	\$152.400
Comunicación y Visualización	\$74.100
Costo Total del proyecto	\$1'687.485

Anexo L. El Derecho de Autor en el Campus Universitario.

En 1994, la Dirección Nacional de Derecho de Autor (DNDA), la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), COLCIENCIAS y el ICFES, realizaron un seminario denominado la “ Creación Intelectual en el Ámbito Universitario “. Los planteamientos y conclusiones allí planteadas sirvieron para establecer los principios aplicables en el Campus Universitario. Con base en lo anterior, es claro que los derechos de propiedad intelectual sobre un trabajo de grado, tesis o monografías pertenecen a quien los realiza de manera efectiva y directa, es decir de manera ordinaria al estudiante, pero resaltando de manera especial, como lo haremos más adelante, las situaciones y eventos relativas a los eventuales derechos que podrían surgir a favor de la Institución de educación y del director de trabajo de grado o tesis

DERECHOS DE LOS ESTUDIANTES: Cualquier creación intelectual realizada por iniciativa de un estudiante que no se encuentre vinculado laboral o contractualmente con la Universidad pertenece de manera exclusiva a éste. Por lo tanto los trabajos de tesis, monografías e investigación que realice el estudiante por su propia cuenta no entran al dominio de la Universidad, a menos que sean realizados por éste como parte integrante de un equipo de trabajo conformado por la Universidad, para el desarrollo de un proyecto específico a iniciativa o por interés expreso y cuenta y riesgo de la misma (Obra Colectiva), caso en el cual el estudiante deberá suscribir un documento donde acepte estas condiciones como requisito de su participación en tal proyecto, estableciéndose de antemano que los derechos patrimoniales sobre el trabajo así realizado, pertenecerán a la Universidad, y que por supuesto sus derechos morales permanecerán incólumes.

DERECHOS DE LA UNIVERSIDAD: Las creaciones realizadas por los profesores, investigadores, estudiantes, empleados, personal administrativo y demás personas vinculadas con la Universidad bien sea a través de una relación laboral o de un contrato de prestación de servicios, en cumplimiento del objeto y funciones propias contratadas, (Art. 20, 91 y 92 de Ley 23 de 1982, Art. 10 Dec. Andina 351 de 1993), pertenecerán a la institución, a menos que exista disposición en contrario, donde el autor se reserve alguno o algunos derechos. En tal caso tales creaciones u obras deberán realizarse por cuenta y riesgo de la Institución, bajo su dirección y coordinación, y con la condición de que exista una contraprestación bien sea pecuniaria o en especie a través de estímulos académicos para quienes realizan la obra de manera efectiva. De igual forma son de aplicación los postulados establecidos en el concepto de la Sala de Consulta y Servicio Civil del Consejo de Estado sobre obra futura y hecha por encargo de fecha 23 de octubre de 2003.

Anexo M. Continuidad del Proyecto

Para darle continuidad al proceso de investigación, que se ha llevado hasta el día de hoy, quedara a cargo de los integrantes del Semillero ECIELECTRIC, los cuales tendrán el derecho de seguir desarrollando e implementado, nuevas ideas para el constante mejoramiento del mismo, como es el caso de nuestro compañero Fernando Garay Lozano, el cual siendo miembro activo del grupo de investigación y estudiante del séptimo semestre de Ingeniería Electrónica, el cual ha sido un integrante fundamental de la investigación.