



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA
CARRERA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR
CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA
MAPEAGRE”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Núñez Sandoval Israel Aníbal

Vivanco Torres Walter Stalin

Tutor:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C.

Latacunga-Ecuador

Julio 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Núñez Sandoval Israel Aníbal, Vivanco Torres Walter Stalin declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE**, siendo Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga 18 de Julio de 2019

Núñez Sandoval Israel Aníbal

C.I: 050291318-9

Vivanco Torres Walter Stalin

C.I:172365709-2



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

“DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE”, de NÚÑEZ SANDOVAL ISRAEL ANÍBAL y VIVANCO TORRES WALTER STALIN, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Por lo tanto se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de Julio del 2019

Latacunga 18 de Julio de 2019

Para constancia firmo:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C

C.I: 0502595176

Lector 2

Nombre: Luigi Orlando Ferrite Martínez

C.C: 050252958-9

Lector 3

Nombre: Luis Miguel Navarrete López

C.C: 180574728-4



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: NÚÑEZ SANDOVAL ISRAEL ANÍBAL, VIVANCO TORRES WALTER STALIN con el título de Proyecto de titulación: DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 18 de julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: Cristian Fabián Gallardo Molina
CC: 050284769-2

Lector 2

Nombre: Luigi Orlando Freire Martínez
CC: 050252958-9

Lector 3

Nombre: Luis Miguel Navarrete López
CC: 180374728-4

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Luis Wladimir Fernández Acosta

Gerente General

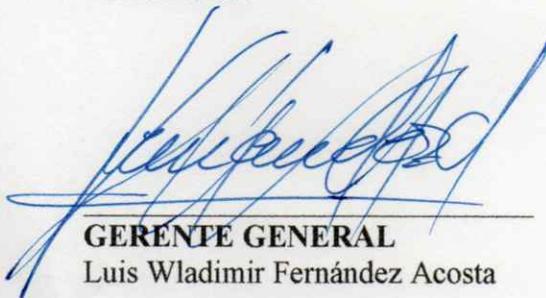
MAPEAGRE CIA. LTDA.

Presente;

En calidad de Gerente General de la Empresa MAPEAGRE CIA. LTDA. Con R.U.C. 1791806883001, la cual es una empresa que se dedica al alquiler de maquinaria pesada y agregados, confirmo mediante este documento que los estudiantes **NUÑEZ SANDOVAL ISRAEL ANIBAL** con C.I. 050291318-9 y **VIVANCO TORRES WALTER STALIN** con C.I. 172365709-2, elaboraron el “**DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE**”, con la misma aspiran a la culminación de su Tesis de Grado y posterior obtención del Título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad Técnica de Cotopaxi; este estudio y diseño estuvo bajo mi dirección y supervisión para validar el funcionamiento del regulador de velocidad.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente documento para uso que los beneficiarios crean conveniente.

Atentamente:



GERENTE GENERAL

Luis Wladimir Fernández Acosta

C.I. 170724911-4



AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la sabiduría y el temple necesario para llevar con éxito mis estudios universitarios y este proyecto de investigación.

así también agradezco a mis padres Dominga Torres y Walter Vivanco Suarez y hermanos quienes me mostraron su apoyo incondicionalmente, en especial a mi hija quien fue mi inspiración para poder llegar hasta esta instancia de mi vida.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A la universidad técnica de Cotopaxi quien me brindó la oportunidad de alcanzar este objetivo de mi vida y a sus docentes quienes han sido guía, amigos y orientadores en mi formación personal.

Walter Vivanco

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Le doy gracias a mis padres María Sandoval y Anibal Nuñez por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por su excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome en todo momento y por el apoyo moral, que me han brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Israel Núñez

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación personal

A mis padres Dominga Torres y Walter Vivanco Suarez por haberme educado con principios y valores que han fortalecido mi vida, en especial por el apoyo brindado en los momentos difíciles en este proceso.

En especial a mi hija Anahi Vivanco, quien fue mi inspiración para lograr alcanzar esta meta.

Walter Vivanco

DEDICATORIA

A mis padres María Sandoval y Sergio Nuñez quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Enrique, Leonardo, Rafael por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Israel Nuñez

INDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2. Tipo de alcance.....	2
2.3. Área del conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
2.5.1. Objeto de estudio.....	2
2.5.2. Campo de acción.....	2
2.6. Situación problemática y problema.....	3
2.6.1. Situación problemática.....	3
2.6.2. Problema	3
2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica.....	3
2.8. Objetivos	3
2.8.1. Objetivo general	3
2.8.2. Objetivos específicos	4
2.9 Tarea por Objetivos.....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 Introducción	6
3.3 Sistema de Generación	7
3.3 Funcionamiento de un generador a diésel	8
3.5 Planta Eléctrica.....	9
3.5.1 Componentes de un grupo electrógeno	9
3.6 Control de la velocidad.....	14
3.7 Características del Motor – Generador CATERPILLAR Modelo 3306	16
3.8 Límites de Operación de un Grupo electrógeno	17
3.9 Tipos de Reguladores de Velocidad.....	18
3.9.1 Bomba de Inyección en Línea o Bomba Lineal	18
3.9.2 Tarjeta Electrónica WOODWARD	19
3.8.1 Funcionamiento del actuador.....	22
3.8.2 Comportamiento del actuador	23
4. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD	24

4.1	Diseño experimental.....	24
4.1.1	Matriz de causa y efecto.....	24
4.1.2	Matriz de relación de variables.....	25
4.2.	Metodología Para el cálculo de la Carga de la Cantera	25
	Consumo de Combustible por etapa con el mando Automático.....	31
4.3	Diseño de esquemas.....	32
4.3.1	Esquema y funcionamiento del sensor de frecuencia.....	32
4.3.2	Esquemas y funcionamiento del transformador de voltaje	34
4.3.3	Esquema y funcionamiento del medidor de corriente	35
4.3.4	Esquema y funcionamiento de la alimentación de los compenres electrónicos.	36
4.3.4	Esquema y funcionamiento del microcontrolador ATMEGA 164 P	36
4.4	Diseño de placa	42
5.	Análisis de resultados	43
5.1	Potencia útil del generador	43
5.2	Demanda	44
5.3	Tiempo y temperatura para alcanzar la frecuencia de Set-Point de inicio de trabajo.....	45
5.4	Determinación de los ángulos de trabajo del servomotor	46
5.5	Posición del servomotor en relación a la carga instalada.....	47
5.6	Consumo de Combustible por etapa con el mando manual.....	48
5.7	Consumo de Combustible por etapa con el mando automático	49
5.7	Análisis del consumo y costo de combustible mensual por parte del grupo electrógeno.....	51
6.	PRESUPUESTO	52
6.2	Análisis de presupuesto TIR VAN.....	54
7.1	Conclusiones	56
7.2	Recomendaciones	56
8.	BIBLIOGRAFÍA	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Descripción de un grupo electrógeno	6
Figura 3.2. Grupo electrógeno.....	8
Figura 3.3. Componentes de un grupo electrógeno	9
Figura 3.4. Motores de combustión interna	10
Figura 3.5 Motor de combustión interna.....	10
Figura 3.6. Funcionamiento básico del motor de combustión interna.	11
Figura 3.7. Componentes de un grupo electrógeno	12
Figura 3.8. Tipos de sistemas de control.....	13
Figura 3.9. Diagrama esquemático indicando la relación Generador-Gobernador-Turbina	14
Figura 3.10. Descripción de gobernador de potencia eléctrica (EPG).....	15
Figura 3.11. Generador CATERPILLAR 3306.....	16
Figura 3.12. Ejemplo de curva de capacidad	18
Figura 3.13. Bomba Lineal.....	19
Figura 3.14. Regulador de Velocidad digital WOODWARD	19
Figura 3.15. Componentes del actuador	21
Figura 3.16. Funcionamiento del actuador.	22
Figura 3.17. Comportamiento del actuador	23
Figura 4.1. Placa de datos del motor instalado	26
Figura 4.2. Motor instalado en la etapa de transporte del material.	26
Figura 4.3. Motor instalado en la etapa de clasificación de arena, ripio y materiales medios.	27
Figura 4.4 Motor de 5 hp utilizada en la banda transportadora para chispa.....	27
Figura 4.5. Motor utilizado en la trituración de 40 HP.....	28
Figura 4.6. Motor de 5 hp utilizado en la etapa de vibración de zaranda.....	29
Figura 4.7. Esquema de funcionamiento de la placa de control.....	32
Figura 4.8. Circuito del sensor de frecuencia mecánica.....	33
Figura 4.9. Circuito del sensor de frecuencia.....	33
Figura 4.10. Simulación del sensor de frecuencia.....	33
Figura 4.11. Esquema del transformador de voltaje AC-ZMPT101B.....	34
Figura 4.12. (a) Esquema del medidor de corriente y (b) Transformador de corriente CASMCO CFS-33 60/5 A.....	35
Figura 4.13. (a) Esquema de alimentación del microcontrolador, (b) esquema de funcionamiento del servomotor, (c) funcionamiento del sistema de alimentación	36

Figura 4.14. Esquema de conexión del microcontrolador ATMEGA 164P	37
Figura 4.15. Programación para la lectura del voltaje	37
Figura 4.16. Diagrama de flujo del medidor de voltaje	38
Figura 4.17. Programación para la lectura de corriente.....	39
Figura 4.18. Diagrama de flujo del medidor de corriente	39
Figura 4.19. Programación para la lectura de frecuencia y control de velocidad	40
Figura 4.20. Diagrama de flujo del control de la velocidad	41
Figura 4.21. Curva de Capacidad.....	42
Figura 4.22. Diseño de la placa a doble capa. a) Placa superior, b) Placa inferior	42
Figura 4.23. Placa construida.	43
Figura 5.1. Demanda de la Cantera por Etapas.	44
Figura 5.2. Tiempo para alcanzar la frecuencia de 60Hz.	45
Figura 5.3. Movimiento del servomotor en función de la demanda.....	47
Figura 5.4. Consumo de combustible con mando manual.	49
Figura 5.5. Consumo de combustible con mando automático.	50
Figura 5.6. Consumo de combustible mensual 1) Mando manual; 2) Mando Automático.	51
Figura 5.7. Costo de combustible mensual 1) Mando manual; 2) Mando Automático....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características del Generador.....	16
Tabla 4.1. Demanda de carga primera etapa	25
Tabla 4.2. Demanda de carga segunda etapa	26
Tabla 4.3. Demanda de la carga tercera etapa.....	26
Tabla 4.4. Demanda de carga cuarta etapa	27
Tabla 4.5. Demanda de carga quinta etapa	27
Tabla 4.6 Demanda de carga sexta etapa	28
Tabla 4.7 Demanda de la carga séptima etapa	28
Tabla 4.8 Demanda de la carga octava etapa.....	28
Tabla 4.9. Demanda de la carga novena etapa.....	29
Tabla 5.1 Demanda de la cantera.....	44
Tabla 5.2 Tiempo Y Temperatura Para Alcanzar La Frecuencia De Set-Point De Inicio De Trabajo.....	45
Tabla 5.3 Determinación de los Ángulos de Trabajo con el Servomotor	46
Tabla 5.4 posición del servomotor en relación a la demanda	47
Tabla 5.5 Consumo de combustible con mando manual.....	48
Tabla 5.6 Consto mensual de combustible con mando manual.....	49
Tabla 5.7 Consumo de combustible con mando automático	50
Tabla 5.8 Costo mensual de combustible con mando automático.....	51
Tabla 6.1. Flujo de Ingresos.....	54
Tabla 6.2. Flujo de Egresos.....	55
Tabla 6.3. Flujo de Efectivo Neto	55
Tabla 6.4. Datos para el Análisis TIR – VAN	55
Tabla 6.5. TIR Y VAN.....	56

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: "DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE"

Autor/es:

**Núñez Sandoval Israel Aníbal,
Vivanco Torres Walter Stalin**

RESUMEN

Se realizó un sistema aislado para el control de la velocidad en la cantera "San Joaquín 2", en donde se observó un grupo electrógeno de tipo CAT 3306 de 210 KW, el cual tenía un sistema de regulación de velocidad automático, comprendido por dos partes esenciales para su funcionamiento; un sistema de control que se conforma de transductores que envían señales a una tarjeta electrónica en la que se procesan las señales y se envía una nueva señal a la segunda parte del sistema de regulación de velocidad que está conformada por un actuador, el cual es el encargado de acelerar o desacelerar al grupo electrógeno en base a la demanda que sea solicitada.

En el transcurso del desarrollado proyecto se investigó acerca de los procesos y señales que intervienen en un proceso de control en un grupo electrógeno y su respectivo funcionamiento, por lo que se dio a conocer varias alternativas para lograr cumplir con nuestros objetivos planteados, y así poder seleccionar la mejor alternativa, por lo que se tomó la decisión de realizar un sistema aislado para el control de velocidad del grupo electrógeno CAT 3306 de 210 KW, utilizando un microcontrolador y con el apoyo de un transductor inductivo, el cual será el encargado de receptar una señal emitida por la rueda del volante del grupo electrógeno, y mediante el microcontrolador enviar otra señal a la parte mecánica comprendida por un servomotor para acelerar o desacelerar dependiendo de la demanda existente en la cantera. Al mismo tiempo el sistema aislado recepta señales mediante la utilización sensores de corriente y voltaje respectivamente, y con el microcontrolador se envían datos a una pantalla y así visualizar la lectura de las cargas y el voltaje.

Con el sistema aislado del control de la velocidad se obtuvo una mejoría en el rendimiento del grupo electrógeno y al mismo tiempo se observamos una reducción en el consumo del diésel cumpliendo así con los objetivos planteamos al principio del desarrollo del tema de Titulación.

Palabras clave: Grupo electrógeno, control, sistema aislado, señal.

Technical University of Cotopaxi

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: “DESIGN OF THE SPEED REGULATOR FOR A CATERPILLAR GENERATOR IN THE QUARRY “SAN JOAQUÍN 2” OF THE MAPEAGRE COMPANY”

Authors:

Núñez Sandoval Israel Aníbal
Vivanco Torres Walter Stalin

ABSTRACT

An isolated system was realized to control the speed in the quarry “San Joaquín 2”, where a 210 KW CAT 3306 generator set was observed, which had an automatic speed regulation system, composed in two essential parts for its functioning; a control system made up of transducers which send signals to an electronic card in which the signals are processed and a new signal is sent to the second part of the speed regulation system that is formed by an actuator, which is responsible for accelerating or decelerating the generator set based on the demand that is requested.

In the course of the developed project, it was investigated about the processes and signals that intervene in a control process in a generator set and its respective operation, so several alternatives were announced to achieve our objectives, and thus be able to select the best alternative, so the decision was made to make an isolated system for the speed control of the 210 KW CAT 3306 generator set, using a microcontroller and with the support of an inductive transducer, which will be responsible for receiving a signal issued by the steering wheel of the generator set, and through the microcontroller send another signal to the mechanical part comprised by a servomotor to accelerate or decelerate according to the existing demand in the quarry. At the same time, the isolated system receives signals with current and voltage sensors respectively, and with the microcontroller, data is sent on a screen and so visualize the reading of charges and voltage.

With the speed control system, an improvement in the performance of the generator set is obtained and at the same time a reduction in the consumption of the diesel is observed, thus fulfilling the objectives set at the beginning of the development of the Title Issue.

Keywords: Generator set, control, isolated system, signal.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, NÚÑEZ SANDOVAL ISRAEL ANIBAL Y VIVANCO TORRES WALTER STALIN** cuyo título versa **“DISEÑO DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD PARA UN GENERADOR CATERPILLAR EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2 DE LA EMPRESA MAPEAGRE”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,


Mg. Emma Jackeline Herrera
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502277031



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por:

Núñez Sandoval Israel Aníbal y Vivanco Torres Walter Stalin

Tema aprobado:

“Diseño de un regulador de velocidad para un generador CATERPILLAR en la cantera San Joaquín 2 de la empresa MAPEAGRE”.

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director de la propuesta tecnológica:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C.

Equipo de trabajo:

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso PH.D, Ing. Edwin Homero Moreano Martínez Ms.C e

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C.

Lugar de ejecución:

Sierra, Cotopaxi, Latacunga

Tiempo de duración de la propuesta:

1 año

Fecha de entrega:

25 de Julio del 2019

Línea de investigación:

Procesos industriales

Sub línea de investigación:

Automatización, Control y Protecciones de Sistemas Electromecánicos

Tipo de propuesta tecnológica:

Diseño de un regulador de velocidad para un generador CATERPILLAR.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

“Diseño de un regulador de velocidad para un generador CATERPILLAR en la cantera San Joaquín 2 de la empresa MAPEAGRE”.

2.2. Tipo de alcance

Multipropósito: mejorar la eficiencia y reducir el consumo de diésel del generador

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, industria y construcción.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

En el proceso de generación de energía eléctrica a través de un grupo electrógeno existe un factor muy importante a considerar como lo es el consumo de combustible; para lo cual se propone la instalación de un sistema aislado para el control de la velocidad del grupo electrógeno CAT 3306 con una capacidad de 210 kW. Con el diseño de un sistema de control de la velocidad se pretende controlar la frecuencia mecánica – frecuencia eléctrica y de esta manera mantener la velocidad del grupo electrógeno dentro de valores aceptables en función de la demanda de la cantera San Joaquín 2 y así conseguir reducir el consumo excesivo de combustible por parte del grupo electrógeno CAT 3306 perteneciente a la empresa MAPEAGRE.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Variación de la generación eléctrica con respecto a la demanda

2.5.2. Campo de acción

Control de la velocidad en función de la variación de la potencia activa

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

En la empresa MAPEAGRE de la provincia de Cotopaxi existe un grupo electrógeno CAT 3306 de una capacidad de 210 kW, el cual es usado en la cantera San Joaquín 2 para la alimentación de los motores utilizados por la empresa; el grupo electrógeno se encuentra accionado a su máxima capacidad de generación sin considerar si se encuentra con una mínima demanda, esto se debe al fallo de su sistema automático de regulación de velocidad el cual era el encargado de aumentar o disminuir la velocidad del grupo electrógeno dependiendo de la demanda que se tenga.

Con el sistema automático de regulación de velocidad averiado por falta de mantenimiento la empresa opto por el control manual de la velocidad sin considerar la variación de la demanda y se colocó la aceleración a su máxima capacidad, lo cual causa inconvenientes en el funcionamiento correcto del generador acortando su tiempo útil y aumentando el consumo de combustible ya que el grupo electrógeno se encuentra siempre a su máxima capacidad de generación.

2.6.2. Problema

Excesivo consumo de combustible en el proceso de generación eléctrica de la cantera “San Joaquín 2” debido al control manual de velocidad del grupo electrógeno.

2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica

Con el diseño del regulador de velocidad automático permitirá disminuir el consumo de combustible en la cantara “San Joaquín 2”.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo general

Diseñar un regulador digital de velocidad, con la utilización de un microcontrolador en la parte de control y un servo motor en la parte mecánica, para disminuir el consumo de

combustible en un Generador CAT 3306 de 210 KW en la cantera “San Joaquín 2” de la empresa MAPEAGRE.

2.8.2 Objetivos específicos

- Investigar los grupos electrógenos analizando el funcionamiento de sus partes eléctricas, electrónicas y mecánicas que intervienen en el proceso de regulación automático de velocidad.
- Diseñar una tarjeta de control de velocidad, para receptar las señales emitidas por el grupo electrógeno y controlar el movimiento de un actuador variando la velocidad del grupo electrógeno dependiendo la demanda de la cantera “San Joaquín 2”.
- Realizar pruebas de funcionamiento, para la calibración y determinación de los límites de funcionamiento del grupo electrógeno.
- Comparar el consumo de combustible ente el control manual y el control automático de velocidad.

2.9 Tarea por Objetivos

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	METODOLOGÍA
Investigar los grupos electrógenos analizando el funcionamiento de sus partes eléctricas, electrónicas y mecánicas que intervienen en el proceso de regulación automáticos de velocidad.	Analizar el funcionamiento del grupo electrógeno y sus partes eléctricas, electrónicas y mecánicas mediante catálogos dados por el fabricante	Obtener un diagrama de bloques del proceso de regulación de velocidad del grupo electrógeno. Determinar los tipos de reguladores automáticos de velocidad que se	Investigación Bibliográfica Investigación de Campo

		pueden utilizar.	
Diseñar una tarjeta de control de velocidad, para receptar las señales emitidas por el grupo electrógeno y controlar el movimiento de un actuador variando la velocidad del grupo electrógeno dependiendo la demanda de la cantera “San Joaquín 2”.	Identificar el tipo de señales de entrada y salida que se requieren para el control de la velocidad.	Obtener los parámetros que se van a ingresar al microcontrolador para el control de la velocidad	Método Experimental Investigación de Campo
Realizar pruebas de funcionamiento, para la calibración y determinación de los límites de funcionamiento del grupo electrógeno.	Implementar el sistema en el grupo electrógeno e inyectar carga para variar la posición del actuador	Verificar el control de la frecuencia y la posición del actuador o servomotor	Investigación Experimental Investigación de Campo
Comparar el consumo de combustible ente el control manual y el control automático de velocidad.	Comparar el consumo de combustible con la implementación del sistema automático de velocidad y el sistema manual	Obtención de datos del consumo de combustible expresado en porcentaje.	Investigación Experimental Investigación de Campo

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Introducción

En este capítulo se obtiene información con respecto al sistema de generación y la regulación de la velocidad existente en el generador de la Empresa; el control de la velocidad en los motores de combustión interna es de importancia en la economización de combustible.

3.2 Grupos electrógenos



Figura 3.1. Descripción de un grupo electrógeno

Fuente: [1]

En la figura 3.1 observamos los grupos electrógenos, los cuales están destinados a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveedor de energía de reserva, suplementaria o de emergencia, para diversas instalaciones de servicios auxiliares (esenciales y no esenciales), alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de reserva), bancos, estadios deportivos, plantas industriales, hospitales, etc., como así también en viviendas rurales aisladas de la red pública de suministro eléctrico. [1]

Estas instalaciones presentan una diversidad de exigencias en cuanto a la escala de las potencias involucradas, a la curva de carga, al retardo admisible en la incorporación del suministro, a la duración del mismo y a su confiabilidad; dando lugar a una gran cantidad de modelos que combinan múltiples tecnologías. [1]

En la red eléctrica, los Grupos Electrógenos han sido utilizados, por lo general, para compensar las interrupciones de las redes de distribución, donde la falta de esta puede causar daños importantes o donde la red eléctrica no está disponible, es insuficiente o no es rentable (lugares muy apartados o de difícil acceso donde llevar la electricidad de forma tradicional no es económico por las grandes distancias). [2]

Los Grupos Electrógenos se han convertido en elementos de extrema necesidad y seguridad en las grandes empresas, industrias entre otras.

Según la norma ISO 8528-1 los Grupos Electrógenos pueden presentar 4 modos de operación que a continuación se los conocerá.

- a. **Operación continua a carga constante:** El funcionamiento continuo a carga constante se define como la operación de un grupo electrógeno sin límite de tiempo, teniendo en cuenta el periodo de mantenimiento, donde la carga eléctrica es constante.
- b. **Operación continua a carga variable:** El funcionamiento continuo a carga variable se define como la operación de un grupo de electrógeno sin límite de tiempo, teniendo en cuenta el periodo de mantenimiento, donde la carga eléctrica es variable.
- c. **Operación por tiempo limitado a carga constante:** La operación de tiempo limitado a carga constante se define como la operación de un grupo electrógeno dentro de los límites de tiempo donde la carga eléctrica es constante.
- d. **Operación por tiempo limitado a carga variable:** La operación de tiempo limitado con carga variable se define como la operación de un grupo de electrógeno dentro de límites de tiempo establecidos donde la carga eléctrica es variable.

3.3 Sistema de Generación

En el sistema de generación de los grupos electrógenos utiliza el motor de combustión interna y este, “es el dispositivo encargado de proveer de energía mecánica al alternador y los más usados generalmente son las turbinas de gas y los motores de combustión interna (ciclo Otto o diésel).” [1]

Sistema de generación por combustión interna

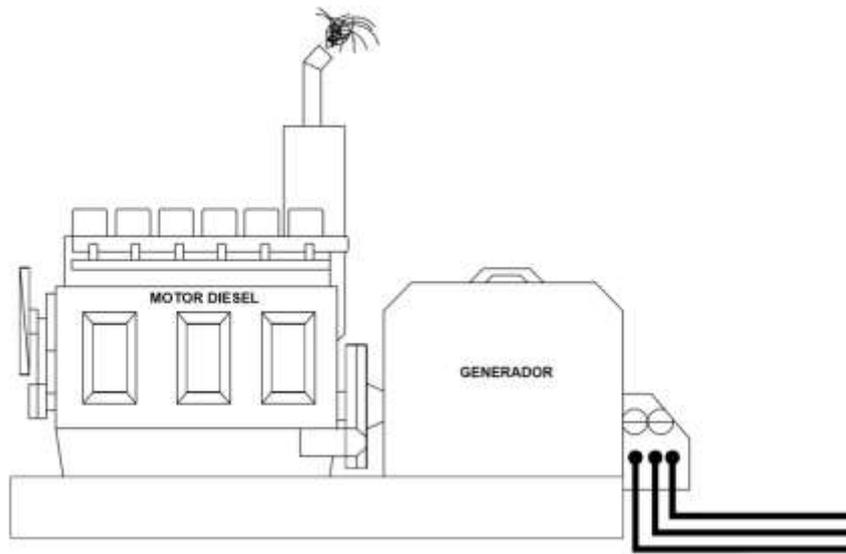


Figura 3.2. Grupo electrógeno

Fuente: [3]

En la figura 3.2 se observa un grupo electrógeno el cual se utiliza para generar energía eléctrica, el generador a diésel, es un equipo cuya utilización está indicada para aplicaciones que requieran mayor potencia y para un funcionamiento continuo. Estos equipos convierten el combustible en energía eléctrica, a través de la combustión del diésel. Este tipo de combustible, en comparación con otros como la gasolina, por ejemplo, se quema a una temperatura más alta, por lo tanto, más eficiente y garantiza mayor potencia para el generador. Los generadores diésel requieren un mantenimiento regular para que funcionen correctamente [4].

3.3 Funcionamiento de un generador a diésel

- Primero, el aire es impulsado hacia el interior del generador hasta que sea comprimido.
- Posteriormente, se inyecta el diésel.
- La combinación de estos dos procesos, la compresión del aire y, posteriormente, la inyección del combustible contribuirá a generar el calor (intenso) que desencadena la inflamación del combustible. De esta forma, entra en combustión y hace que el generador entre en funcionamiento.

- Así, el generador comienza a producir la energía eléctrica necesaria para ser distribuida en función de las necesidades de los equipos conectados a este o del local / espacio que va a abastecer.

3.5 Planta Eléctrica

Es un grupo Motor-Generador que transforma la energía térmica de un combustible a energía mecánica y esta a su vez mediante inducción electromagnética en un generador se transforma a energía eléctrica [5].

3.5.1 Componentes de un grupo electrógeno

Los componentes que están implementados en el grupo electrógeno según la norma ISO 8528-1 se describirán a continuación y se observa en la figura 3.3.



Figura 3.3. Componentes de un grupo electrógeno

Fuente: [6]

- a) Motor
- b) Alternador
- c) Cuadro eléctrico de mando y control

- d) Sistema de combustible y bancada
- e) Un sistema de gases de escape y silenciador
- f) Sistema de refrigeración

Motores de combustión interna

Un motor de combustión interna. Es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma. [7] El motor de combustión interna será el encargado de dar movimiento al alternador y mediante el electromagnetismo se generara energía eléctrica, existen diferentes clases de motores de combustión interna como se explica en la figura 3.4.

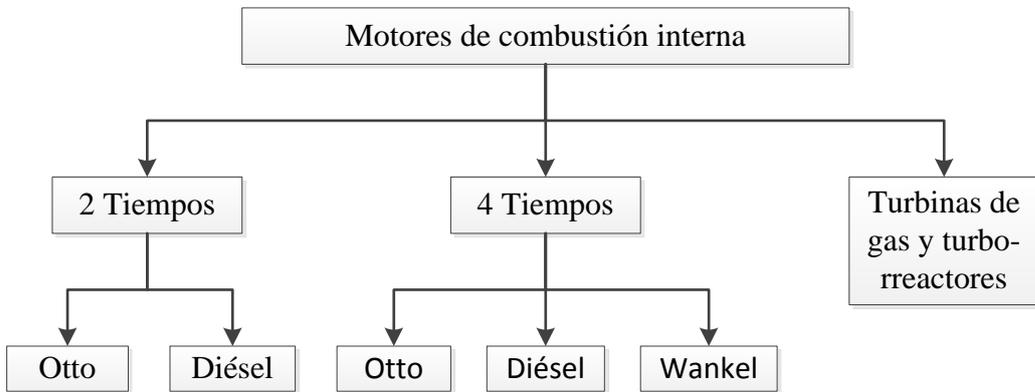


Figura 3.4. Motores de combustión interna

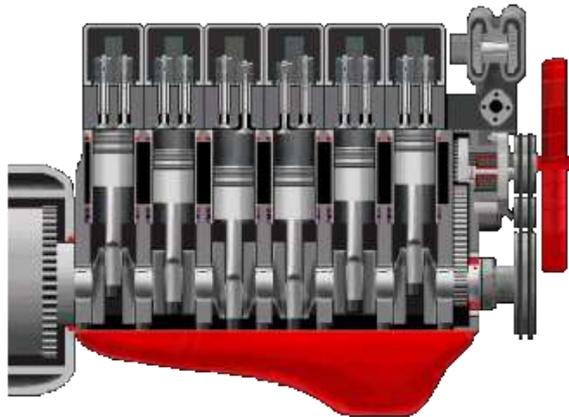


Figura 3.5 Motor de combustión interna.

Fuente: [8]

Hay que tener en cuenta que los motores de combustión interna son utilizados en las centrales de generación y también las centrales de combustión interna, “utilizan generalmente diésel como combustible pero hay casos donde se emplean una mezcla de combustóleo y diésel”. [3] En la figura 3.5 se observa un motor de combustión interna a diésel.

Principios termodinámicos [9]

Estos motores trabajan bajo los principios termodinámicos, con la finalidad de realizar el trabajo con una mayor eficiencia. En el caso de los motores de combustión interna, el trabajo a realizar se consigue gracias a una explosión, esa explosión se consigue gracias a la energía interna del combustible que se enciende.

Todo combustible tiene una energía interna que puede ser transformada en trabajo, entonces, en los motores de combustión interna, la energía utilizada para que el motor realice un trabajo es la energía interna del combustible. Esta energía interna se manifiesta con un aumento de la presión y de la temperatura (explosión), que es lo que realizará un trabajo.

Supongamos que tenemos un cilindro dentro del cual hay un combustible mezclado con aire repartido por todo su volumen, en el momento que lo calentamos, hacemos reaccionar dicho combustible con el oxígeno del aire y, por tanto, aumenta la presión y la temperatura del gas, expandiéndose y presionando al pistón con una fuerza F y desplazándolo hacia abajo.

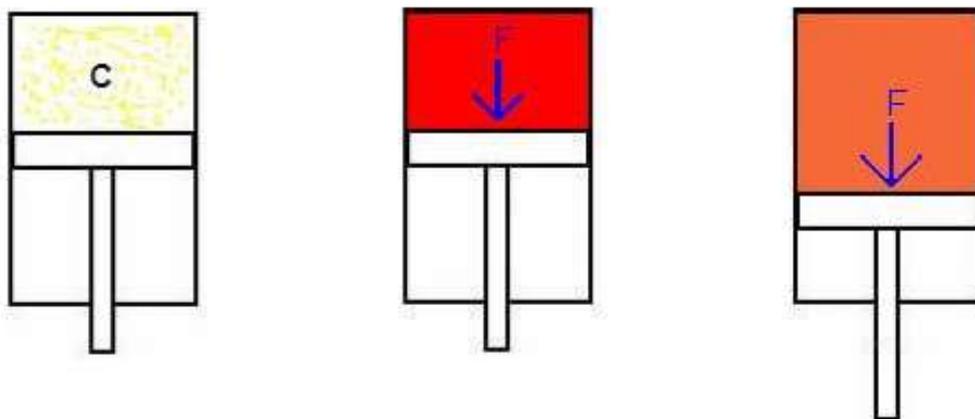


Figura 3.6. Funcionamiento básico del motor de combustión interna.

Fuente: [9]

En la figura 3.6 se demuestra que, “Esa fuerza F hace desplazar al pistón una distancia, por lo tanto tendríamos un trabajo realizado. Este sería el funcionamiento básico de un motor de combustión interna, donde un combustible reacciona dentro de un cilindro y hace desplazar un pistón para realizar un trabajo.” [9]

Componentes de un grupo electrógeno

En la figura 3.7 se observa las partes de las cuales están compuestos un grupo electrógeno que se describirán a continuación.



Figura 3.7. Componentes de un grupo electrógeno

Fuente: [10]

Alternador

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, auto excitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores. [10]

Sistema de control

El sistema de control del generador o grupo electrógeno se define en la norma ISO 8528-1 teniendo tres tipos de controles generales, los cuales se describen en la figura 3.8.

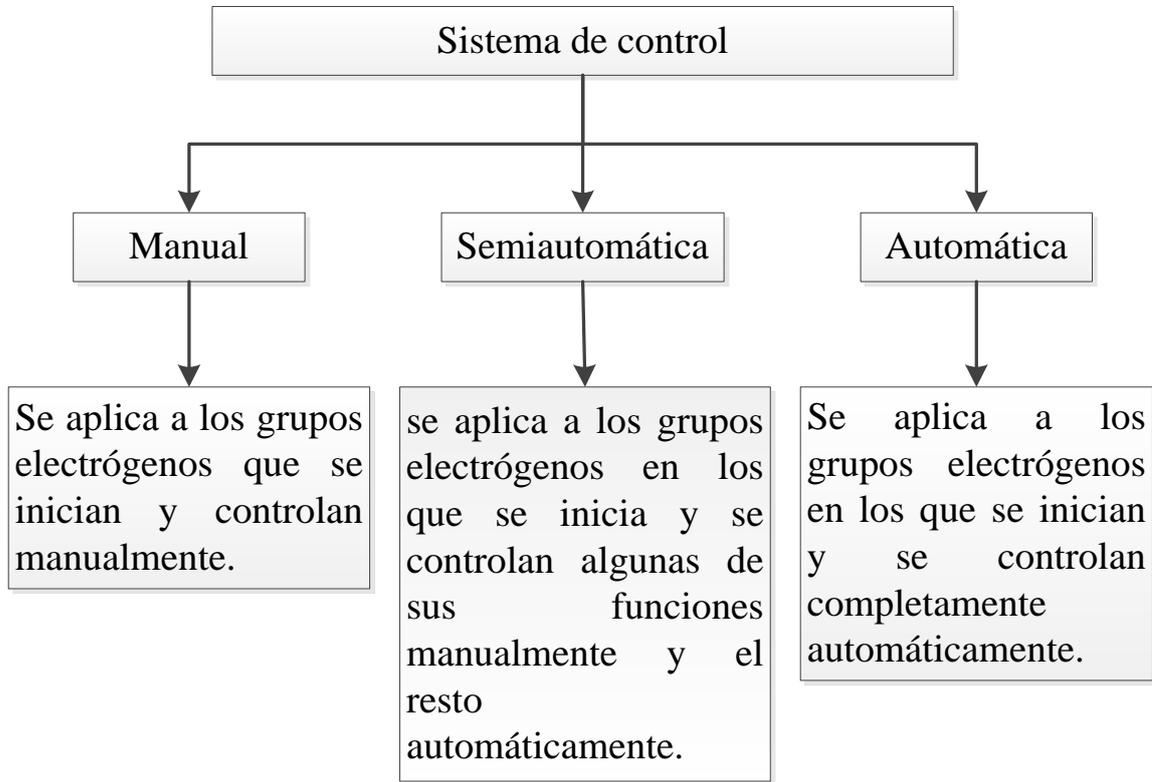


Figura 3.8. Tipos de sistemas de control.

Fuente: [10]

Tener en cuenta también la instalación de estos tipos de controladores para “controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.” [10]

Sistema de combustible y bancada

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga. [10]

Sistema de escape y silenciador

El silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrógeno El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor. [10]

Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes. [10]

3.6 Control de la velocidad

El gobernador es un sistema de control asociado a la unidad generadora que permite mantener constante la velocidad de la máquina. [11] Mediante la siguiente figura se muestra el diagrama esquemático de la relación del generador con el control de velocidad.

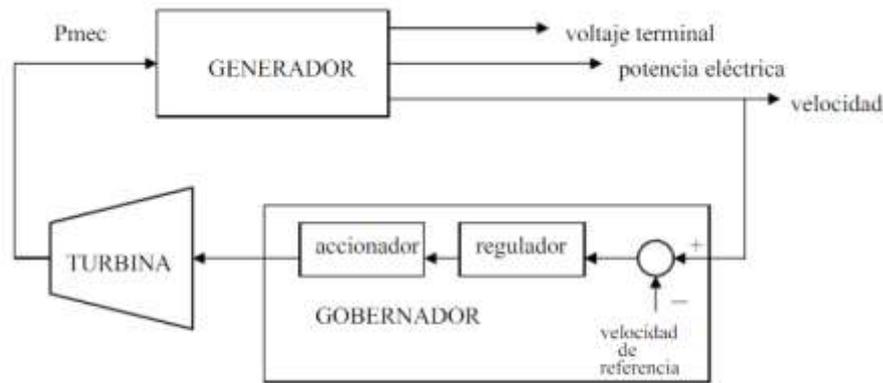


Figura 3.9. Diagrama esquemático indicando la relación Generador-Gobernador-Turbina

Fuente: [11]

En la figura 3.9 se observa que el gobernador recibe como entrada la señal de velocidad de la máquina y la compara con la velocidad de referencia, si estas son iguales la señal de error cero indicativo que el gobernador no debe originar cambios en las condiciones de operación, dado que la máquina está en la velocidad deseada”. [11] Caso contrario al “ser diferentes estas señales se generara un error, la misma será captada por el regulador que ejercerá la función de

control ordenando al actuador el cual va a abrir o cerrar la paleta o válvula ya sea de una turbina hidráulica o térmica respectivamente. Mediante esta acción se permitirá en la turbina aumentar o disminuir la potencia mecánica de la unidad para corregir la desviación de velocidad.

Descripción de un EPG (Gobernador de Potencia Eléctrica) [12]

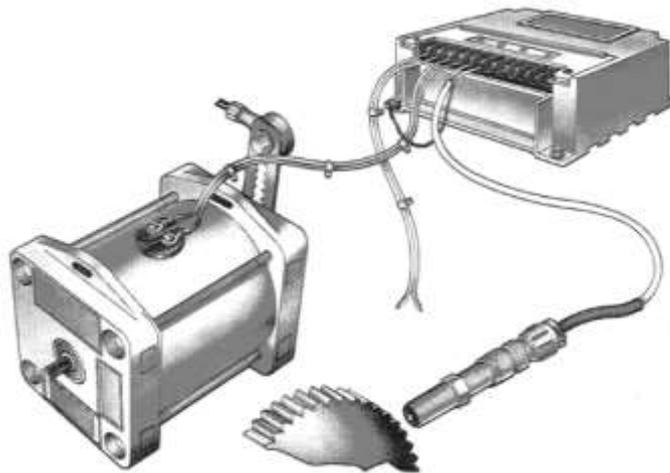


Figura 3.10. Descripción de gobernador de potencia eléctrica (EPG)

Fuente: [12]

En la figura 3.10 describimos el EPG (Gobernador de Potencia Eléctrica), se usa para controlar la velocidad de los motores diésel y gasolina. Puede también controlar la velocidad de las turbinas de gas. La instalación de actuadores EPG es simple porque no requieren accionamiento mecánico ni hidráulico.

La EPG maneja motores primarios con cargas mecánicas y cargas de generador, sin embargo, requieren un conmutador acoplado, transformadores de corriente y potencial, y el WOODWARD Sensor de carga del generador.

Un EPG es un sistema de tres componentes, que requiere un arranque magnético, velocidad control y actuador.

3.7 Características del Motor – Generador CATERPILLAR Modelo 3306

El motor – Generador CATERPILLAR modelo 3306 está conformado por varias características las cuales nos ofrecen la seguridad de que el generador funcione de forma segura, para este caso se dará a conocer las características más esenciales que debemos conocer del generador el cual se observa en la figura 3.11 que se verá a continuación.

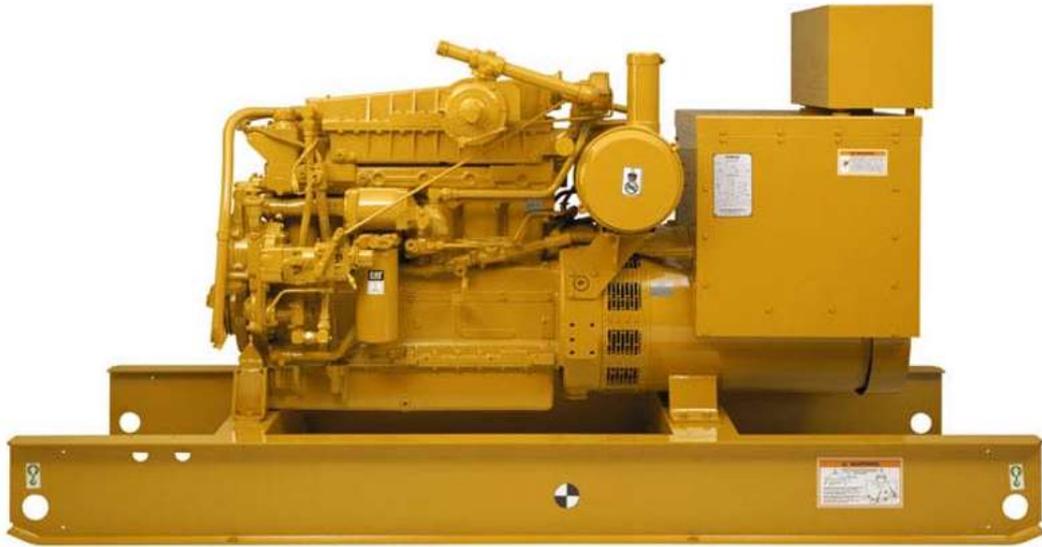


Figura 3.11. Generador CATERPILLAR 3306

Fuente: [13]

Tabla 3.1 Características del Generador

Generador Caterpillar 3306	
Tipo	Característica
Sistema de combustible	<ul style="list-style-type: none">• Regulador de presión de gas• Rampa de gas. Suministro suelto.• Conexión flexible para entrada de gas a motor
Sistema de arranque	<ul style="list-style-type: none">• Motor de arranque de 24 Vcc.• Juego de baterías de arranque con soporte y cables.• Resistencia de caldeo de agua de

	camisas.
Sistema de control	<ul style="list-style-type: none"> • Actuador EG3P • Regulador de velocidad electrónico 2301 A • Cuadro de control, medida y sincronismo sin incluir fuerza para servicio en cogeneración acoplado con Red (ver especificación adjunta) • Interruptor automático tetra polar de 200 A ejecución fija para grupo marca Merlin Gerin o similar, con bobinas de mínima y bobina de disparo y bloque de contactos auxiliares. Montado sobre motor.
Generador	<ul style="list-style-type: none"> • Caterpillar auto excitado, 400 V • Regulador digital de voltaje VR6 • Aislamiento clase F

Fuente: [13]

Mediante la tabla 3.1 observamos las características del CAT 3306 dadas por el fabricante mediante la ayuda del catálogo, estas características son importantes para tener conocimiento de la composición del generador y así estudiar el funcionamiento.

3.8 Límites de Operación de un Grupo eléctrico

La operación de un generador síncrono es limitada principalmente por el calentamiento de los devanados estatórico y rotórico, el sobrecalentamiento de estos devanados repercute en la vida útil de la máquina, se dice que por cada 10°C que se excede la temperatura nominal del devanado, el tiempo promedio de la máquina se acorta a la mitad. Por esta razón, una máquina síncrona no puede ser sobrecargada a menos que sea absolutamente necesario.

Otras limitaciones para la operación del generador es la estabilidad estática de la máquina dada por el ángulo de torque máximo, la excitación mínima permisible y la potencia máxima entregada por la máquina motriz [14]. En la figura 3.11 se observa las partes con las cuales se forma la curva de capacidad.

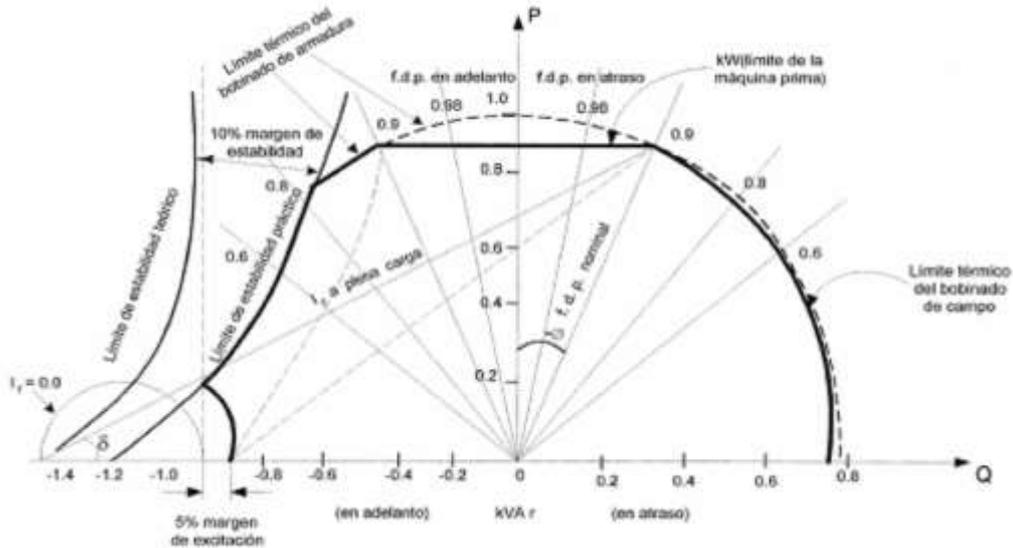


Figura 3.12. Ejemplo de curva de capacidad

Fuente: [14]

3.9 Tipos de Reguladores de Velocidad

El regulador de velocidad tiene por misión regular la velocidad máxima y mínima (principalmente) que el motor puede alcanzar cuando decrece su par resistente o cuando trabaja en vacío [15].

3.9.1 Bomba de Inyección en Línea o Bomba Lineal

Este tipo de bomba lineal es de constitución muy robusta y de una fiabilidad mecánica contrastada, sus inconvenientes es su tamaño, peso y que están limitadas a un número de revoluciones que las hacen aptas para vehículos pesados como se muestra en la figura 3.13.

Es un regulador mecánico de velocidad por medio de la fuerza centrífuga. Los reguladores mecánicos, basan su funcionamiento en los efectos de la fuerza centrífuga. En ellos se disponen unas masas acopladas al árbol de levas de la bomba de inyección, de

manera que se desplacen, separándose, cuando la velocidad de rotación del árbol de levas de la bomba aumenta. Este movimiento es transmitido por un sistema de palancas a la barra de cremallera para modificar el caudal inyectado, disminuyéndolo en la proporción necesaria. Si la velocidad de rotación disminuye, las masas se juntan desplazando la barra cremallera en sentido contrario, aumentando así el caudal inyectado [15].

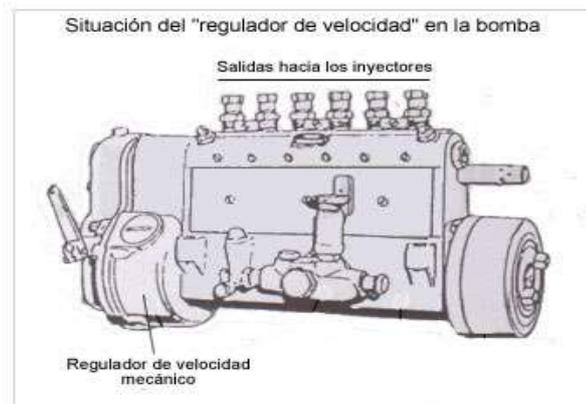


Figura 3.13. Bomba Lineal

Fuente: [15]

3.9.2 Tarjeta Electrónica WOODWARD

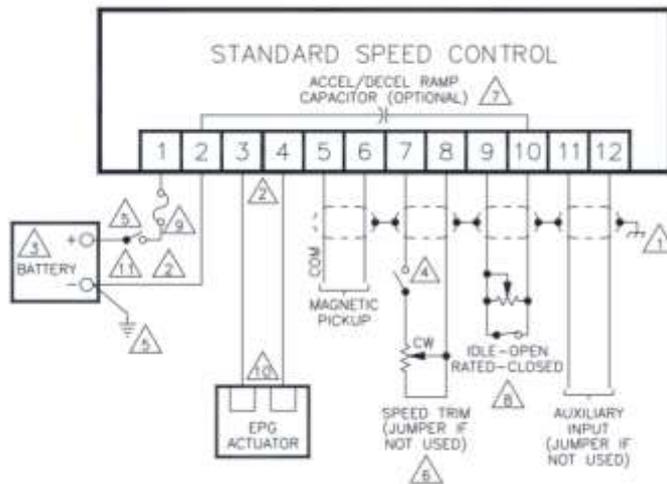


Figura 3.14. Regulador de Velocidad digital WOODWARD

Fuente: [12]

Los sistemas Electronicos para el control de la velocidad se componen de una parte electronica y una mecanica – electrica; tiene una alimentacion externa proveniente de una bateria. El control de velocidad compara la velocidad real con la velocidad deseada, luego

calcula una señal de error e impulsa el actuador en el aumento o disminución del paso de combustible para corregir la velocidad del motor primario.

El EPG tiene dos partes de control, la parte de velocidad asegura la velocidad del motor primario para permanecer constante, la segunda parte de corriente garantiza un accionamiento adecuado al actuador [12]. En la figura 3.14 se observa las señales de entrada y salida del controlador de velocidad Woodward.

Descripción de la máquina

El EPG (Gobernador de Potencia Eléctrica), se usa para controlar la velocidad de los motores diésel y gasolina. Puede también controlar la velocidad de las turbinas de gas. La instalación de actuadores EPG es simple porque no requieren accionamiento mecánico ni hidráulico [12].

La EPG maneja motores primarios con cargas mecánicas y cargas de generador, sin embargo, requieren un conmutador acoplado, transformadores de corriente y potencial, y el WOODWARD Sensor de carga del generador [12]. Un EPG es un sistema de tres componentes, que requiere un arranque magnético, velocidad control y actuador [12].

Control de Velocidad Constante

El control de velocidad constante tiene dos entradas: la velocidad deseada o velocidad de referencia y la velocidad real (la señal del sensor de velocidad). Compara los dos y calcula una señal de error que incluye consideraciones de respuesta del tipo dinámico que es establecida por el gobernador de acuerdo a los requerimientos del motor primario [12].

Control de Corriente para el Actuador

La señal de velocidad actual puede considerarse un comando para la correcta cantidad de corriente del actuador.

El circuito del controlador del actuador compara la corriente real (sensor de corriente del circuito) al nivel de corriente deseado (desde el control de velocidad del motor primario) y genera una señal de error de corriente, para hacer que el controlador actual sea eficiente, la corriente del actuador se cambia cuando el ciclo de trabajo se cambia o altera [12].

Actuador

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica. [16]

Para el desarrollo del proyecto nos basamos en los actuadores eléctricos, el cual funciona para la regulación de la aceleración del generador, a continuación explicaremos acerca de los actuadores eléctricos.

Los actuadores electrónicos son accionados por medio de corrientes eléctricas. Existen actuadores electrónicos que consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan controladores. Los actuadores eléctricos son utilizados en diferentes aparatos mecatrónicas, como robots. [16] Algunos tipos de actuadores electrónicos son:

- Motores de corriente directa
- Motores de pulsos (paso a paso)
- Electro válvulas
- Aleaciones con memoria de forma (como el Nitinol)
- Relevadores

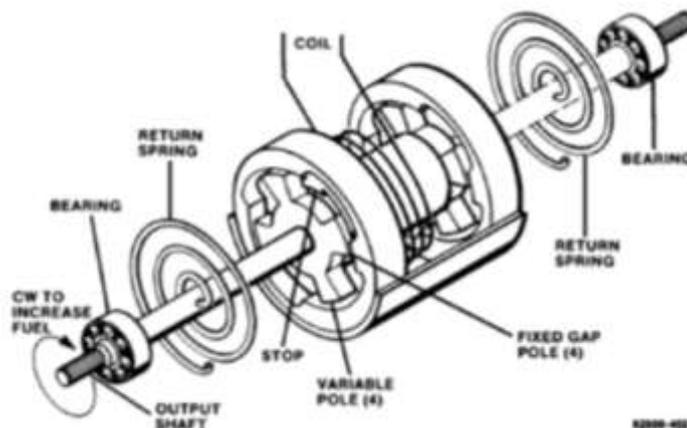


Figura 3.15. Componentes del actuador

Fuente: [12]

Ya definido los actuadores eléctricos se describirá el actuador que está ubicado en el generador y mediante el catalogo del generador se describirá los componentes del actuador como se observa en la figura 3.15.

3.8.1 Funcionamiento del actuador

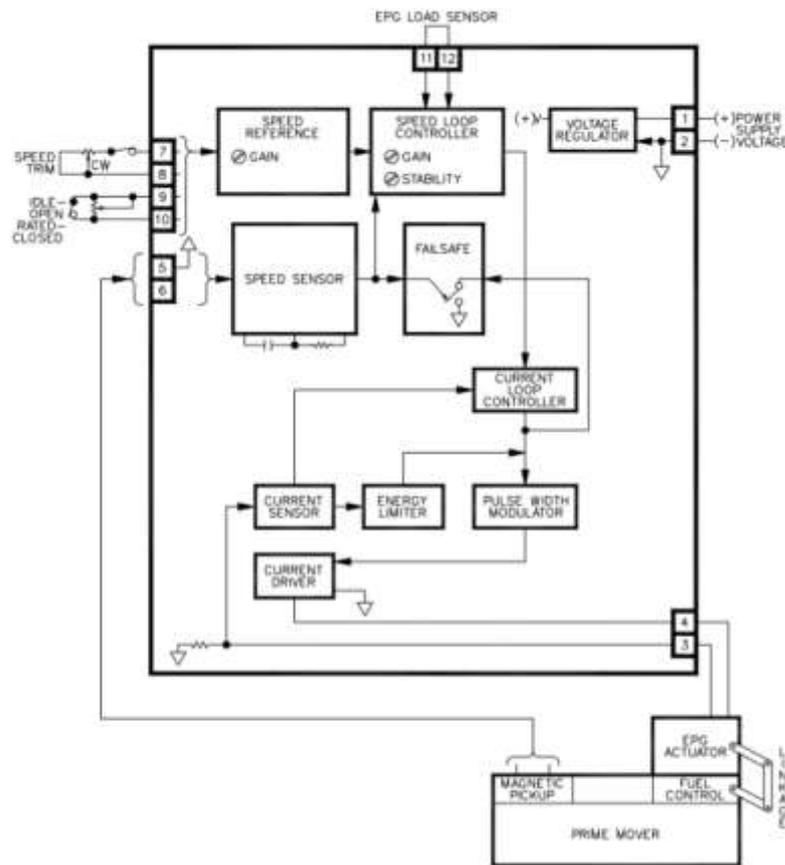


Figura 3.16. Funcionamiento del actuador.

Fuente: [12]

Mediante la figura 3.16 se explicara el funcionamiento del actuador mediante la utilización de la placa de control existente en el generador, esta placa es la que recibirá la señal de los sensores y acciona al actuador para la regulación de la aceleración.

3.8.2 Comportamiento del actuador

En la figura 3.17 se demostrara el comportamiento del actuador al momento de que este se activa o se desactiva.

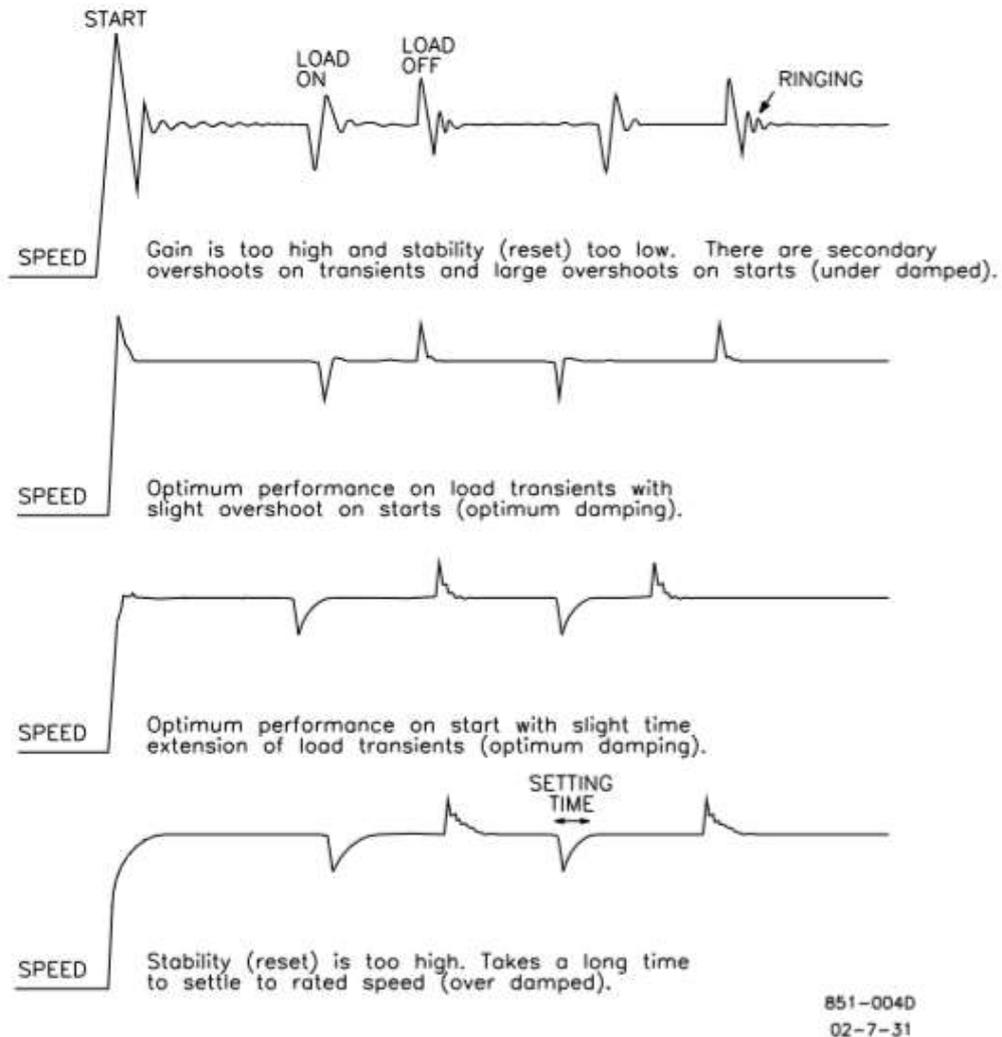


Figura 3.17. Comportamiento del actuador

Fuente: [12]

Cuando se da inicio al grupo electrógeno se puede ver un armónico brusco en el comportamiento del actuador cuando trata de regular la velocidad, pero al cabo de un tiempo se estabiliza hasta entrar a generar energía eléctrica, cuando se tiene demanda se genera un pico o armónico el cual es analizado por la tarjeta de control y compara la velocidad de generación con la disminución de sus rpm, es decir compara la caída de frecuencia. Cuando el

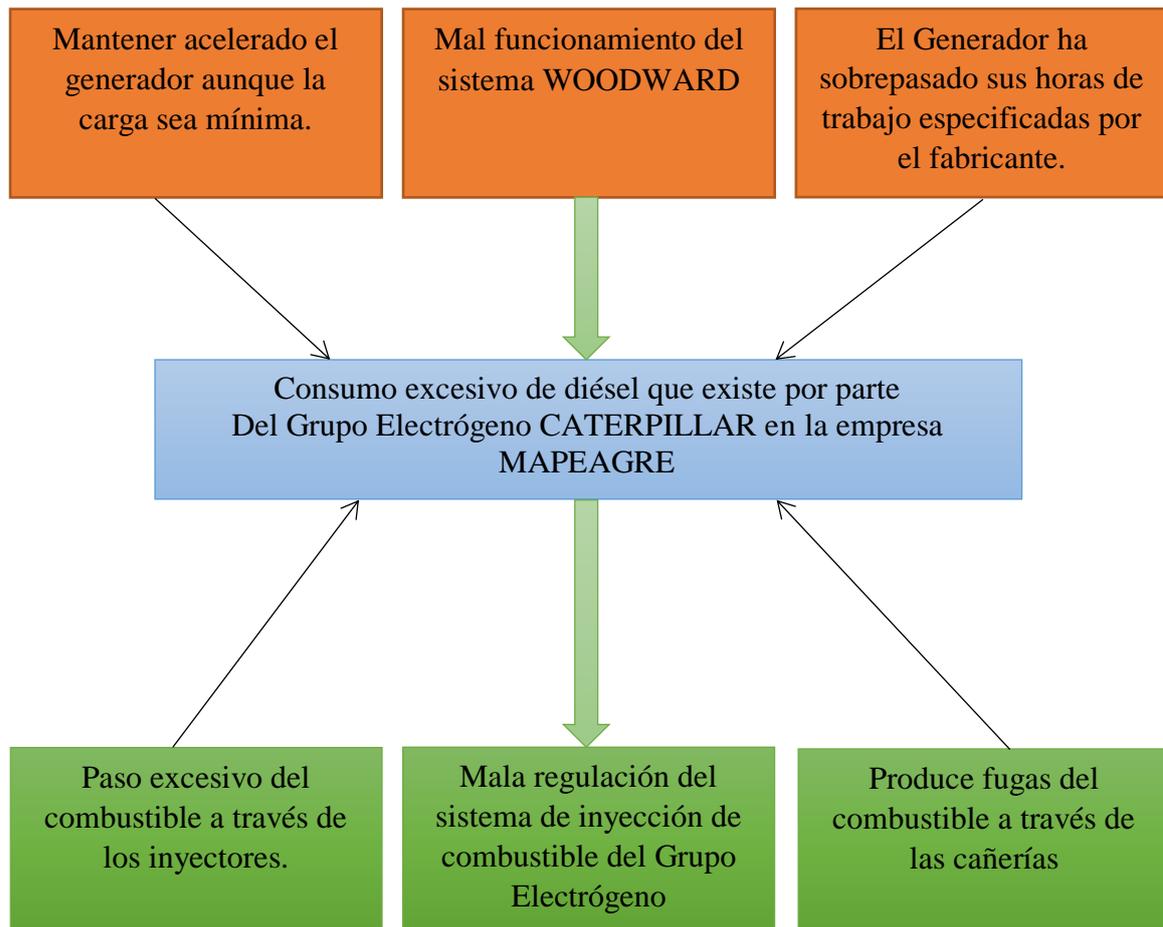
grupo electrógeno ha estado en funcionamiento un determinado tiempo la temperatura del mismo sube, por lo que las condiciones de trabajo cambian; el cambio más notorio es en los armónicos que se producen ya que no se demoran en estabilizarse, es decir que el amortiguamiento es más rápido, esto genera que el actuador realice menos variaciones en la calibración de la posición del actuador.

4. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REGULADOR DE VELOCIDAD

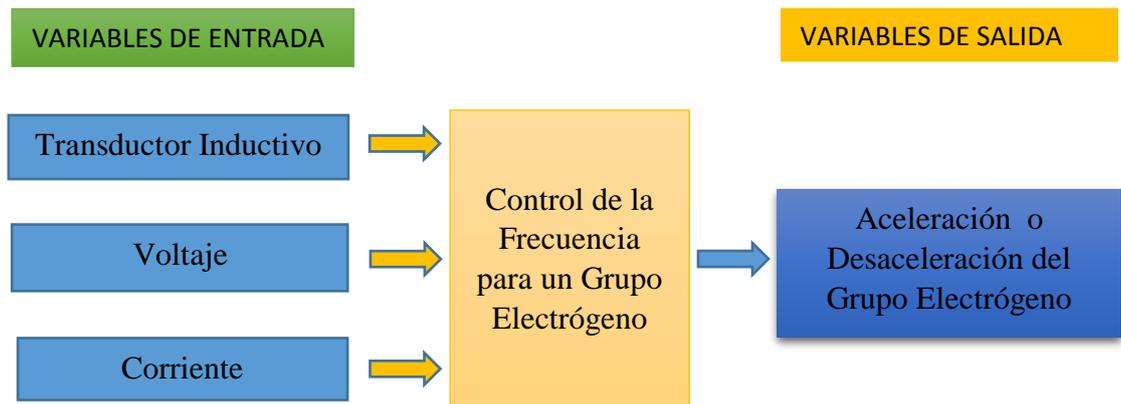
Dentro de este capítulo se encuentra el método, programas y elementos que permiten definir el diseño de una placa electrónica; para lo cual se utilizara programas de diseño electrónico y de programación en lenguaje general.

4.1 Diseño experimental

4.1.1 Matriz de causa y efecto



4.1.2 Matriz de relación de variables



Aplicado la relación en fórmula para diseño experimental, teniendo en cuenta que el número de experimentos proporcional a la linealidad del proceso:

$$n = 2^k \rightarrow \text{Para procesos lineales}$$

$$n = 3^k \rightarrow \text{Para procesos no lineales}$$

Dónde:

n = número de experimentos

k = número de variables de entrada

4.2. Metodología Para el cálculo de la Carga de la Cantera

Descripción de las cargas

En la cantera tenemos instalada una carga la cual dividimos según las etapas a las cuales están sometidas como se describirá a continuación:

- **Primera etapa:** Clasificación de piedra pesada y material mediano

Tabla 4.1. Demanda de carga primera etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	15	11190



Figura 4.1. Placa de datos del motor instalado

- **Segunda etapa:** Transporte del material

Tabla 4.2. Demanda de carga segunda etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	5	3730



Figura 4.2. Motor instalado en la etapa de transporte del material.

- **Tercera etapa:** Clasificación de arena, ripio y materiales medios

Tabla 4.3. Demanda de la carga tercera etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	3	2238
1	20	14920



Figura 4.3. Motor instalado en la etapa de clasificación de arena, ripio y materiales medios.

- **Cuarta etapa:** Banda transportadora de arena, ripio y chista

Tabla 4.4. Demanda de carga cuarta etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
2	10	14920
1	5	3730



Figura 4.4 Motor de 5 hp utilizada en la banda transportadora para chispa.

- **Quinta etapa:** Banda transportadora de materiales medianos previo a la trituración

Tabla 4.5. Demanda de carga quinta etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	3	2238

- **Sexta etapa:** Vibración y trituración

Tabla 4.6 Demanda de carga sexta etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	7.5	5595
1	40	29840



Figura 4.5. Motor utilizado en la trituración de 40 HP

- **Séptima etapa:** Banda transportadora a la zaranda

Tabla 4.7 Demanda de la carga séptima etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	7.5	5595

- **Octava etapa:** Vibración de la zaranda

Tabla 4.8 Demanda de la carga octava etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	5	3730



Figura 4.6. Motor de 5 hp utilizado en la etapa de vibración de zaranda

- **Novena etapa:** Banda transportadora de diferentes materiales

Tabla 4.9. Demanda de la carga novena etapa

NUMERO DE MOTORES	POTENCIA DEL MOTOR HP	POTENCIA DEL MOTOR W
1	7.5	5595
3	5	11190

Demanda

Es la suma de la potencia de todos los equipos que se tienen conectados en una instalación sean fijos o móviles (luces, motores, radiograbadores, sueldas, etc.) [17]

$$P_{Inst} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (4.1)$$

Dónde:

P_{Inst} = Demanda de la cantera

P = Potencia

La Potencia útil

Es la potencia que se aprovecha o utiliza, es decir, la potencia absorbida menos la potencia perdida, ya sea en forma de calor, etc.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \quad (4.2)$$

Dónde:

P = Potencia útil

V = Voltaje

I = Corriente

$\text{Cos}\phi$ = Factor de potencia

Tiempo y Temperatura para alcanzar la Frecuencia de Set-Point de inicio de Trabajo

Para garantizar el buen funcionamiento del generador sin tener una variación brusca de la frecuencia al momento del encendido se recomienda dejar al motor que se caliente por un tiempo determinado por el fabricante; de tal manera que el motor pueda llegar a su frecuencia de trabajo y empezar con el control de la velocidad al momento del ingreso de la carga.

$$F = \frac{F_{\text{Trabajo}} \cdot \text{°T}_1}{\text{°T}_{\text{Trabajo}}} \quad (4.4)$$

Dónde:

F = Frecuencia

F_{Trabajo} = Frecuencia de trabajo

°T_1 = Temperatura inicial en grados centígrados

$\text{°T}_{\text{Trabajo}}$ = Temperatura de trabajo en grados centígrados

Determinación de los Ángulos de Trabajo del Servomotor

La mayor parte de fabricantes expresa el posicionamiento de los servomotores en relación a señales de voltaje u otros en relación a las unidades de microsegundos, para lo cual se da la siguiente formula.

$$\text{Angulo}_{\text{servm}} = \frac{p_{\text{useg}} \cdot \text{Ángulo}_{\text{max}}}{p_{\text{max useg}}} \quad (4.5)$$

Dónde:

$\text{Ángulo}_{\text{servm}} = \text{Ángulo del servomotor}$

$P_{\text{useg}} = \text{Posición del servomotor en microsegundos}$

$\text{Ángulo}_{\text{max}} = \text{Ángulo máximo expresado en grados}$

$P_{\text{maxuseg}} = \text{Posición máxima del servomotor en microsegundos}$

Posición Del Servomotor En Relación A La Carga Instalada

Dentro del control de la velocidad se tiene un servomotor el cual da el posicionamiento correcto de acuerdo a la carga que se tenga; la posición del servomotor será controlada por una tarjeta de control.

$$\text{Ángulo}_{\text{servm}} = \frac{D * \alpha_{\text{max}}}{E_{\text{max}}} \quad (4.6)$$

Dónde:

$\text{Ángulo}_{\text{servcm}} = \text{ángulo del servomotor en base a la demanda}$

$D = \text{Demanda}$

$\alpha_{\text{max}} = \text{ÁNGULO máximo de movimiento}$

$E_{\text{max}} = \text{Potencia máxima generada}$

Consumo de Combustible por etapa con el mando Automático

Determinar el consumo de combustible en un grupo electrógeno es importante para determinar el costo y beneficio que ofrece la maquinaria frente al trabajo que está desempeñando.

$$C_{\text{Diesel}} = \frac{D_{\text{In}} * C_{\text{max}}}{E_{\text{max}}} \quad (4.7)$$

Dónde:

$C_{\text{Diesel}} = \text{Consumo de Diesel}$

$D_{\text{In}} = \text{Demanda solicitada}$

C_{max} = Consumo maximo de combustible

E_{max} = Potencia maxima generada

4.3 Diseño de esquemas

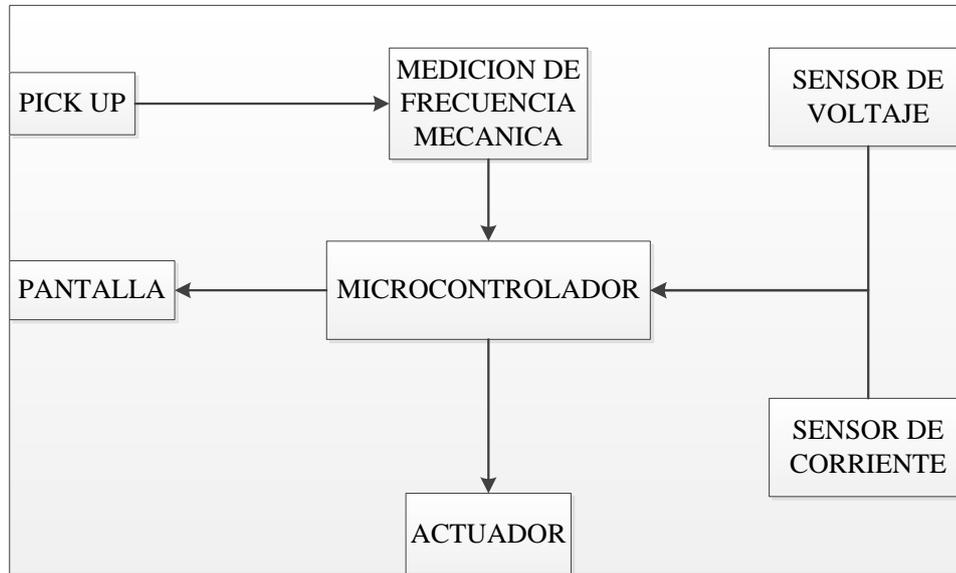


Figura 4.7. Esquema de funcionamiento de la placa de control

En la figura 4.7 observamos las entradas de las señales a receptor por el microcontrolador, este diseño del control de la velocidad para el grupo eléctrico CAT 3306 de 210 KW se recibirán tres tipos de señales para obtener la medición del voltaje, corriente y frecuencia, con la señal de la frecuencia, es decir el transductor del grupo eléctrico será el encargado de enviar la señal para tener una regulación de velocidad dependiendo de la demanda requerida en cada etapa de la cantera “San Joaquín 2”. A continuación se detallará los programas a emplearse dentro del diseño y construcción del regulador de velocidad.

4.3.1 Esquema y funcionamiento del sensor de frecuencia

El sistema de regulación de velocidad medirá la frecuencia mecánica y eléctrica y la comparará, mediante esta comparación controlaremos la aceleración de la generación.

Frecuencia mecánica

El circuito de la figura 4.8, es el utilizado para censar la frecuencia mecánica del generador mediante la utilización de un sensor inductivo (Pickup), lo cual envía pulsos cada vez que detecta los engranajes que tiene el generador, enviando la señal al microcontrolador cada segundo, utilizando un comparador. Obteniendo una frecuencia mecánica de 60Hz.

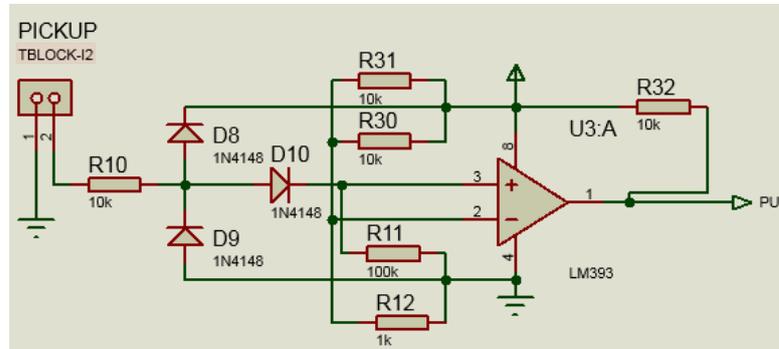


Figura 4.8. Circuito del sensor de frecuencia mecánica

Frecuencia de la generación

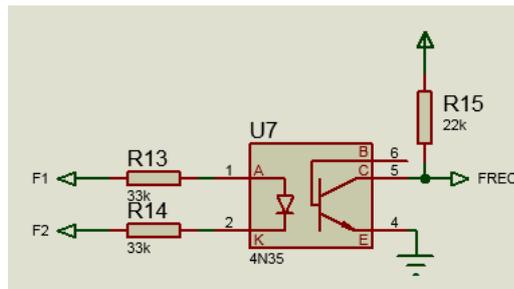


Figura 4.9. Circuito del sensor de frecuencia

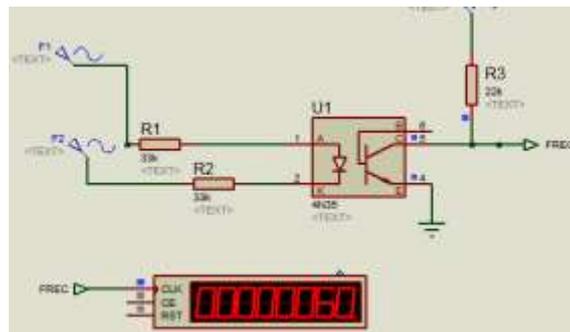


Figura 4.10. Simulación del sensor de frecuencia.

En la figura 4.9 observamos el circuito esquemático para la medición de la frecuencia de la generación con la ayuda de un opto acoplador 4N35, el cual consta de un diodo y un transistor

que nos permitirá medir la frecuencia, mediante la utilización de dos fases del generador dándonos una frecuencia igual a la de la red y la podrá ser visible mediante la pantalla táctil de 60Hz como se ve en la figura 4.10.

4.3.2 Esquemas y funcionamiento del transformador de voltaje

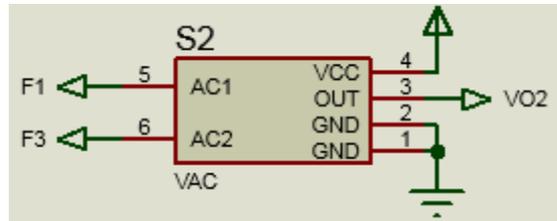


Figura 4.11. Esquema del transformador de voltaje AC-ZMPT101B

El módulo transformador de voltaje nos permitirá medir el voltaje generador, este tipo de módulo nos permite medir el voltaje en corriente alternas hasta 250 VAC y está integrado por un transformador cuya función es dar un aislamiento galvánico para obtener una mayor seguridad en su uso. El lado primario del transformador se lo conectara al voltaje alterno a medir, mientras que el lado secundario del transformador se encuentra un divisor de voltaje y un circuito con amplificador operacional LM358 para adicionar un desplazamiento a la salida analógica. Su rango de alimentación es de 0 a 5 voltios de corriente continua. Entrega una onda senoidal de amplitud regulable mediante un potenciómetro. Su onda senoidal de salida esta desplazada positivamente para que la onda no tenga voltajes negativos. El desplazamiento depende del voltaje de alimentación es decir si el valor es de 5 V el desplazamiento será de 2.5 V en cambio si la alimentación es de 3 V el desplazamiento será de 1.65 V. Tomando en cuenta que el conversor utilizado es de 10 Bits de resolución, es decir puede dividir a 5v en 1024 partes obteniendo la constante Kv

$$Kv = \frac{5}{1024} = 0.26786 \quad (4.8)$$

Dónde:

Kv = Constante de voltaje dado por el TP

La cual se utilizara para obtener la medición del voltaje.

4.3.3 Esquema y funcionamiento del medidor de corriente

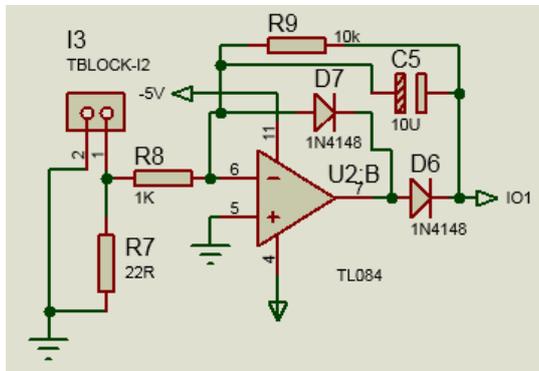
En la figura 4.12 (a) observamos el circuito esquemático para la medición de la corriente y se lo hace mediante un amplificador operacional TI084 de alta velocidad, entradas altas de impedancia, un bajo consumo de potencia y baja distorsión armónica, el cual es el encargado de aumentar la señal obtenida del transformador de corriente CASMCO el cual tiene una relación de corriente 60/5 A figura 4.12 (b), de cada línea del generador y mediante la relación obtenida del transformador poder tener una lectura exacta de la corriente que circula por cada una de ellas. Todo esto se logra calculando la constante K_i el cual se calcula de la siguiente manera:

$$K_i = \frac{60}{5} / 2.5 \quad (4.9)$$

Dónde:

K_i = constante de intensidad dado por el TC

Donde $\frac{60}{5}$ es la relación del transformador de corriente que viene dado de fábrica y 2.5 es el voltaje de relación que me da el amplificador operacional TI084 dándonos una constante K_i de 4.8.



(a)



(b)

Figura 4.12. (a) Esquema del medidor de corriente y (b) Transformador de corriente CASMCO CFS-33 60/5 A.

4.3.4 Esquema y funcionamiento de la alimentación de los compenentes electrónicos

En la figura 4.13 (a) observamos un regulador de voltaje 7805 el cual es alimentado mediante una batería de 12 V y el cual se obtendrá un voltaje de salida de 5 V a 1 A este voltaje de salida será constante, por lo cual se evita oscilaciones en los niveles de tensión y no producir daños para nuestro circuito, y así alimentamos a nuestro microcontrolador, mientras que en la figura 4.13 (b) observamos a 4 reguladores de voltaje LM338T conectados en paralelo capaz de suministrar cada uno de ellos 5 A sobre un rango de salida de 1.2 V a 32 V este regulador de voltaje será el encargado de alimentar al servomotor el cual necesita una intensidad de 20 A, todo eso se logra conectando los reguladores en paralelo y así sumar la intensidad de cada regulador, y en la figura 4.13 (c) podemos observar un circuito amplificador operacional para ofrecer un mejor rendimiento el cual protegerá de en la entrada y salida de voltaje.

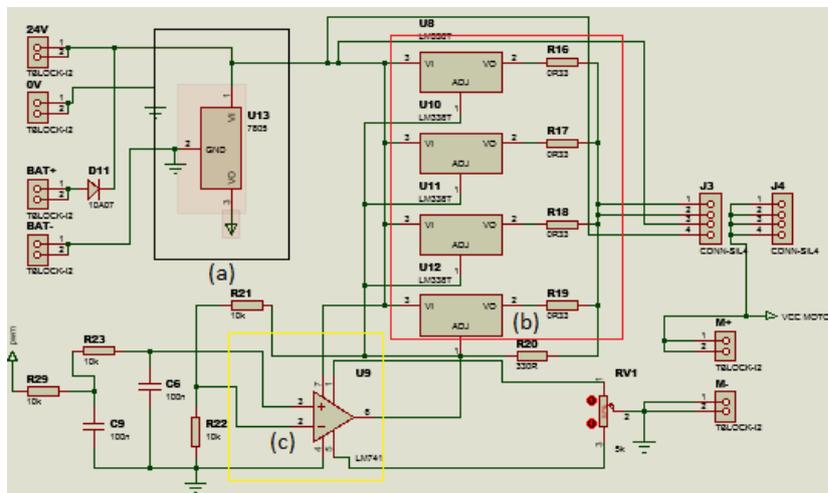


Figura 4.13. (a) Esquema de alimentación del microcontrolador, (b) esquema de funcionamiento del servomotor, (c) funcionamiento del sistema de alimentación

4.3.4 Esquema y funcionamiento del microcontrolador ATMEGA 164 P

En la figura 4.14 observamos el microcontrolador ATMEGA 164P cuyo rendimiento es alto y de bajo consumo basado en la arquitectura RISC mejorada, de 16 Kbyte de flash programable con capacidad de lectura y escritura, 512 bytes de memoria EEPROM, 1 Kbyte de memoria RAM, también cuenta con 32 I/O de propósito general, con un cristal de cuarzo de frecuencia que genera una señal oscilatoria entre 1 y 40 MHz, su alimentación es de 5 V. El cual es programado para el control de la velocidad del generador recibiendo la señal del circuito de frecuencia mecánica producida por el generador mediante el sensor inductivo (PickUp) y enviando una señal para el servomotor corrija su posición dependiendo la carga aplicada al

generador, también recibiría las señales de voltaje y corriente obtenidos por sensores correspondiente y enviar las lecturas a una pantalla táctil, también es el responsable de detectar alguna falla en la paca o medidas obtenidas para mandar una señal mediante un Buzzer. A continuación se detallará la programación del microcontrolador para cada una de sus funciones.

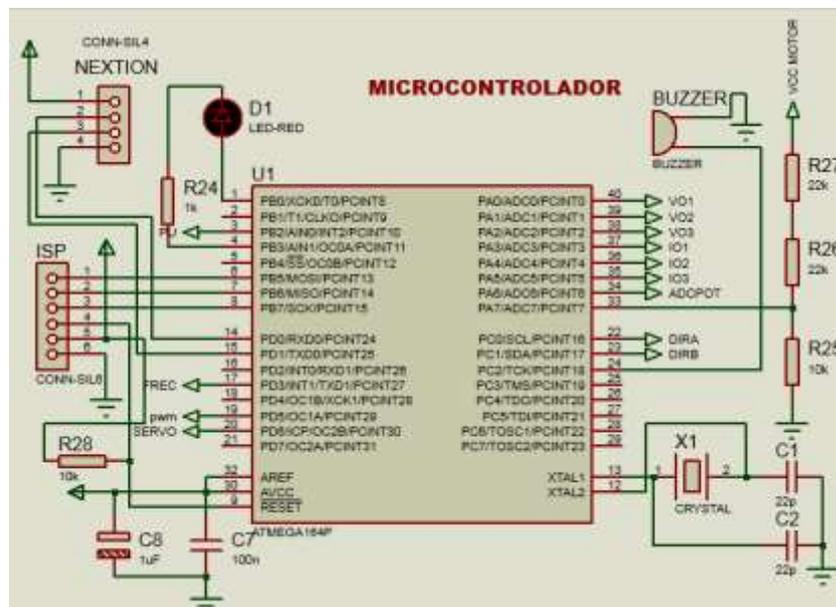


Figura 4.14. Esquema de conexión del microcontrolador ATMEGA 164P

Lectura del voltaje

```

For C = 1 To 250
  D(c) = Getadc(0)
Next C
Analogico = Max(d(1)) - Min(d(1))
Voltaje = Analogico * Kv
Voltaje = Voltaje * 94.589249
Voltaje_r_t = Voltaje_r_t + Voltaje

```

Figura 4.15. Programación para la lectura del voltaje

Para la obtención de la medición de voltaje utilizamos el puerto A del microcontrolador, es decir el puerto a nos sirve como la entrada analógica digital, mediante la cual recibiremos una señal y la multiplicaremos por la constante Kv y ha este resultado lo multiplicaremos por una constante de 94.589249 para así obtener un voltaje medido de 220 v con referencia a dos líneas del generador. Y esto se repite para cada una de las combinaciones existentes.

Diagrama de flujo del medidor de voltaje

En la figura 4.16 observamos el diagrama de flujo, que muestra el funcionamiento del medidor de voltaje de una manera más simplificada, para después pasarlo a la programación de la figura 4.15.

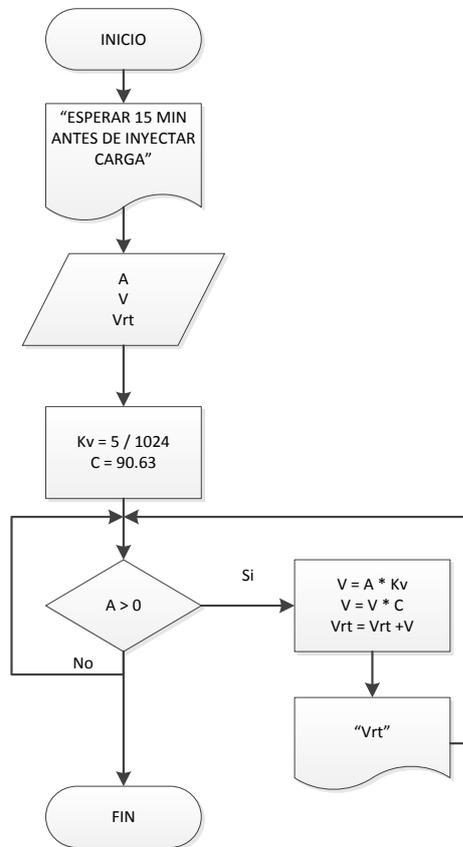


Figura 4.16. Diagrama de flujo del medidor de voltaje

Dónde:

A= Voltaje analógico medido

V = Voltaje real

Vrt = Voltaje entre fases

Kv = constante calculada

C = Constante

Lectura de la corriente

Para la obtención de la medición de corriente utilizamos el puerto A del microcontrolador, es decir el puerto a nos sirve como la entrada analógica digital DE igual manera como en el medidor de voltaje, mediante la cual receptaremos una señal emitida por el sensor de corriente y la multiplicaremos por la constante K_i y ha este resultado lo multiplicaremos por una constante de 5 y así obtener la corriente indicada en cada fase del generador.

```
For C = 1 To 250
  Analogico = Getadc(3)
  Corriente_total = Corriente_total + Analogico
Next C
Corriente_total = Corriente_total / 250
Analogico = Corriente_total
Voltaje = Analogico * Ki
Voltaje = Voltaje * 5
Voltaje = Voltaje / 1023
Corriente_r_t = Corriente_r_t + Voltaje
```

Figura 4.17. Programación para la lectura de corriente

Diagrama de flujo de la corriente

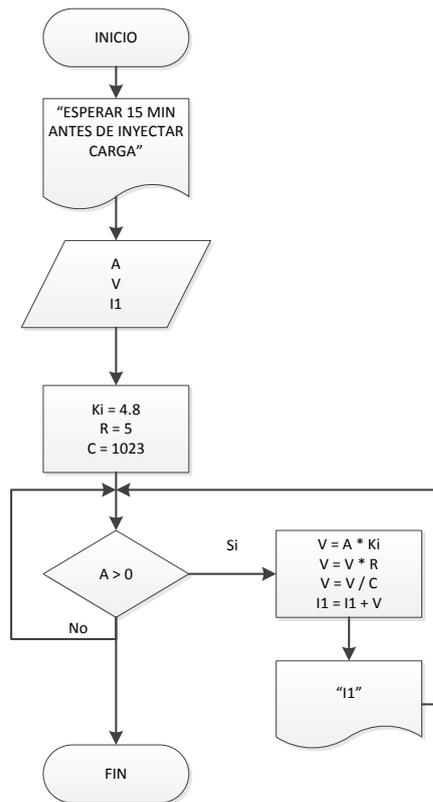


Figura 4.18. Diagrama de flujo del medidor de corriente

En la figura 4.18 observamos el diagrama de flujo, que muestra el funcionamiento del medidor de corriente de una manera más simplificada, para después pasarlo a la programación de la figura 4.17.

Dónde:

A = Voltaje analógico medido

V = Voltaje real

I_I = Intensidad de la fase

K_i = constante calculada

R = Relación del Transformador de Corriente

C = Constante

Lectura de la frecuencia y control de la velocidad

```
Frecuencia:
Disable INT2
Disable TIMER1
TIMER1 = 65535 - 3439
Set Servo
Waitus W
Reset Servo
Incr F1
If F1 = 49 Then
  F1 = 0
  F = Pulsos
  Pulsos = 0
  F = F / 64
If F > 10 Then
  If F > 56.3 Then If W < 1450 Then Incr W
  If F < 55.7 Then If W > 1390 Then Decr W
Else
  W = 1450
End If
End If
Enable TIMER1
Enable INT2
Return
```

Figura 4.19. Programación para la lectura de frecuencia y control de velocidad

Para la lectura de la frecuencia se lo realiza con la ayuda del sensor inductivo para tener un conteo del número de pulsos en un segundo es decir el número de dientes del engranaje del

generador, y mediante este conteo se controla la posición del servo motor es decir acelera o desacelera cuando entra o sale carga del generador permitiéndome controlar la velocidad del generador.

Diagrama de flujo del control de velocidad

En la figura 4.20 observamos el diagrama de flujo, que muestra el funcionamiento del controlador de velocidad de una manera más simplificada, para después pasarlo a la programación de la figura 4.19.

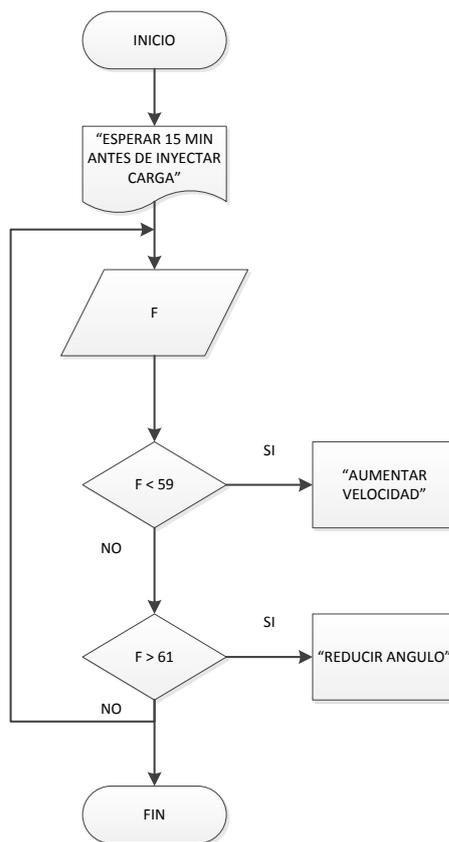


Figura 4.20. Diagrama de flujo del control de la velocidad

Dónde:

F = Frecuencia del grupo electrógeno

Para determinar los puntos máximos y mínimos a los cuales se debe programar la tarjeta de control, se debe ir a la curva de Capacidad del grupo electrógeno la misma que es otorgada por el fabricante.

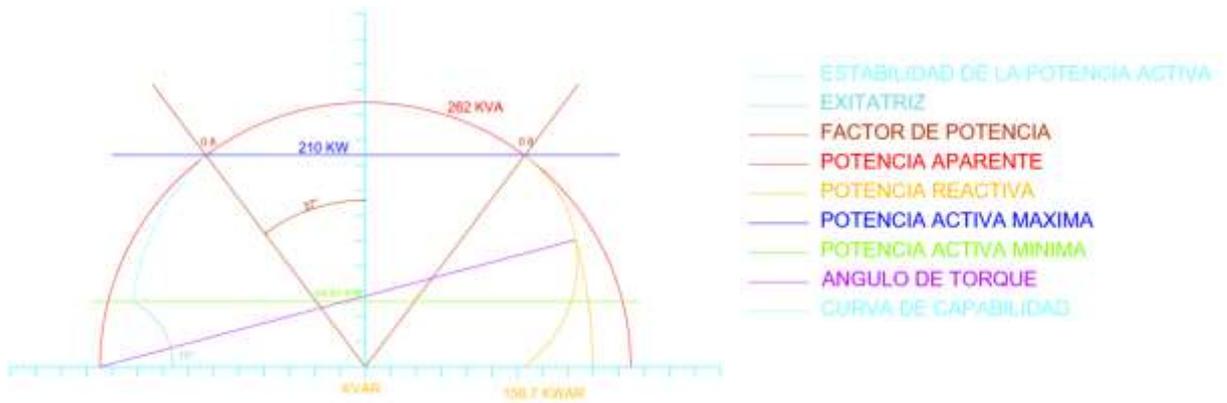
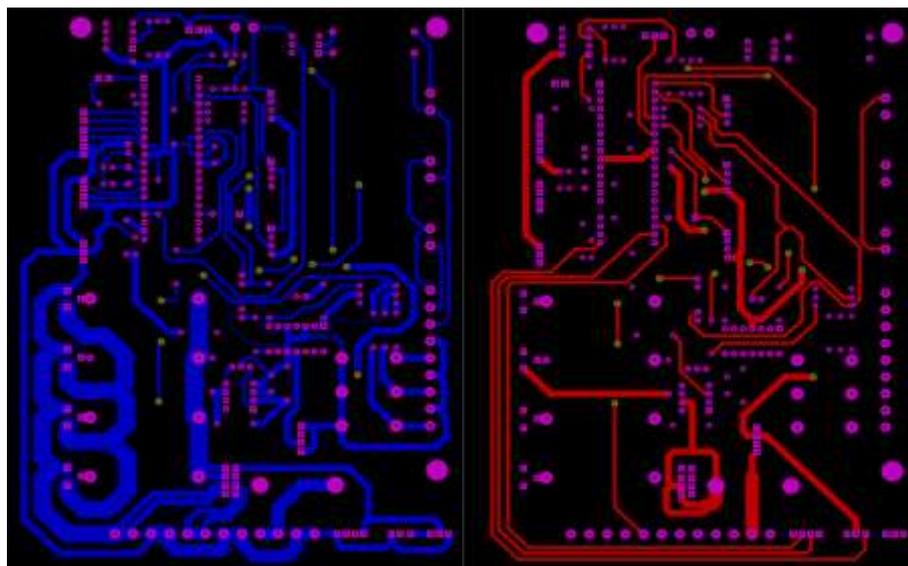


Figura 4.21. Curva de Capacidad

4.4 Diseño de placa

El diseño de la placa, ha sido realizado basándose en el circuito esquemático, se realizó a doble capa, para evitar que sea muy grande. El diseño de la placa se puede ver en la figura 4.22, mientras que en la figura 4.23 se observa la placa ya construida y armada en la cual se especificara para qué sirve cada una de las borneras salientes y sus conexiones.



(a)

(b)

Figura 4.22. Diseño de la placa a doble capa. a) Placa superior, b) Placa inferior



Figura 4.23. Placa construida.

Cada una de las conexiones externas de la placa va conectado a las señales de voltaje y corriente respectivamente, así también la parte de alimentación de la placa y el actuador, y por último el sensor inductivo (Pick up) los cuales se conectan directamente en el generador. Para una mayor comprensión de la placa electrónica observar el anexo #4

5. Análisis de resultados

5.1 Potencia útil del generador

Para la obtención de la potencia útil o real del generador obtenemos los datos de la placa del generador, teniendo como datos un voltaje de generación de 240 V, una corriente de 630 A y un factor de potencia de 0.8, utilizando la ecuación 4.2.

$$P = 210 \text{ kW}$$

Teniendo en conocimiento esta potencia podemos conocer la carga máxima que puede ser instalada en la cantera y de la cual nos ayudaremos para obtener la regulación de velocidad

5.2 Demanda

Mediante la utilización de la ecuación 4.1 procedemos a calcular la demanda que existe en cada etapa de la cantera.

Tabla 5.1 Demanda de la cantera

	CARGA DE LA CANTERA KW
ETAPA 1	11,19
ETAPA 2	3,73
ETAPA 3	17,16
ETAPA 4	18,65
ETAPA 5	2,24
ETAPA 6	35,44
ETAPA 7	5,6
ETAPA 8	3,73
ETAPA 9	16,79
TOTAL	114,53

En la tabla 5.1 observamos el cálculo de demanda, a la cual el grupo electrógeno será sometido, para conocer dependiendo de la carga la posición del servomotor.

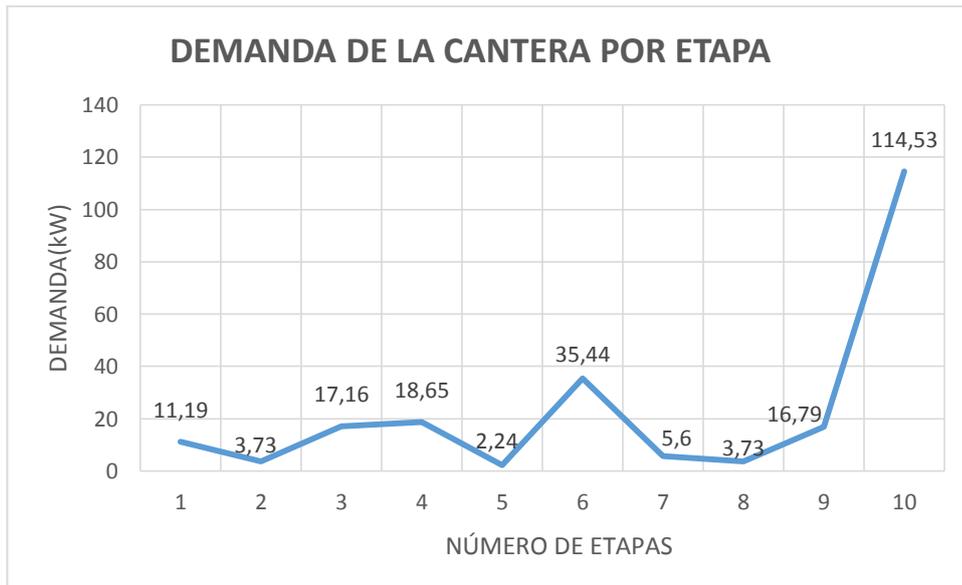


Figura 5.1. Demanda de la Cantera por Etapas.

En la Figura 5.1 se puede observar la variación de la demanda en las diferentes etapas de proceso de la cantera; en la etapa 10 se observa la demanda total que tiene la cantera cuando se encuentra activo todas las etapas de procesos.

5.3 Tiempo y temperatura para alcanzar la frecuencia de Set-Point de inicio de trabajo

Mediante la utilización de la ecuación 4.4 calculamos la variación de la frecuencia dependiendo de la temperatura del grupo electrógeno, hasta obtener su temperatura y frecuencia óptima de trabajo.

Tabla 5.2 Tiempo Y Temperatura Para Alcanzar La Frecuencia De Set-Point De Inicio De Trabajo

TIEMPO (μseg)	TEMPERATURA ($^{\circ}$C)	FRECUENCIA (Hz)
0	9	0
30	13	27,86
60	14	30
90	15	32,14
120	16	34,29
150	16	34,29
180	16	34,29
210	18	38,57
240	21	45
270	23	49,29
300	25	53,57
330	25	53,57
360	26	55,71
390	26	55,71
420	27	57,86
450	28	60

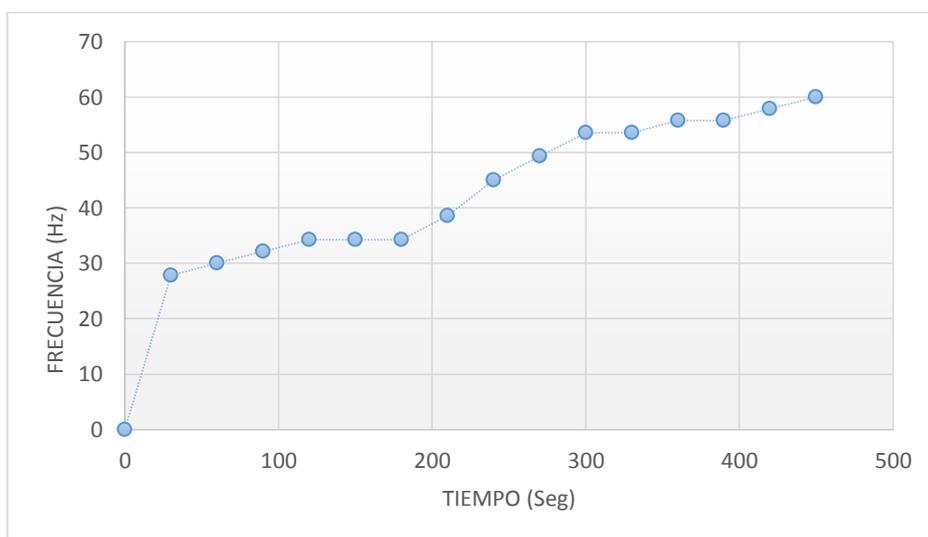


Figura 5.2. Tiempo para alcanzar la frecuencia de 60Hz.

En la tabla 5.2 observamos el proceso que ocurre en el generador respecto a su frecuencia y el tiempo que se demora para tener una temperatura correcta para el funcionamiento del generador y alcanzar su set-point.

En la figura 5.2 se tiene el tiempo que tarda el grupo electrógeno en alcanzar los 60Hz en su primer encendido; esta parte es considerada para el buen funcionamiento del grupo electrógeno, para evitar movimientos bruscos del servomotor al momento de regular la velocidad.

5.4 Determinación de los ángulos de trabajo del servomotor

Mediante la utilización de la ecuación 4.5 calculamos la posición del servomotor dependiendo en grados ya que el servomotor receipta señales en microsegundos

Tabla 5.3 Determinación de los Ángulos de Trabajo con el Servomotor

POSICION DEL SERVOMOTOR EN μseg	POSICION DEL SERVOMOTOR EN GRADOS
0	0
100	9
200	18
300	27
400	36
500	45
600	54
700	63
800	72
900	81
1000	90
1100	99
1200	108
1300	117
1400	126
1500	135
1600	144
1700	153
1800	162
1900	171
2000	180

5.5 Posición del servomotor en relación a la carga instalada

Mediante la utilización de la ecuación 4.6 calculamos el movimiento del servomotor, dependiendo de la de demanda de la cantera

Tabla 5.4 posición del servomotor en relación a la demanda

	CARGA DE LA CANTERA KW	ANGULO DE TRABAJO PARA CADA ETAPA	
ETAPA 1	11,19	0,8°	D
ETAPA 2	3,73	0,27°	A
ETAPA 3	17,16	1,23°	F
ETAPA 4	18,65	1,33°	G
ETAPA 5	2,24	0,16°	B
ETAPA 6	35,44	2,53°	H
ETAPA 7	5,6	0,4°	C
ETAPA 8	3,73	0,27°	Á
ETAPA 9	16,79	1,2°	E
TOTAL	114,53	8,18°	T

En la tabla 5.4 observaremos el desplazamiento del ángulo que va tener con respecto a la carga que vaya ingresando en la cantera teniendo como mímico un desplazamiento 0,16° y un desplazamiento máximo de 2.53° dándonos un total de 8.18° de desplazamiento total que el servomotor va tener teniendo en cuenta que ingrese toda la carga de la cantera.

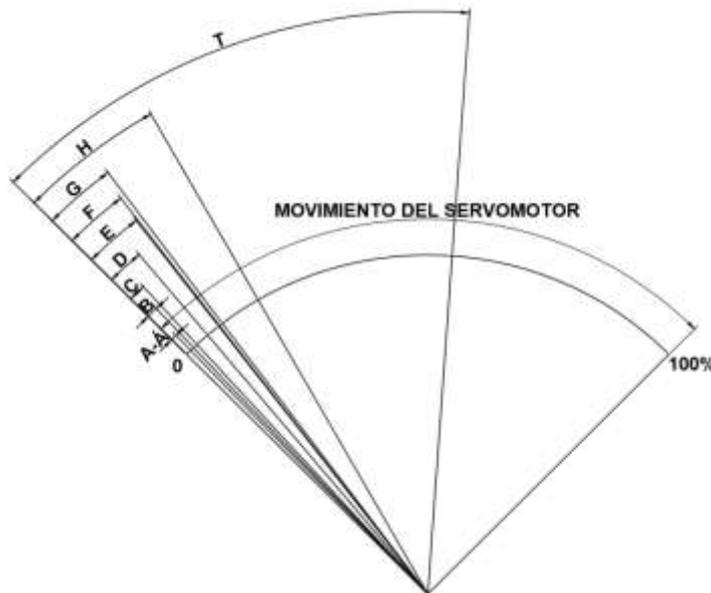


Figura 5.3. Movimiento del servomotor en función de la demanda.

En la Figura 5.3 se observa los movimientos o desplazamientos que el servomotor realizara en función de la demanda que tenga en ese momento, como se puede observar el desplazamiento del ángulo del servomotor es directamente proporcional a la cantidad de demanda solicitada, y así poder obtener un mejor control en la velocidad del grupo electrógeno, ya que el servomotor recibirá una señal emitida, y actuara dependiendo de la carga que sea necesaria para que funcione el grupo electrógeno sin problema en la demanda que se necesite.

5.6 Consumo de Combustible por etapa con el mando manual

Tabla 5.5 Consumo de combustible con mando manual

	CARGA POR ETAPA	CONSUMO DE DIESEL MANDO MANUAL (L/H)	CONSUMO DE DIESEL MANDO MANUAL 8H	GALONES POR DIA
ETAPA 1	11,19	7	56	14,793
ETAPA 2	3,73	7	56	14,793
ETAPA 3	17,16	7	56	14,793
ETAPA 4	18,65	7	56	14,793
ETAPA 5	2,24	7	56	14,793
ETAPA 6	35,44	7	56	14,793
ETAPA 7	5,6	7	56	14,793
ETAPA8	3,73	7	56	14,793
ETAPA 9	16,79	7	56	14,793
TOTAL	114,53	7	56	14,793

Con el mando manual se mantiene la generación eléctrica en un solo punto por lo q el consumo de diésel se encuentra al máximo dándonos como resultado un gasto total de 14.793 galones por día de trabajo lo cual representa un costo de 15.24 dólares por día.

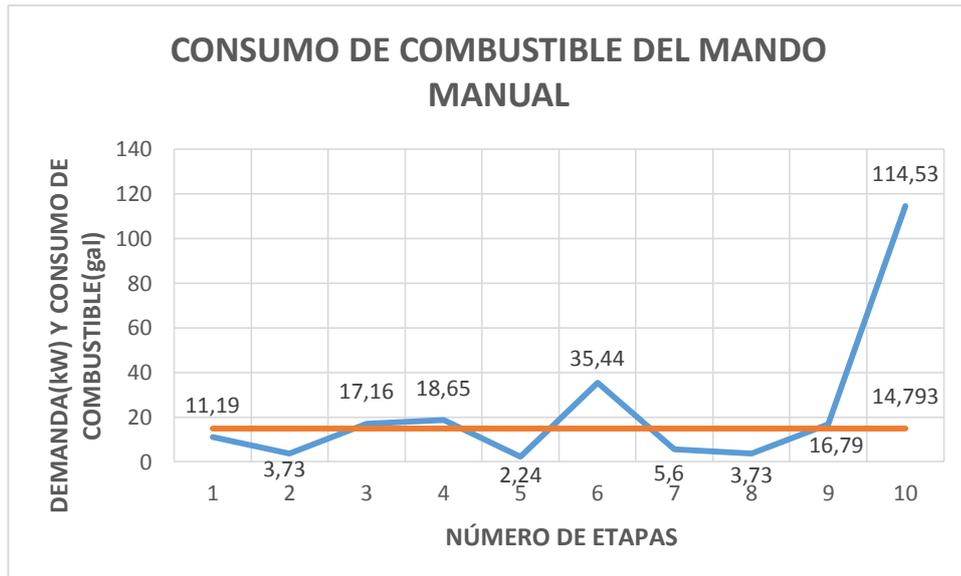


Figura 5.4. Consumo de combustible con mando manual.

En la Figura 5.4 se observa el comportamiento de la demanda frente al consumo de combustible; con el mando manual la posición del acelerador permanece en su máxima posición, lo que produce un consumo máximo de combustible aunque la carga sea mínima; con el mando manual no se puede tener una regulación de la velocidad frente a la demanda.

Tabla 5.6 Consto mensual de combustible con mando manual

GALONES POR DIA	COSTO DEL DIESEL POR GALÓN	COSTO POR DIA	COSTO POR MES (24 DIAS)
14,793	1,03	15,24	\$ 365,76

Al mes con el mando manual se tiene un gasto de 365.76 dólares en diésel.

5.7 Consumo de Combustible por etapa con el mando automático

Mediante la utilización de la ecuación 4.7 procedemos a calcular la demanda que existe en cada etapa de la cantera.

Tabla 5.7 Consumo de combustible con mando automático

	CARGA POR ETAPA	CONSUMO DE DIESEL MANDO AUTOMATICO (L/H)	CONSUMO DE DIESEL MANDO AUTOMATICO 8H	GALONES POR DIA
ETAPA 1	11,19	0,4	3,2	0,845
ETAPA 2	3,73	0,13	1,04	0,275
ETAPA 3	17,16	0,61	4,88	1,289
ETAPA 4	18,65	0,7	5,6	1,479
ETAPA 5	2,24	0,08	0,64	0,169
ETAPA 6	35,44	1,27	10,16	2,684
ETAPA 7	5,6	0,2	1,6	0,423
ETAPA 8	3,73	0,13	1,04	0,275
ETAPA 9	16,79	0,6	4,8	1,268
TOTAL	114,53	4,09	32,72	8,644

Con la máxima demanda que posee la cantera se puede apreciar un gasto máximo de 8.644 galones por día de trabajo, lo que representa un consto de 8.9 dólares por día.

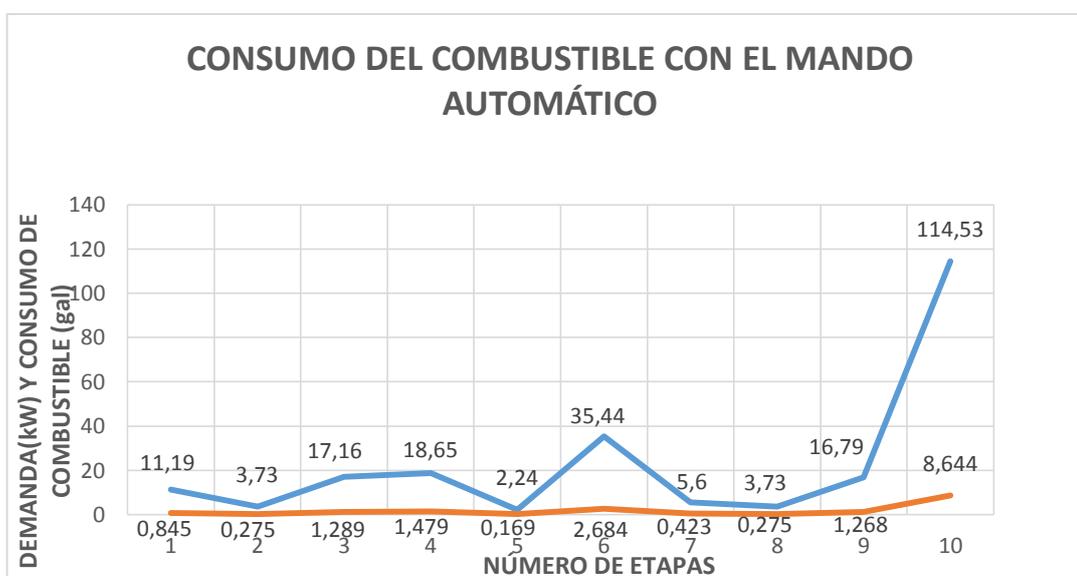


Figura 5.5. Consumo de combustible con mando automático.

En la Figura 5.5 se puede observar que con el mando automático para la regulación de velocidad, el consumo de combustible disminuye o aumenta según la demanda que se tenga por parte de la cantera; existiendo un consumo de combustible normal y no fuera de los parámetros necesarios para el buen funcionamiento del grupo electrógeno.

Tabla 5.8 Costo mensual de combustible con mando automático

GALONES POR DÍA	COSTO DEL DIESEL POR GALÓN	COSTO POR DÍA	COSTO POR MES (24 DÍAS)
8,644	1,03	8,9	\$ 213,60

Al mes con el mando automático para la regulación de la velocidad se tiene un gasto de 213.6 dólares en diésel.

5.7 Análisis del consumo y costo de combustible mensual por parte del grupo electrógeno

Con el mando manual para la regulación de la velocidad se tiene un consumo de combustible elevado; esto debido a que el Grupo Electrónico trabaja a su máxima capacidad, sin importar la variación de la demanda, lo que produce un consumo elevado de combustible para la cantidad de elementos instalados dentro de la cantera; con al instalación del sistema automático se puede ver reducido el consumo del combustible, debido a que ya existe un control de la velocidad frente a la demanda solicitada por parte de la cantera.

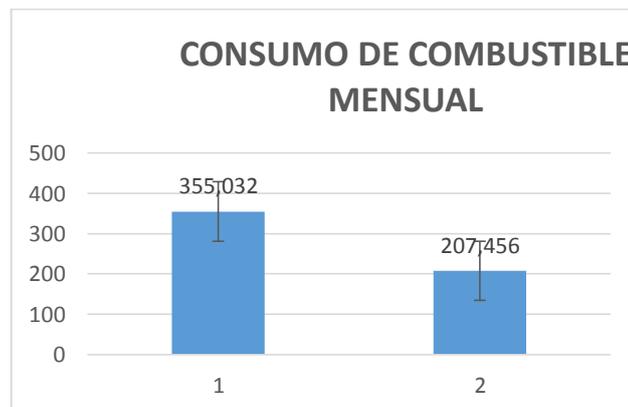


Figura 5.6. Consumo de combustible mensual 1) Mando manual; 2) Mando Automático.

El costo del combustible (Diésel), en el Ecuador se encuentra a 1,03 dólares; lo que implica que la empresa mensualmente invierta una determinada cantidad de dinero en combustible según el trabajo o etapa que se haya utilizado, En al Figura 5.7 se observa el costo mensual que se tenía según el tipo de mando instalado:

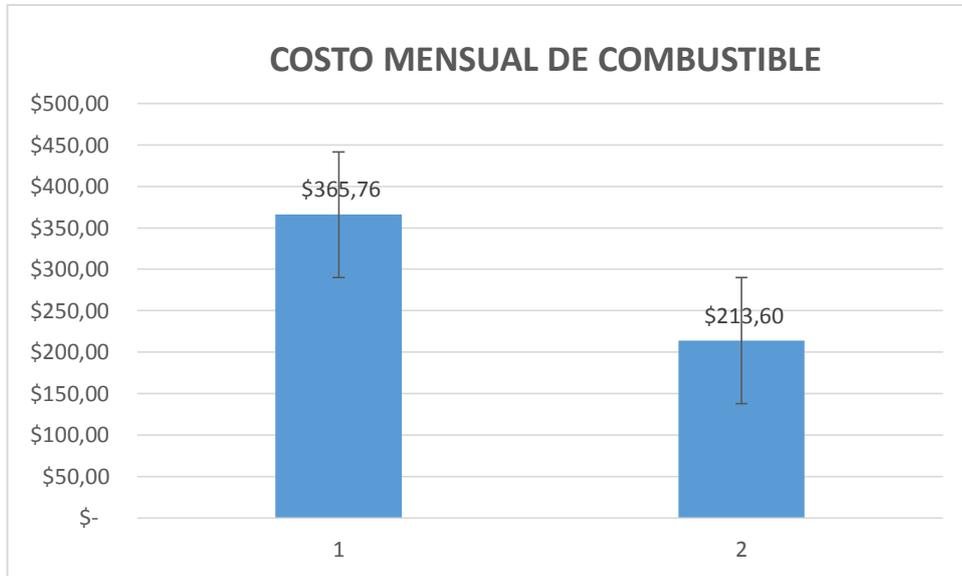


Figura 5.7. Costo de combustible mensual 1) Mando manual; 2) Mando Automático.

6. PRESUPUESTO

Tras haber terminado la construcción del sistema aislado del control de la velocidad, se ha realizado el presupuesto en base a lo utilizado para el desarrollo del mismo, sin considerar los costos de pérdidas, como los elementos quemados en el proceso de pruebas o fallas en la construcción de la placa, en la tabla 6.1 se muestra los costos parciales y el costo final de la construcción del sistema.

INSTITUTO DE CONTRATACION DE OBRAS		
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
DIRECCION DE ANALISIS TECNICO DE PROYECTOS		
OBRA :	TIPO	FECHA : ABRIL 2019
PROVINCIA:	COTOPAXI	ELABORADO: ESTUDIOS Y
CANTON	Latacunga	PRESUPUESTOS
		PRECIOS
		REFERENCIALES
FORMULARIO No 15		
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
NOMBRE DEL PROPONENTE		

RUBRO:					
1					
DETALLE:					
Construcción e Instalación de un regulador de velocidad				UNIDAD : m	
INSTALACIONES ELECTRICAS					
A.- EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	REND. H/U	COSTO
Herramienta menor	3,00	\$ 7,136	\$ 21,408	1,000	\$ 21,408
SUBTOTAL A:					\$ 21,408
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	REND. H/U	COSTO
Electromecánico	2,00	\$ 3,050	\$ 6,100	0,800	\$ 4,880
Programador	1,00	\$ 2,820	\$ 2,820	0,800	\$ 2,250
SUBTOTAL B:					\$ 7,136
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Resistencia 10K			19,00	\$ 0,040	\$ 0,760
Resistencia 1K			4,00	\$ 0,040	\$ 0,160
Circuito Impreso			1,00	\$ 67,000	\$ 67,000
Servomotor			1,00	\$ 150,000	\$ 150,000
Acople Servomotor			1,00	\$ 30,000	\$ 30,000
ATMEGA 164P			1,00	\$ 7,370	\$ 7,370
Sensor de Voltaje			3,00	\$ 8,500	\$ 25,500
Sensor de Corriente			3,00	\$ 14,500	\$ 43,500
Resistencia 22R			3,00	\$ 0,450	\$ 1,350
Fuente de Voltaje 12V			1,00	\$ 30,000	\$ 30,000
TFT NEXTION			1,00	\$ 27,000	\$ 27,000
Cristal 11059200Hz			1,00	\$ 0,680	\$ 0,680
Capacitor 22PF			2,00	\$ 0,300	\$ 0,600
1N4148			6,00	\$ 0,120	\$ 0,720
Diodo 10A			1,00	\$ 0,890	\$ 0,890
Resistencia .470HM			4,00	\$ 1,250	\$ 5,000
Resistencia 100K			6,00	\$ 0,040	\$ 0,240
Resistencia 33K			2,00	\$ 0,450	\$ 0,900
TL84			1,00	\$ 0,950	\$ 0,950
78VL05			1,00	\$ 7,650	\$ 7,650
LM741			1,00	\$ 0,800	\$ 0,800

LM393			1,00	\$ 0,980	\$ 0,980
4N25			1,00	\$ 0,450	\$ 0,450
LM338			4,00	\$ 5,000	\$ 20,000
Disipador			1,00	\$ 12,000	\$ 12,000
Capacitores			9,00	\$ 0,350	\$ 3,150
Potenciómetro			1,00	\$ 1,250	\$ 1,250
Conectores 2P			10,00	\$ 0,680	\$ 6,800
Cargador de batería			1,00	\$ 10,000	\$ 10,000
DCDC			1,00	\$ 4,500	\$ 4,500
Conectores 3P			1,00	\$ 0,800	\$ 0,800
Cable #22			75,00	\$ 0,600	\$ 45,000
Cable #18			5,00	\$ 0,650	\$ 3,250
			SUBTOTAL C:		\$ 509,250
		TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 537,794
		COSTO INDIRECTO Y UTILIDADES	25,00%		\$ 134,448
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			\$ 672,240
		VALOR PROPUESTO			\$ 672,240

RESUMEN DEL RUBRO				
RUBRO	EQUIPO	MATERIALES	C. DIRECTO	C. TOT. RUBRO
1	\$ 21,408	\$ 509,250	\$ 537,794	\$ 672,24
DESCRIPCION	M. DE OBRA	TRANSPORTE	INDIRECTOS	REMDIMIENTO
Construcción e Instalación de un regulador de velocidad	\$ 7,136	\$ -	\$ 134,448	0,8

6.2 Análisis de presupuesto TIR VAN

Una vez realizado las pruebas en el grupo electrógeno, procedemos a realizar el análisis económico de nuestro sistema como se muestra a continuación.

Ingreso Inicial: 700

Tabla 6.1. Flujo de Ingresos

FLUJO DE INGRESOS	A
AÑO	VALOR
1	770
2	840
3	910
TOTAL	2520

La empresa invierte 700 dólares en la instalación del sistema de control de la velocidad; como es un elemento electrónico – mecánico; a los 3 años empezara su depreciación, sin embargo durante los 3 primeros años se tendrá un beneficio de inversión del 10% por cada año de trabajo del sistema de control de la velocidad.

Tabla 6.2. Flujo de Egresos

FLUJO DE EGRESOS	B
AÑO	VALOR
1	300
2	300
3	300
TOTAL	900

Los egresos que la empresa puede tener durante cada año por parte del equipo instalado serán costos de mantenimiento que garantizaran el tiempo de vida útil del equipo.

Tabla 6.3. Flujo de Efectivo Neto

FLUJO EFECTIVO NETO	Ingreso inicial	-700
	A-B	
AÑO	VALOR	
1	470	470
2	540	540
3	610	610
TOTAL	1620	

El flujo de efectivo neto anualmente será igual a la diferencia entre flujo de ingresos anual y flujo de egresos anual y así poder determinar el rubro de recuperación de la inversión del equipo durante los 3 años.

Tabla 6.4. Datos para el Análisis TIR – VAN

FORMULACION DE DATOS	
F1	470
F2	540
F3	610
N	3
i	10% tasa de inversión
IO	700

Para el Análisis del TIR y VAN se debe considerar el flujo efectivo neto de cada año del equipo instalado por una tasa de 25% de amortización menos el ingreso inicial.

Donde el VAN (Valor Actual Neto) por año Y TIR (Taza Interna de Retorno) por año se encuentran en la tabla 6.5.

Tabla 6.5. TIR Y VAN

VAN	\$333.92
TIR	54%

7. Conclusiones y recomendaciones

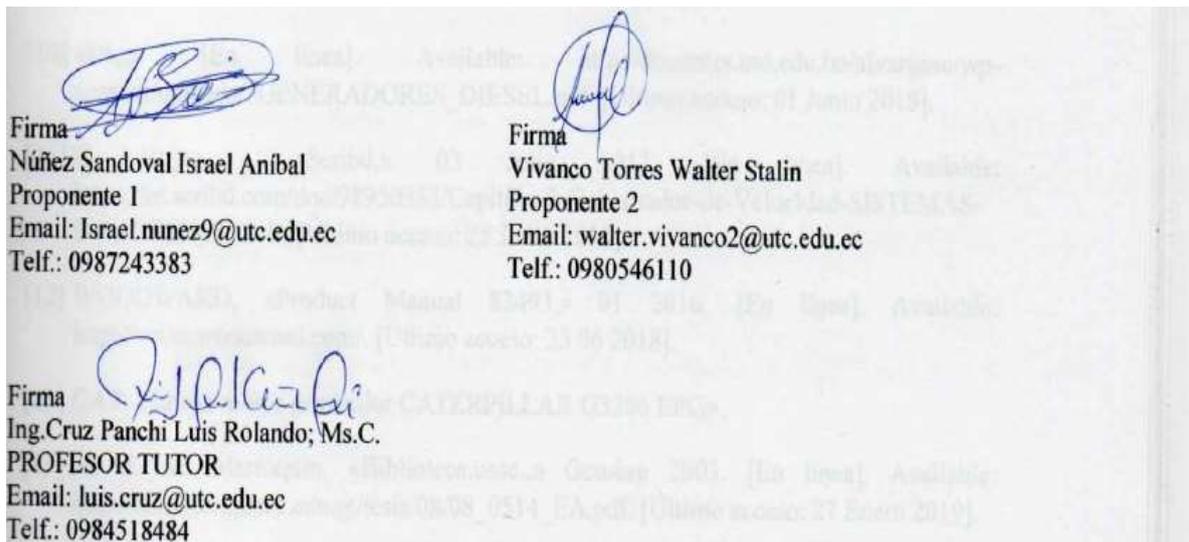
7.1 Conclusiones

- El sistema de regulación de velocidad automático, recepta las señales emitidas por el grupo electrógeno, mediante el transductor inductivo de 5V, la misma que envía una señal al actuador permitiéndole tener un desplazamiento en base a la demanda, así mismo mediante los transformadores de corriente y potencial se receptan señales para medición de los voltajes y corrientes respectivamente, teniendo un mejor control en la generación de energía eléctrica.
- Con el nuevo diseño del regulador de velocidad automático se tendrá un mejor control en la aceleración del grupo electrógeno, ya que este no se mantendrá acelerado y dependiendo de la demanda de la cantera el actuador recibirá una señal para acelerar o desacelerar al grupo electrógeno, por lo cual se obtendrá una variación en su ángulo desde 0.16° hasta 2.53° teniendo un movimiento máximo total de 8.18° a su máxima demanda.
- Con la implementación del regulador automático de velocidad se estima tener un ahorro en el costo del combustible en un 41.6%, recuperando la inversión y al mismo tiempo mejorando la economía en la cantera ya que habrá un ingreso extra de \$ 152.16.

7.2 Recomendaciones

- Antes de inyectar carga al generador se recomienda tenerlo encendido durante 15 min como mínimo para que al momento del funcionamiento este se encuentre en una temperatura de trabajo normal y así tener una regulación de velocidad más eficiente.

- En la instalación del sistema de control de velocidad es necesario instalarlo en una parte accesible y visible, para ver posibles fallas de la parte mecánica o eléctrica y detectarlos de la manera más rápida posible para poderlos corregir y evitar daños en la placa electrónica.
- Antes de sacar al generador del servicio es recomendable quitar toda la carga que se está inyectando al generador, y espera 10 minutos para apagar el generador, evitando daños a la placa o el generador.



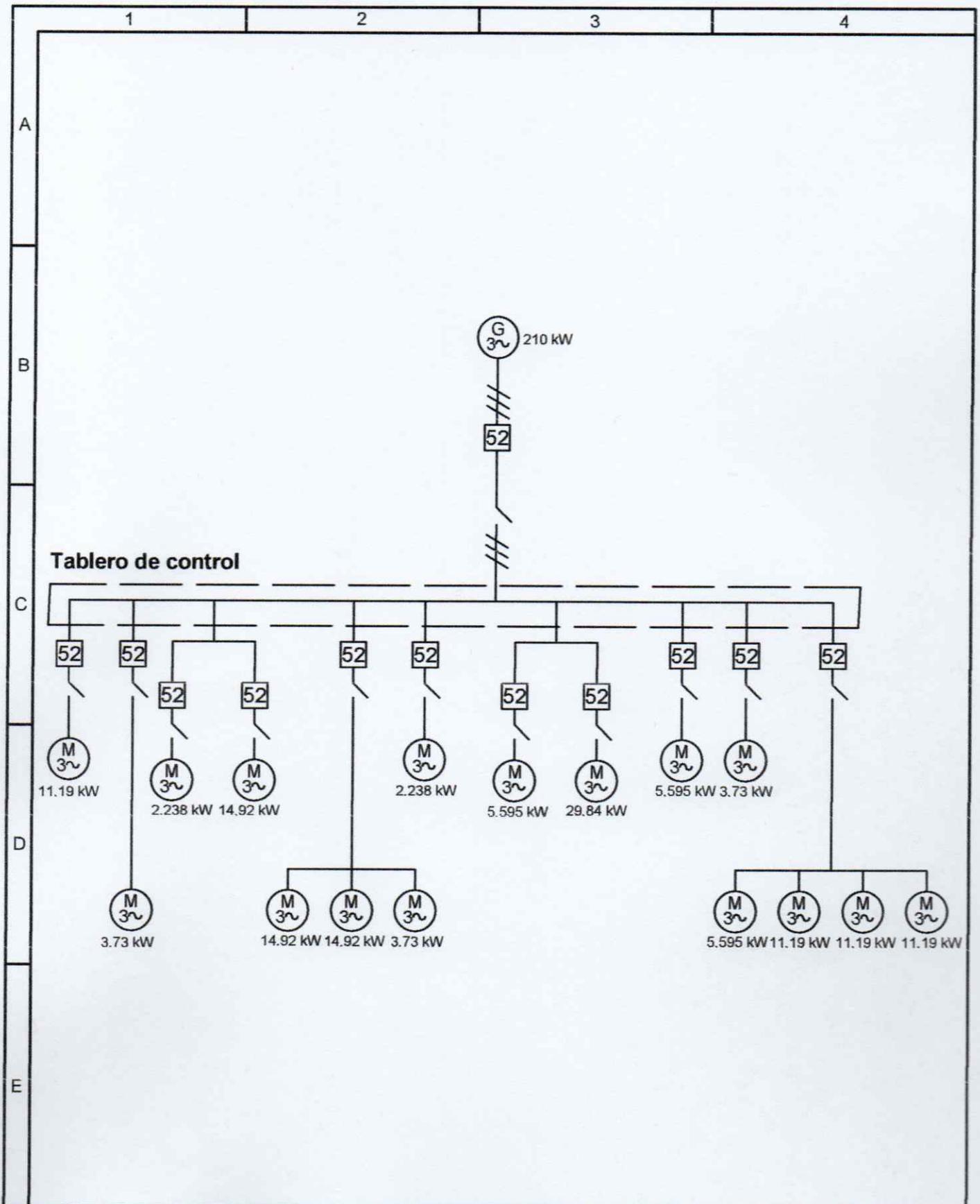
8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Lacoste, S. Colicigno , E. Corti y M. Yablonski, «Grupos eléctricos,» 2011.
- [2] M. Francisco, R. Díaz , M. Castro y Á. Costa, «Grupos eléctricos y calidad de la energía,» *Ingeniería energética*, vol. XXVIII, n° 2, pp. 35-44, 2007.
- [3] J. Gómez Quiñones, *Producción y generación de energía eléctrica*.
- [4] GRUPEL, «GRUPEL,» 27 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://grupel.eu/es/grupel-es/como-funciona-generador-diesel/>. [Último acceso: 01 06 2018].
- [5] U. D. Bosco, «Manual de Laboratorio; Motores de combustion Interna I,» 01 Abril 2004. [En línea]. Available: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/mecanica-ingenieria/motores-de-combustion-interna/2014/i/guia-8.pdf>. [Último acceso: 01 Junio 2018].
- [6] «De máquinas y herramientas,» 23 12 2015. [En línea]. Available:

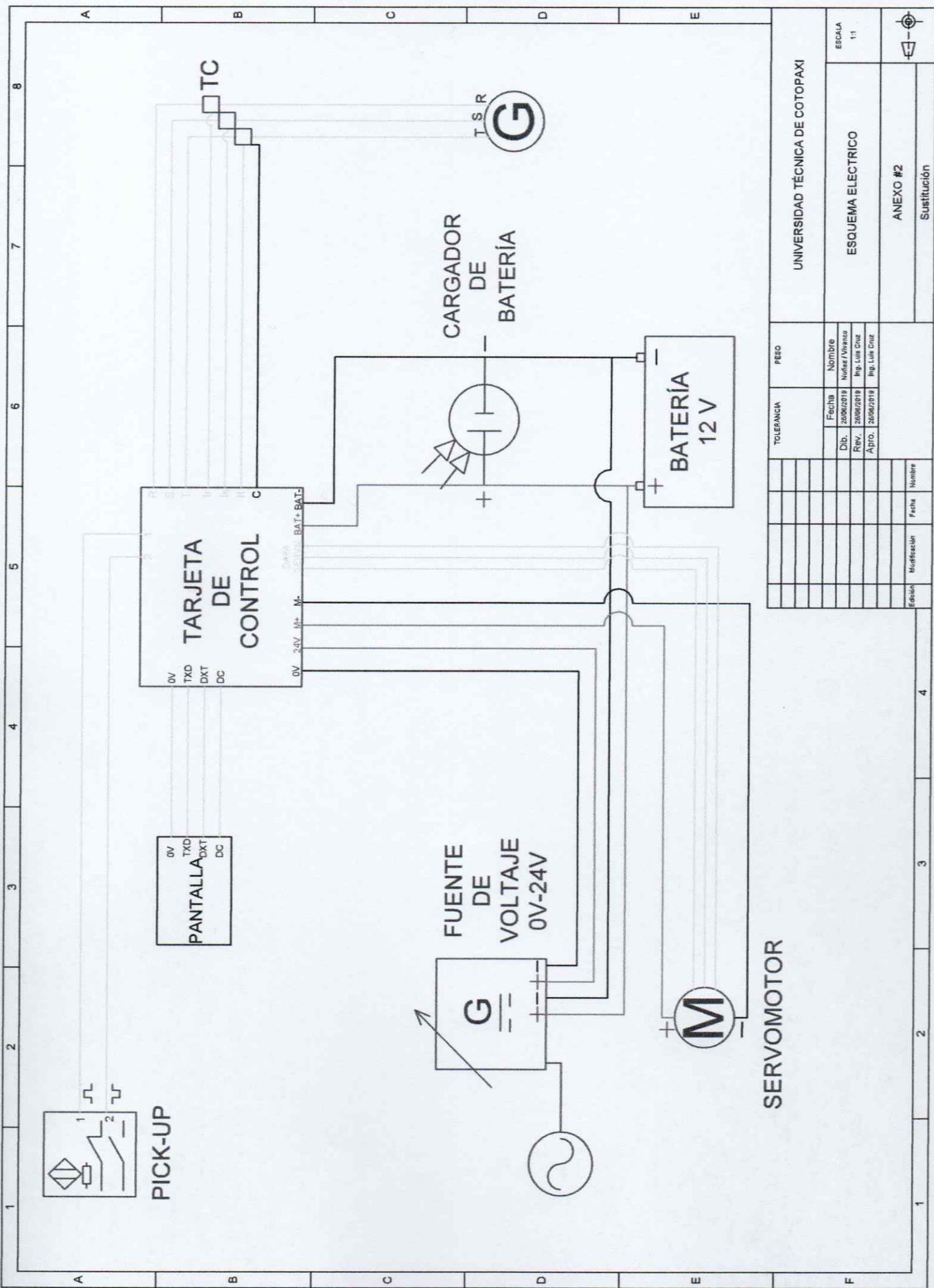
<https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/generadores-o-grupos-electrogenos>.

- [7] «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna. [Último acceso: 01 junio 2018].
- [8] «Mrbeanypieles,» 23 06 2017. [En línea]. Available: <http://mrbeanypieles.blogspot.com/2017/06/motor-otto.html>.
- [9] A. Martínez Villegas , «Motores de combustión interna,» 2007.
- [10] «Uto,» [En línea]. Available: http://docentes.uto.edu.bo/alvargaso/wp-content/uploads/5GENERADORES_DIESEL.pdf. [Último acceso: 01 Junio 2018].
- [11] C. Rojas , «Scribd,» 03 Julio 2012. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/98950683/Capitulo-2-Gobernador-de-Velocidad-SISTEMAS-DE-POTENCIAS-II>. [Último acceso: 25 Junio 2018].
- [12] WOODWARD, «Product Manual 82493,» 01 2016. [En línea]. Available: <http://www.woodward.com/>. [Último acceso: 25 06 2018].
- [13] CAT, «Grupo motor generador CATERPILLAR G3306 EPG».
- [14] M. E. M. Marroquin, «Biblioteca.usac,» Octubre 2003. [En línea]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0514_EA.pdf. [Último acceso: 27 Enero 2019].
- [15] D. Meganeboy, «Aficionados a la Mecanica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea-regulador.htm>. [Último acceso: 27 Enero 2019].
- [16] «Blog,» 14 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://blog.330ohms.com/2013/10/14/que-son-los-actuadores-electronicos/>. [Último acceso: 30 Junio 2018].
- [17] YoREPARO, «YoREPARO,» Ilirey, 2017. [En línea]. Available: <https://yoreparo.com/industria/electricidad/preguntas/626747/concepto-de-carga-instalada-y-carga-demandada>. [Último acceso: 13 Junio 2018].
- [18] PANAMAHITEK, «PANAMAHITEK,» 02 Febreo 2016. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>. [Último acceso: 01 06 2018].
- [19] CLR, «COMPAÑIA LEVAMTINA DE REDUCTORES,» 29 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/aplicaciones-tornillos-sinfin/>. [Último acceso: 01 06 2018].
- [20] Venta de generadores electricos, «Venta de generadores electricos,» 07 Mayo 2017. [En línea]. Available: https://www.ventageneradoreselectricos.es/blog/25_La-potencia-de

- los-Generadores-Electricos.html. [Último acceso: 13 Junio 2018].
- [21] J. C. Nizama Valdez, «Control digital de la excitación de un generador síncrono,» PIURA, 2013.
- [22] «Mcielectronics,» [En línea]. Available: <http://cursos.mcielectronics.cl/que-es-un-microcontrolador-1/>. [Último acceso: 15 12 2018].
- [23] National Semiconductor, «LM185/LM285/LM385,» 2000.
- [24] Broadcom, «broadcom,» [En línea]. Available: <https://www.broadcom.com/products/optocouplers/industrial-plastic/specific-function/isolated-voltage-current-detector/hcpl-3700>. [Último acceso: 15 01 2019].
- [25] «EcuRed,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/Lm741>. [Último acceso: 15 01 2019].
- [26] «Supermavster,» [En línea]. Available: <https://supermavster.com/post/software-proteus-87>. [Último acceso: 04 01 2019].
- [27] NEXTION, «NEXTION,» ITEAD STUDIO, 2011-2018. [En línea]. Available: <https://nextion.itead.cc/?fbclid=IwAR0ThNnwYrOPNQxzI8aAotKL-Rzq67DgOkm-WJfYP3LF-9xC2w9VC0DjSh4>. [Último acceso: 15 01 2019].

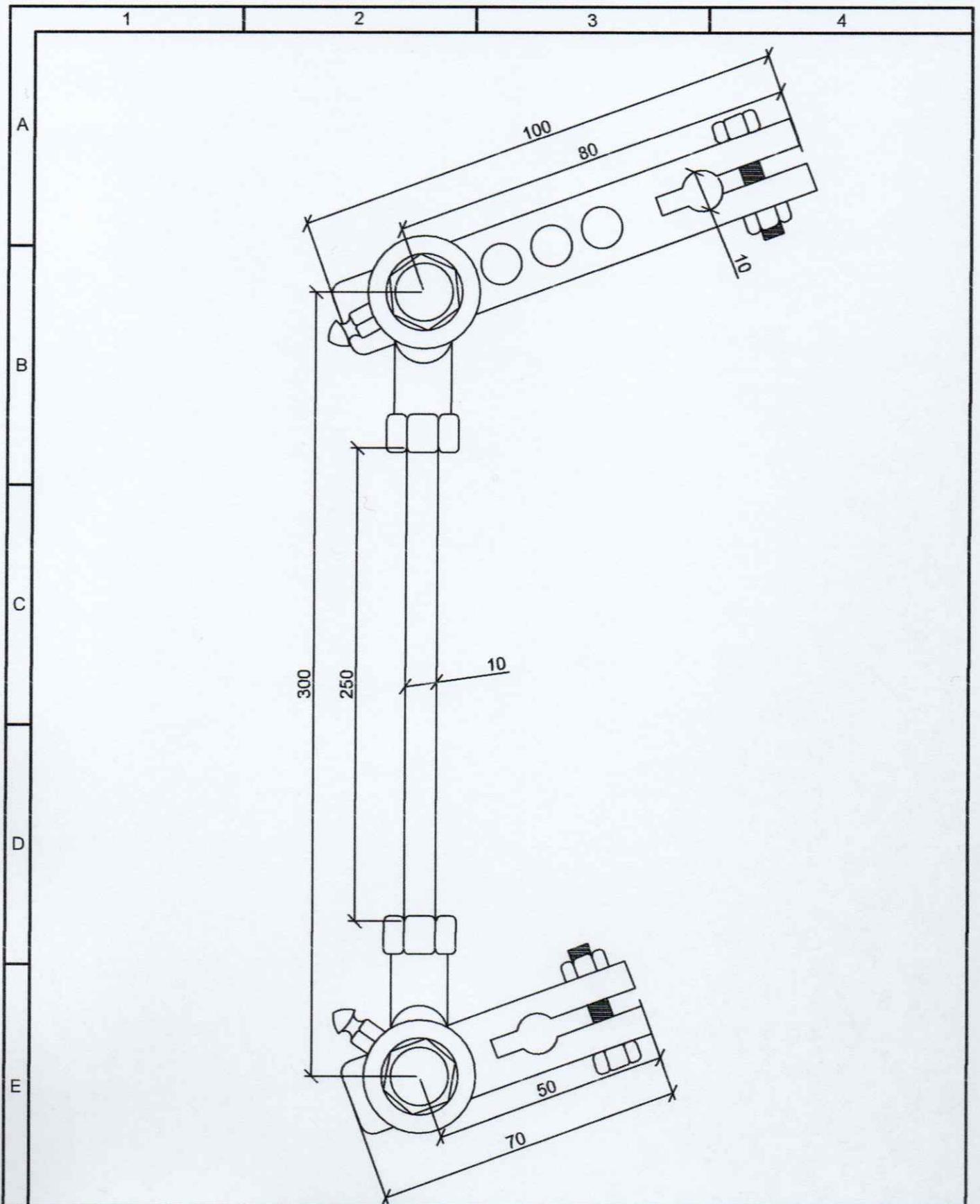


				Tolerancia	Peso	Universidad Técnica de Cotopaxi	
				Fecha	Nombre	DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CANTERA SAN JOAQUÍN 2	Escala:
			Dib.	03/07/19	NUÑEZ,VIVANCO		1:1
			Rev.	03/07/19	Ing.Luis Cruz		
			Apro.	03/07/19	Ing.Luis Cruz		
						ANEXO #1	
						Sustitucion	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
TOLERANCIA	PEZO
	Nombre
	Fecha
	Dib. 20/06/2019
	Dib. 20/06/2019
	Rev. 20/06/2019
	Rev. 20/06/2019
	Apr. 20/06/2019
	Apr. 20/06/2019
	Ing. Luis Cruz
	Ing. Luis Cruz
	Nombre
	Fecha
	Modificación
	Nombre

ESQUEMA ELECTICO	
ANEXO #2	
Sustitución	
ESCALA 1:1	



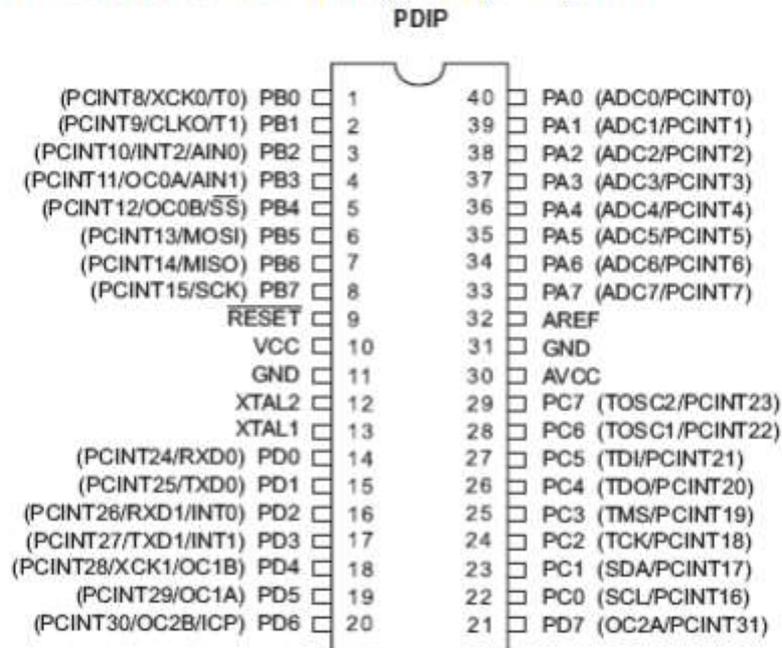
				Tolerancia	Peso	Universidad Técnica de Cotopaxi		
						VARILLAJE PARA EL CAT 3306	Escala: 1:1	
				Dib.	27/04/15 Nuñez, Vivanco			
				Rev.	28/04/15 Ing. Luiz Cruz			
				Apro.	28/04/15 Ing. Luis Cruz			
						ANEXO #3		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			Sustitucion		

Materiales utilizados en el diseño de la placa electrónica de control

Cantidad	Descripción	Nomenclatura
2	Capacitores 22pF	C1-C2
3	Capacitores 10uF	C3-C5
3	Capacitores 100nf	C6-C7, C9
1	Capacitor de 1uf	C8
3	Resistencias de 1K	R1,R4,R8
13	Resistencias de 10k	R2,R6,R9,R10,R21-R23,R25,R28-R32
3	Resistencias de 5W1ΩJ	R3,R5,R7
1	Resistencia 100k	R11
2	Resistencias 1k	R12, R24
2	Resistencias de 33k	R13,R14
3	Resistencias de 22k	R15,R26,R27
4	Resistencias 5W0,1ΩJ	R16-R19
1	Resistencia de 330Ω	R20
1	ATMEGA 164P	U1
1	TL084	U2
1	LM393	U3
1	4N35	U7
4	LM338T	U8,U10-U12
1	LM741	U9
1	7805	U13
1	Diodo led Verde	D1
1	Diodos 1N4148	D2-D10
1	Diodo 10A07	D11
1	BUZZER	BUZZER
10	Borneras 2P	0-24V,BAT+BAT-, M+M-,PICKUP, I1-I3
1	Bornera 3P	VOL
1	Grabador	ISP
1	Crystal 11059200HZ	X1
1	TFT Nextion	NEXTION
1	Servomotor	SERVOR
1	Conector tipo hembra	J1

1. CONFIGURACIÓN DE PINES

Figura 1-1. Pines de Salida del ATmega164P/324P/644P

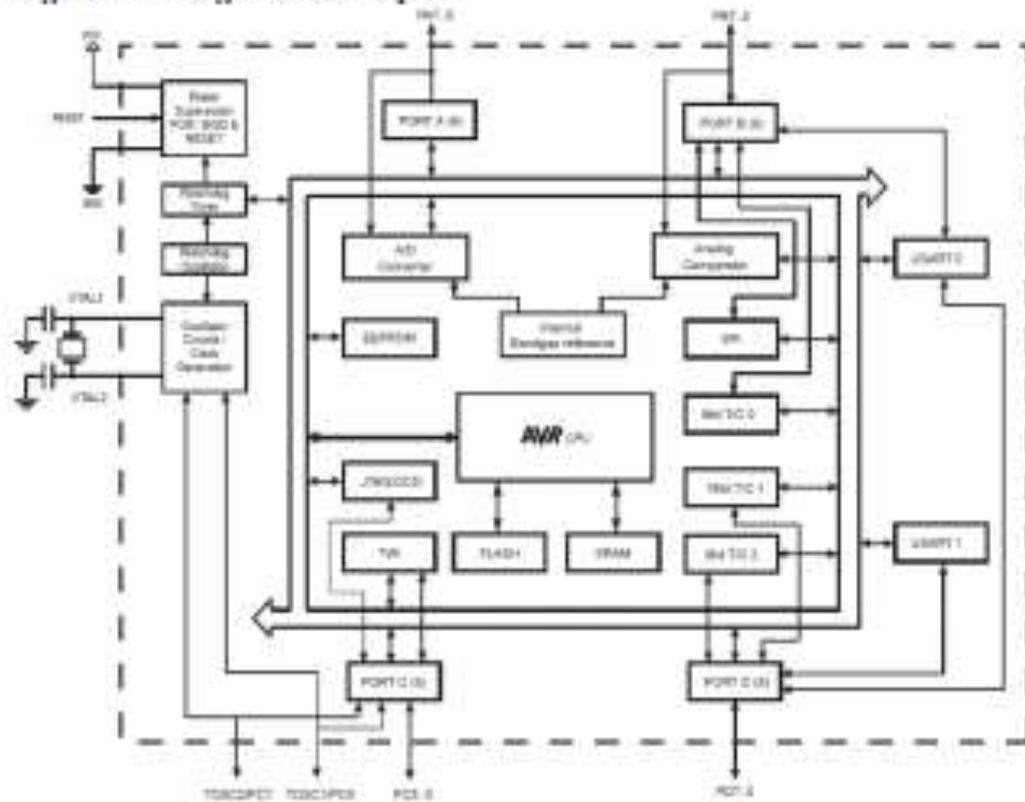


2. Revisión Global

El ATmega164P/324P/644P es un microcontrolador CMOS de 8 bits de bajo consumo basado en la arquitectura RISC mejorada. Sus instrucciones se ejecutan en un ciclo de máquina, el ATmega164P / 324P / 644P consigue transferencia de información alrededor de 1 MIPS por MHz admitido por el sistema, permitiendo al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía versus la velocidad de procesamiento.

2.1 Diagrama de Bloque

Figura 2-1. Diagrama de Bloques



El core (núcleo) AVR combina un conjunto de instrucciones RISC con 32 registros para uso de propósito general. Todos los 32 registros están directamente relacionados con la Unidad Aritmética Lógica (ALU), admitiendo dos registros independientes al ejecutarse una instrucción en un ciclo de máquina. El resultado de esta arquitectura es más eficiente, se consigue un caudal de flujo y transferencia hasta diez veces más rápido que microcontroladores CISC convencionales.

El ATmega164P / 324P / 644P provee las siguientes características: 16/32 / 64K bytes en el sistema de Flash Programable con capacidad de lectura y escritura de 512B/1K/2K bytes en la EEPROM, 1/2/4K bytes en la SRAM, 32 pines de E/S para propósito general, 32 registros de propósito general, Contador en Tiempo real (RTC), tres Timer/Contadores flexibles con modo de Comparación y PWM, 2 USARTs, un byte orientado a la Interfaz Serial de 2 hilos, 8 canales ADC de 10 bits con opción de entrada Diferencial con ganancia programable, Watchdog Timer programable con oscilador interno, un Puerto serial SPI, Interfase de prueba JTAG, también usado para acceder al sistema On-chip Debug y seis modos de programación seleccionable para ahorro de energía. El modo Idle detiene al CPU mientras permite a la SRAM, Timer/Contador, Puerto SPI y al sistema de interrupciones continuar funcionando.

2.3.2 GND

Tierra

2.3.3 Puerto A (PA7:PA0)

El puerto A sirve como entradas analógicas para el convertor Análogo Digital. El puerto A también sirve como un puerto bidireccional de 8 bits con resistencias internas de pull up (seleccionables para cada bit). Los buffers de salida del puerto A tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad.

Los pines del puerto A están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas o cuando el reloj no este corriendo. El puerto A también sirve para varias funciones especiales del ATmega164P/324P/644P como la Conversión Análoga Digital.

2.3.4 Port B (PB7:PB0)

El puerto B es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull up.

Las salidas de los buffers del puerto B tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad.

Los pines del puerto B están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas o cuando el reloj no esté corriendo. El puerto B también sirve para varias funciones especiales del ATmega164P/324P/644P como se menciona en las páginas iniciales.

2.3.5 Port C (PC7:PC0)

El puerto C es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull up (seleccionadas por cada bit). Las salidas de los buffers del puerto C tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad.

Los pines del puerto C están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas siempre y cuando el reloj no este corriendo. El puerto C también sirve para las funciones de Interfaz del JTAG, con funciones especiales del ATmega164P/324P/644P como se menciona en las páginas iniciales.

2.3.6 Port D (PD7:PD0)

El Puerto D es un puerto bidireccional de entradas y salidas con resistencias internas de pull up (seleccionadas por cada bit). Las salidas de los buffers del puerto D tienen características simétricas controladas con sumideros de fuentes de alta capacidad.

Los pines del Puerto D están en tri-estado cuando llega una condición de reset activa, siempre y cuando el reloj no esté corriendo.

El puerto D también sirve para varias funciones especiales del ATmega16P/324P/644P como se menciona en las páginas iniciales.

2.3.7 $\overline{\text{RESET}}$

Entrada del Reset. Un pulso de nivel bajo en este pin por periodos de pulso mínimo genera un reset, siempre y cuando el reloj no esté corriendo.

La longitud del pulso mínimo está especificada en las Características y Sistemas de Reset (Páginas 331 del Data Sheet). Pulsos cortos no son garantizados para generar un reset.

2.3.8 XTAL1

Entrada para el amplificador del oscilador invertido y entrada para el circuito de operación del reloj interno.

2.3.9 XTAL2

Salida del Oscilador amplificador de salida.

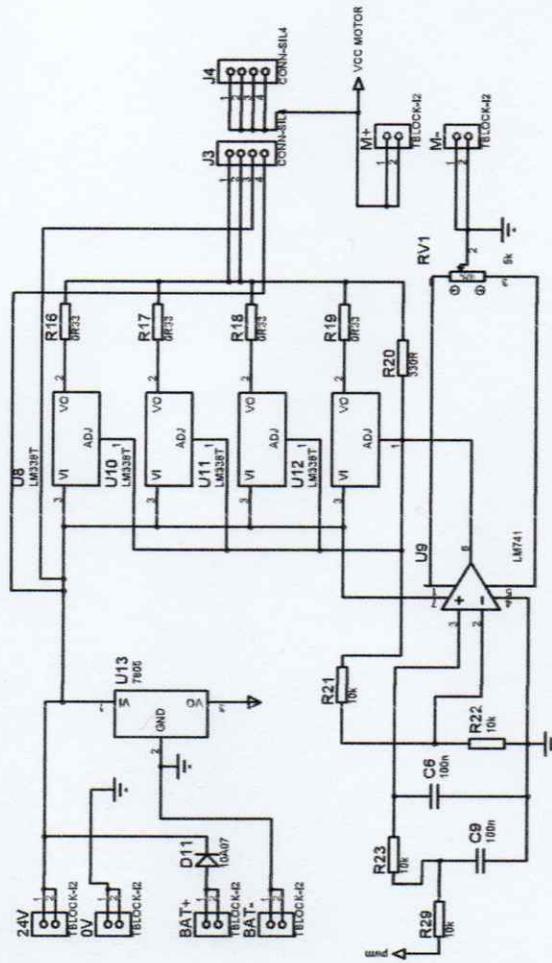
2.3.10 AVCC

AVCC es la alimentación de voltaje para el pin del Puerto F y el Conversor Análogo a Digital. Este debe ser conectado externamente a VCC, siempre y cuando el ADC no sea usado. Si el ADC es usado, este deberá ser conectado a VCC a través de un filtro paso bajo.

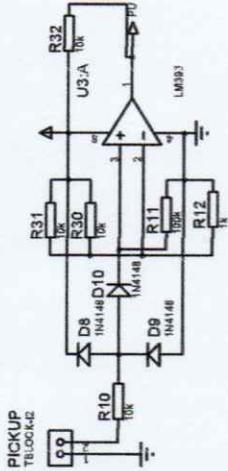
2.3.11 AREF

Esta es la referencia para el pin de la conversión Análoga a Digital.

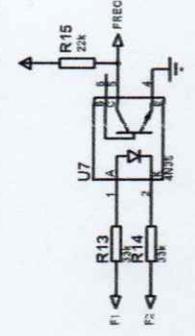
1 2 3 4 5 6 7 8



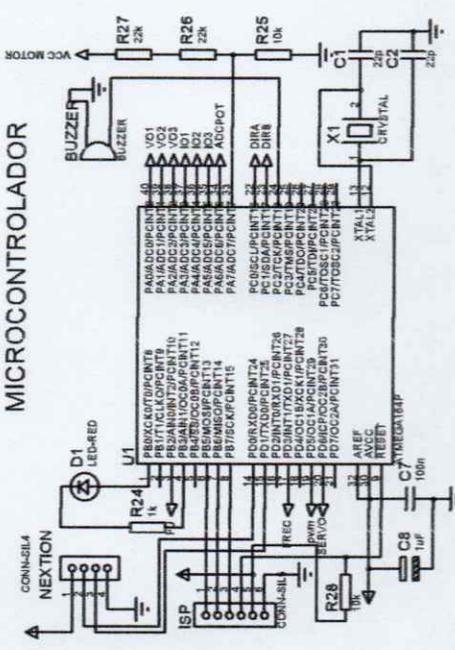
MEDIR FRECUENCIA MECANICA



MEDIR FRECUENCIA RED



MICROCONTROLADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
ESQUEMA ELECTRICO	
ESCALA 1:1	
Fecha	Nombre
Dib. 20/06/2019	Ing. Luz Cruz
Rev. 20/06/2019	Ing. Luz Cruz
Apro. 20/06/2019	Ing. Luz Cruz
TOLERANCIA	PESO
Relación	Modificación
	Fecha
	Nombre

ANEXO #6
Sustitución

1 2 3 4

Anexo #7	Líneas de programación
-----------------	-------------------------------

```
regfile = "m164Pdef.dat"
$crystal = 11059200
$hwstack = 140
$swstack = 160
$framesize = 132
$baud = 9600
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc
Config Timer1 = Timer , Prescale = 64
On Timer1 Frecuencia
Enable Timer1

Config Int2 = Falling
Enable Int2
On Int2 Pulso
Ddrb.0 = 1
Ddrb.3 = 1

Led_testigo Alias Portb.0
Buzzer Alias Portc.2

Ddrc.2 = 1

'pin del servo control
Ddrd.6 = 1
Servo Alias Portd.6

Dim F1 As Byte
Dim S As Byte
Dim C As Byte
Dim D(250) As Word
Dim Pantalla As Byte
Dim W As Word
Dim Tt As Word
Dim Pulsos As Word
Dim Analogico As Word
Dim Voltaje_r As Single
Dim Voltaje_s As Single
Dim Voltaje_t As Single
Dim Corriente_r As Single
Dim Corriente_s As Single
Dim Corriente_t As Single
Dim Voltaje_r_t As Single
Dim Voltaje_s_t As Single
Dim Voltaje_t_t As Single
Dim Corriente_r_t As Single
Dim Corriente_s_t As Single
Dim Corriente_t_t As Single
```