

 Institución Universitari	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **Diseño y Propuesta de un Generador Eléctrico Impulsado por un Motor Diésel LISTER**

JAVIER AUGUSTO ARREDONDO OZUNA

WILFRED FERNEY SANTA VÉLEZ

Ingeniería Electromecánica

Santiago Gómez Arango

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ingenierías

Medellín

2017

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## RESUMEN

---

En este trabajo se presenta el diseño de un generador eléctrico impulsado por un motor diésel repotenciado. Se propone realizar la transmisión de potencia entre Motor – Generador para realizar adecuadamente el proceso de generación de energía.

Con el fin de trabajar fuera de la red eléctrica interconectada, es frecuente plantear la construcción de fuentes generadoras a partir motores diésel. Adicionalmente, se tienen limitaciones de movilidad a la hora de realizar trabajos en diferentes zonas sin cableado de la red eléctrica convencional. Por tal motivo, la propuesta incluye la autonomía en el proceso de generación y disponibilidad del servicio gracias a su diseño de transporte por tráiler.

El proceso de transmisión de potencia entre el motor diésel Lister y el generador eléctrico incluye un sistema mecánico de componentes polea-banda conocido como transmisión de potencia flexible.

Por último, la plataforma de transporte se basa en una robusta estructura física que permite la operación de la máquina sin afectar el desempeño del sistema de generación.

**Palabras clave:** Sistema eléctrico, Generador de energía eléctrica, Transmisión mecánica, motor diésel, primotor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# AGRADECIMIENTOS

---

*Por Javier Arredondo:*

A lo largo de todo este proceso de formación superior me he visto acompañado por personas que han influido de forma muy especial en mi vida por tal motivo quiero rendir homenaje en principio a mi madre María Celestina Ozuna Mercado, quien siempre me ha brindado su apoyo y un aliento para cruzar mis metas, igualmente destaco la gran labor de mi padre Javier de Jesús Arredondo quien siempre ha estado presente y dispuesto a ayudarme.

Este logro no sería posible sin todas las contribuciones de mis maestros, son ellos quienes han puesto su paciencia, su conocimiento y su vida en favor de mi aprendizaje y el de mis compañeros; hago especial énfasis en el maestro Santiago Gómez Arango quien dispuso su tiempo y dedicación para que este proyecto fuera posible.

Cabe resaltar la gran labor por parte del ITM pues gracias a todas las oportunidades que nos ha brindado es que podemos desempeñarnos como profesionales, fueron todas las experiencias y los aprendizajes los que nutrieron de sentido este proceso de formación en este tan valorado espacio.

A todos los familiares, maestros, amigos y demás personas que influyeron en este proceso muchas gracias.

*Por Wilfred Santa:*

En el presente trabajo me permito expresar mi más profundo agradecimiento para todas aquellas personas que han representado mi fuerza y aliciente en todo momento.

Le brindo especial homenaje a mi madre María Eugenia Vélez Gómez quien siempre me ha apoyado y llenado de grandes expectativas durante toda mi vida, gracias a ella muchos de los sueños han sido posibles; del mismo modo quiero agradecer a mi padre Luis Eduardo Santa Gallego quien representa un gran ejemplo a seguir y quien ha dispuesto su vida y esmero para nutrir y hacer realidad las metas que me he propuesto, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mis maestros y compañeros les agradezco de corazón por todas las experiencias y aprendizajes que hemos compartido, porque son ustedes quienes han dado sentido a estos últimos años y quienes representan una gran época de mi vida.

Especialmente, al maestro Santiago Gómez Arango quien dispuso su tiempo, dedicación, conocimiento y empeño en ayudarnos a construir este trabajo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Al ITM, que ha sido como mi casa durante varios años, quiero reconocerle su gran labor y su gran visión educativa pues gracias a eso mi proceso de formación ha sido posible.

A todos muchísimas gracias.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# ACRÓNIMOS

---

<i>Pd</i>	Potencia de diseño
<i>Rv</i>	Relación de velocidad
<i>Fs</i>	Factor de servicio
<i>rpm</i>	Revoluciones por minuto
<i>AWG</i>	Medida de conductores eléctricos
<i>kVA</i>	Kilovoltio amperio
<i>W</i>	Vatio
<i>kW</i>	Kilo Vatio
<i>V</i>	Voltio
<i>In</i>	Corriente nominal
<i>Hp</i>	Caballo de fuerza
<i>A</i>	Amperio
<i>N</i>	Newton
<i>m</i>	Masa
<i>g</i>	Gravedad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# TABLA DE CONTENIDO

---

1. INTRODUCCIÓN.....	8
Objetivo General .....	8
Objetivos Específicos.....	8
Estructura del Trabajo de Grado .....	9
2. MARCO TEÓRICO .....	10
Definiciones.....	11
3. METODOLOGÍA .....	14
Selección De Generador.....	14
Diseño de Red Eléctrica.....	14
Cálculos para Acoplamiento Mecánico .....	15
Diseño de Plataforma.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	34
Manual de Usuario .....	36
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
6. REFERENCIAS .....	42

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Dimensiones de la polea .....	19
Figura 2. Diagrama de cuerpo libre de la plataforma .....	21
Figura 3. Diagrama de esfuerzos cortantes y momento flector .....	25
Figura 4. Diagrama de esfuerzos.....	26
Figura 5. Diagrama de círculo de Mohr .....	26
Figura 6. Diagrama de fuerzas distribuidas de la viga vertical .....	27
Figura 7. Vista corte 1 .....	28
Figura 8. Vista corte 2 .....	29
Figura 9. Vista corte 3 .....	29
Figura 10. Vista corte 4 .....	30
Figura 11. Diagrama de fuerza cortante .....	31
Figura 12. Diagrama de momento flector .....	31
Figura 13. Diagrama de esfuerzos.....	32
Figura 14. Reacción en el eje .....	32
Figura 15. Motor Diésel en funcionamiento.....	34
Figura 16. Adición de combustible no renovable a generador eléctrico diseñado .....	35
Figura 17. Simbologías de seguridad. ....	36

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# 1. INTRODUCCIÓN

---

Pensando en generar energía eléctrica optimizando costos, este trabajo pretende aprovechar un motor diésel de la marca Lister Peter que se encuentra en estado de abandono en la subestación eléctrica de la universidad. La idea general de este proyecto se centra en adaptar un generador eléctrico a este motor y utilizarlo en lugares que carezcan de energía. Adicionalmente, se pueden concebir otras posibilidades como usar el proyecto con fines didácticos dentro de la universidad, generando un acercamiento de primera mano por parte de los estudiantes a prácticas y conceptos interdisciplinarios dentro de la ingeniería electromecánica.

En consecuencia, se presenta un motor que trabaja mediante combustible no renovable y como opción en el proceso de transmisión de potencia se plantea utilizar bandas y poleas; como principales características se tiene la rápida y fácil instalación, su operación silenciosa y las largas expectativas de vida que representan reducción de costos en mantenimiento. El grupo de generación eléctrica se diseña con disponibilidad de transporte para satisfacer necesidades eléctricas en lugares sin conexión a la red o como respaldo de la misma; para tal fin se tuvo presente configuraciones de generación aisladas o de mini-red.

## Objetivo General

Proponer y diseñar un equipo de generación eléctrica con disponibilidad de transporte para satisfacer necesidades eléctricas en lugares sin conexión a la red o como respaldo de la misma.

## Objetivos Específicos

- Seleccionar generador eléctrico, considerando una carga aproximada de 12kVA y un primotor de 16Hp.
- Seleccionar acoplamiento mecánico.
- Diseñar plataforma de transporte.
- Diseñar red eléctrica.
- Proponer manual de usuario.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## Estructura del Trabajo de Grado

En el capítulo 1. Se realiza una introducción acerca del problema de investigación, se detalla el tema, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el capítulo 2. Se especifica el marco teórico, donde encontraremos una reseña histórica, unos antecedentes investigativos y comparativos entre las energías alternativas renovables y no renovables, definiciones sobre el tema a tratar.

En el capítulo 3. Se trata el marco metodológico donde se detallan aspectos de cómo se cumplieron y desarrollaron cada uno de los objetivos planteados.

En el capítulo 4. Se realiza el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

En el capítulo 5. Se establecen las conclusiones y recomendaciones que dará lugar a la posterior realización del trabajo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 2. MARCO TEÓRICO

---

El motor diésel como primotor o fuerza mecánica de un generador eléctrico es ampliamente utilizado para la producción de energía, debido a su autonomía y comercialización, adicionalmente con el fin de minimizar el uso de combustibles fósiles se propone el cambio a energías renovables para utilizar en plantas de energía eléctrica. En (Márquez, 2008), se muestra que el aceite vegetal cumple con características y propiedades similares a las del diésel, por lo que es factible que dicho aceite sea utilizado como un combustible en un motor diésel.

Las plantas de generación como una opción que permite el abastecimiento de zonas no interconectadas con una red eléctrica, incluye un prototipo basado en el acoplamiento de un motor diésel (Bedoya Caro, 2007), el cual, permite que el proceso de generación se lleve a cabo bajo diferentes condiciones, evaluando el comportamiento termodinámico, mecánico y ambiental del diseño propuesto. Esto muestra que el motor diésel presenta avances en su estructura y funcionamiento.

Ante un fallo en el sistema eléctrico, las plantas de generación de energía respaldan eléctricamente a las cargas sostenidas por la red eléctrica conectada, con el fin de atender equipos críticos de los procesos industriales (Guaiquiran, 2009).

Las bandas y poleas, representan una opción en el proceso de transmisión de potencia, ya que su instalación, operación silenciosa y largas expectativas de vida representan reducción de costos en mantenimiento (Mott, 2006) y (Ducasse, 2007).

Durante décadas se han utilizado materiales fósiles como como punto de partida para la generación de energía; este tipo de energías no renovables traen consigo algunos puntos a favor como el bajo costo de la extracción en comparación con otras fuentes de energía, una amplia disponibilidad del material dependiendo de la zona geográfica y una relativa facilidad al momento de su extracción; no obstante, también presentan algunas problemáticas que cobran importancia cada vez más, se pueden destacar entre éstas: la emisión de gases tóxicos que

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

afectan diferentes ecosistemas, el rápido y progresivo agotamiento de las reservas naturales y su amplia contaminación.

Hasta el momento los materiales fósiles han permitido un crecimiento de la industria y de la humanidad en términos de progreso y calidad de vida, pero debido a los efectos ambientales que producen se repensó la forma de producción energética; nació entonces la idea de utilizar fuentes de energías renovables que permitan su uso permanentemente sin agotar las reservas, además de contribuir a la disminución del calentamiento global y el normal proceso de las múltiples formas de vida en los ecosistemas, no obstante, las energías renovables representan altos costos (Paul, 2013)

Por tanto, para utilizar tecnologías no renovables en el proceso de generación de energía eléctrica, se recurre a “la repotenciación de equipos obsoletos como una opción que representa beneficios y alternativas de generación confiables debido a que es un sistema ya validado.” (Vargas Dagua Sebastian Roque, 2014)

## Definiciones

*Mini Red:* son las plantas de generación eléctrica que se encuentran en el rango de producción entre 1 kW y 700 kW (FREDY ORESTES, GORDIANO DANNY, & CABRERA DARWIN, 2009).

*Grupo Electrónico:* Un grupo electrónico es una máquina compuesta por un motor y un generador eléctrico, el motor es el encargado de impulsar al generador mediante un sistema de transmisión de potencia mecánica, a su vez el generador convierte este movimiento mecánico de rotación en electricidad, de esta manera y en conjunto con otros elementos se tiene el proceso final de producción de energía.

Los grupos electrónicos básicamente son implementados con el objetivo de cumplir la función de respaldo eléctrico en diferentes zonas donde se puedan presentar ausencias de tensión constantes o periódicas, como ejemplos se pueden destacar las zonas rurales y zonas que requieran del suministro eléctrico constante debido al tipo de actividad que se desarrolla (Luzplantas.com, 2011).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

*Generador:* Un generador es una máquina diseñada para crear un diferencial de potencial entre dos puntos internos de su estructura, esto se logra a través de un movimiento producido por otra máquina externa que ayuda a la producción de dicho movimiento, el alternador como pieza importante del generador es el encargado de convertir el movimiento mecánico en electricidad, básicamente el generador como se había mencionado antes es el encargado de convertir un movimiento en flujo eléctrico (Bulonfer, 2007).

*Energías Renovables:* Las energías renovables son aquellas energías que no se agotan a pesar del uso constante que se les da y que continuamente se producen o se originan de forma natural. Dentro de la naturaleza se considera el sol como la principal fuente de producción de energías renovables ya que interviene en muchos de los procesos de producción de vida natural y de ciclos importantes que pueden ayudar a la humanidad a mantener el equilibrio ambiental. Entre las energías renovables podemos destacar la energía eólica producida a través del viento y la energía hidráulica que se genera mediante los afluentes y precipitaciones de agua (Merino, 2014).

*Combustibles Fósiles:* Los combustibles fósiles son compuestos que se originaron mediante proceso naturales entre plantas y microorganismos existentes en la tierra hace muchos años. Los combustibles fósiles por su misma composición son elementos que tienen un gran contenido energético por lo que son utilizados actualmente por la sociedad para generar diferentes procesos que ayudan al crecimiento industrial.

Los combustibles en su mayor parte son los encargados de proporcionar la energía producida en el presente, esta energía se presenta a través de las siguientes principales sustancias como el petróleo, el carbón y el gas. Dentro de los procesos más importantes y más destacados en la producción de energía eléctrica a través del carbón es en las carbo-eléctricas (Melorose, Perroy, & Careas, 2006).

*Transmisión de Potencia:* Una transmisión de potencia mecánica es un sistema que se encarga de transmitir movimiento rotacional generado por un elemento principal a otro elemento o equipo que requiere de dicho movimiento para poder desarrollar una función o actividad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

específica bajo condiciones que se deben cumplir. Una transmisión mecánica es una forma de transmitir energía mecánica a través de piezas solidas como engranes y bandas o correas.

En la actualidad las transmisiones son utilizadas en diversas aplicaciones que pueden distinguirse en sistemas netamente mecánicos y en procesos que pueden involucrar procesos mecánicos y la electricidad al tiempo.

Existen diferentes tipos de transmisión de potencia, entre los que se pueden destacar las transmisiones de potencia por correas o bandas, por cadenas y por engranes, cabe aclarar que las transmisiones de potencia mecánicas son utilizadas en su totalidad para transmitir potencia en distancias cortas (Zapata, 2007).

*Motor Diésel:* El motor diésel es una maquina térmica que genera una combustión interna producida por las altas temperaturas provenientes de la compresión del interior del cilindro, este motor se diferencia del motor de gasolina por la utilización de gasóleo como fluido de trabajo para poder desarrollar su proceso interno y desarrollar la función para la que fue empleado, además que este es de mucha más eficiencia por lo que su uso podría generar mayor confianza en los procesos (Tello, 2010).

### 3. METODOLOGÍA

---

#### Selección de Generador

Entre los criterios de selección para un generador eléctrico encontramos la demanda de la carga, la potencia del primotor, el voltaje de alimentación requerido por la carga y capacidad nominal de potencia eléctrica (Cardenas, 2007).

En el presente proyecto, se utiliza para la selección del generador una capacidad de potencia para de 16Hp (11,9kW) que es adecuado para impulsar un generador de 12kVA. La distribución sugerida para la red eléctrica del grupo electrógeno es:

Tabla1. Distribución por circuitos del generador

Circuito	Fases del circuito	Cantidad de Toma-corrientes	Tensión (V)	Disponibilidad del Circuito (VA)
1	1	10	120	1800
2	2	4	220	2000
3	3	2	220	2000
Potencia Total				5800

La disponibilidad total de diseño de nuestro grupo electrógeno es de 6kVA, con el fin de contar con cargas adicionales a futuro.

#### Diseño de Red Eléctrica

La potencia que se desea instalar es 12kVA, 3 fases

Cálculo del calibre de acometida principal (4 Hilos)

Corriente nominal (In)

$$I_n = \frac{\text{potencia aparente}}{\text{voltaje}} = \frac{12000VA}{\sqrt{3} \times 220V} = 31.5A$$

El calibre de la acometida para las 3 fases es de 8AWG, para la línea de Neutro y conductor de tierra 10AWG con protección termo magnética de 40A (Ministerio Económico y Desarrollo,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1998). Circuito número 1: se compone de 10 tomacorrientes monofásicos a 120V, cada uno tiene una potencia de 180W, en total este circuito es de 1800W

Corriente nominal circuito número 1 (Inc1)

$$Inc1 = \frac{\text{potencia total circuito}}{\text{voltaje}} = \frac{1800W}{120V} = 15A$$

El calibre para la fase es 14AWG y para el neutro y la tierra 14AWG, con una protección termo magnética de 20A (Ministerio Económico y Desarrollo, 1998). Circuito número 2: se compone de 4 tomacorrientes bifásicos de 500W cada uno, este circuito tiene una potencia instalada de 2000W

$$Inc2 = \frac{\text{potencia total circuito}}{\text{voltaje}} = \frac{2000W}{220V} = 9A$$

El calibre para las 2 fases y la tierra es de 14AWG, con una protección termo magnética de 10A (Ministerio Económico y Desarrollo, 1998). Circuito número 3: se compone de 2 tomacorrientes trifásicos a 220V con capacidad de 1000W cada uno, este circuito tiene una potencia instalada de 2000W

$$Inc3 = \frac{\text{potencia total circuito}}{\sqrt{3} \text{ voltaje}} = \frac{2000W}{\sqrt{3} \times 220V} = 5.3A$$

El calibre para las tres fases y la tierra es de 14AWG, con una protección termo magnética de 10A (Ministerio Económico y Desarrollo, 1998)

### Cálculos para Acoplamiento Mecánico

Para determinar el diámetro de la polea, longitud y tipo de banda, se toma como referencia lo establecido por (Mott, 2006). A partir de esto se muestran los siguientes cálculos:

#### Características de los equipos:

Motor diésel de 16Hp a 850rpm, Generador eléctrico de 12kVA a 1800rpm

#### Paso 1. Potencia de diseño (Pd)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se tiene un generador eléctrico que trabaja de 6 a 15 horas por día. Se tiene un factor de servicio ( $F_s$ ) de 1,2

$$Pd = (F_s) (\text{potencia de motor})$$

$$Pd = (1,2) (16Hp)$$

$$Pd = 19,2Hp$$

### Paso 2. Selección del tipo de banda

Según tablas se recomienda un tipo de banda 3V

### Paso 3. Relación de velocidad ( $Rv$ )

$$Rv = \frac{\text{rpm del motor diesel}}{\text{rpm del generador}}$$

$$Rv = \frac{850rpm}{1800rpm}$$

$$Rv = 0,47$$

### Paso 4. Cálculo del diámetro de la polea mayor

$$D1 = \frac{2 \left( 5230 \frac{Ft}{min} \right) \left( 12 \frac{pul}{1 Ft} \right)}{\left( rpm \text{ motor diesel} \right) \left( 2\pi \frac{rad}{rev} \right)}$$

$$D1 = \frac{2 \left( 5230 \frac{Ft}{min} \right) \left( 12 \frac{pul}{1 Ft} \right)}{\left( 850 \frac{rev}{min} \right) \left( 2\pi \frac{rad}{rev} \right)}$$

$$D1 = 23,5pulg$$

### Paso 5. Cálculo del diámetro de la polea menor

$$D2 = (Rv)(D1)$$

$$D2 = (0,47)(23,5pulg)$$

$$D2 = 11,04pulg$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Se recalcula la relación de velocidad

$$Rv = \frac{D2c}{D1c}$$

$$Rv = \frac{11,04pulg}{23,5pulg}$$

$$Rv = 0,47$$

Se calcula las r.p.m. de entrada al generador

$$Rv = \frac{rpm \text{ motor diesel}}{Rv}$$

$$Rv = \frac{850rpm}{0,47}$$

$$Generador = 1808rpm$$

#### **Paso 6. Selección de la potencia por banda**

Según tabla se selecciona una potencia de 6Hp

#### **Paso 7. Se selecciona la distancia entre centros aproximada**

$$D1 < C < 3 (D.1 + D2)$$

$$23,5pulg < C < 3 (23,5pulg + 11,04pulg)$$

$$C = 26pulg$$

#### **Paso 8. Se calcula la longitud de la banda**

$$L = 2C + 1,57(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C}$$

$$L = 2(26pulg) + 1,57(23,5 + 11,04pulg) + \frac{(11,04pulg - 23,5pulg)^2}{4(26pulg)}$$

$$L = 107,7pulg$$

Para la longitud de banda calculado se tiene una longitud de banda comercial de

$$Lc = 106pulg$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Paso 9. Se calcula la distancia entre centros real**

$$B = 4L - 6,28(D1 + D2)$$

$$B = 4(106) - 6,28(23,5pulg + 11,04pulg)$$

$$B = 207,08pulg$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D2 - D1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{207,08pulg + \sqrt{(207,08pulg)^2 - 32(11,04pulg - 23,5pulg)^2}}{16}$$

$$C = 25,11pulg$$

**Paso 10. Se calcula el ángulo de contacto**

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{(D2 - D1)}{2C}$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{(11,04pulg - 23,5pulg)}{2(25,11 pulg)}$$

$$\theta = 208,73^\circ$$

**Paso 11. Factores de corrección**

Se hallan por tabla los factores de corrección por ángulo de contacto y factor de corrección por longitud de banda.

$$C_\theta = 1,0$$

$$C_L = 1,07$$

**Paso 12. Se halla la potencia de banda corregida**

$$\text{potencia por banda corregida} = (6Hp)(1,0)(1,07)$$

$$\text{potencia por banda corregida} = 6,42Hp$$

**Paso 13. Se calcula el número de bandas**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$\# \text{ de bandas} = \frac{\text{potencia de diseño}}{\text{potencia por banda corregida}}$$

$$\# \text{ de bandas} = \frac{19,2Hp}{6,42Hp}$$

$$\# \text{ de bandas} = 3$$

Dimensiones de la Polea

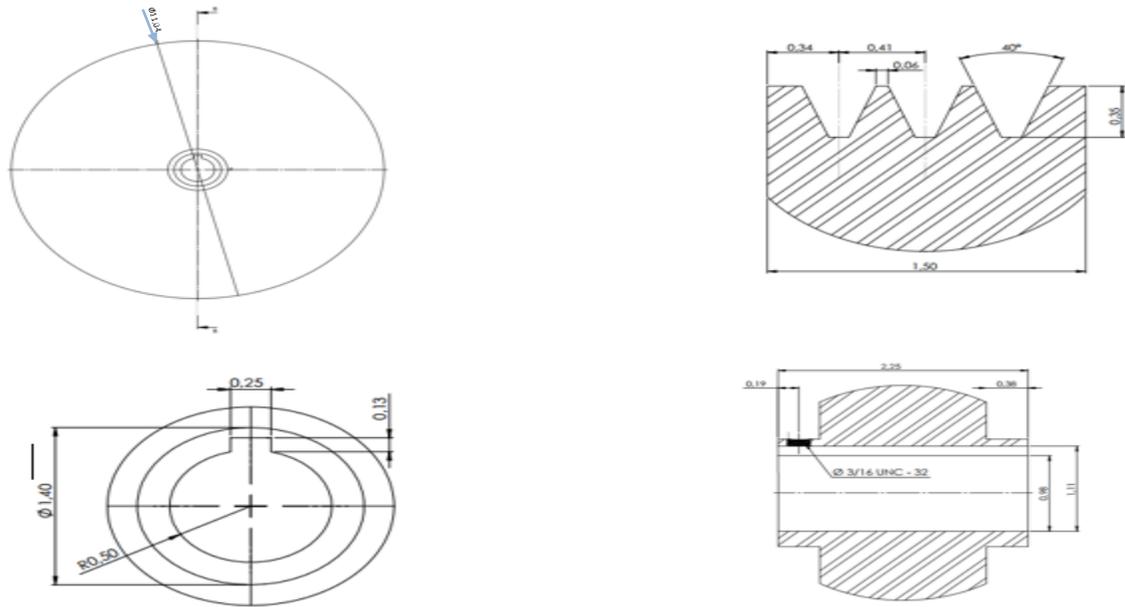


Figura 1. Dimensiones en pulgadas de la polea del generador  
Fuente: Elaboración propia

## Diseño de Plataforma

Las dimensiones de la plataforma son de 150 x 220cm y está compuesta por 2 tubos cuadrados verticales y 5 horizontales. El tubo es cuadrado en acero estructural A36 de las siguientes dimensiones 4" x 4" x 1/2" apéndice A 35 tabla A 16-5 (Mott, 2006).

### 1. Peso del tubo:

$$W_{\text{peso}} = 21.6 \text{ lbf/Ft}$$

También se utiliza una lámina de acero de 150 x 220cm para tapar la estructura, la cual tiene un espesor de 5mm y un peso de 16Kg

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**2. Peso tablero y batería:**

$$W = m \cdot g = (20 \text{ kg}) \left( 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 196.2 \text{ N}$$

**3. Peso de lámina de acero:**

$$W = m \cdot g = (16 \text{ kg}) \left( 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 156.9 \text{ N}$$

**4. Peso del motor Diésel:**

$$W = m \cdot g = (500 \text{ kg}) \left( 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 4905 \text{ N}$$

**5. Peso del generador:**

$$W = m \cdot g = (100 \text{ kg}) \left( 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 981 \text{ N}$$

**6. Dimensiones de la tubería y la plataforma:**

**Ancho del tubo:**

$$4'' \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1''} = 10.16 \text{ cm}$$

**Longitud horizontal del tubo:**

$$1.5 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 150 \text{ cm}$$

$$150 \text{ cm} - 2(10.16 \text{ cm}) = 129.68 \text{ cm}$$

**Longitud vertical del tubo:**

$$2.2 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 220 \text{ cm}$$

$$220 \text{ cm} - 5(10.16 \text{ cm}) = 169.2 \text{ cm}$$

$$\frac{169.2 \text{ cm}}{4 \text{ espacios}} = 42.3 \text{ cm}$$

**7. Condiciones de equilibrio para reacciones de las ruedas ( $R_1$  y  $R_2$ ) y el contrapeso  $R_c$ :**

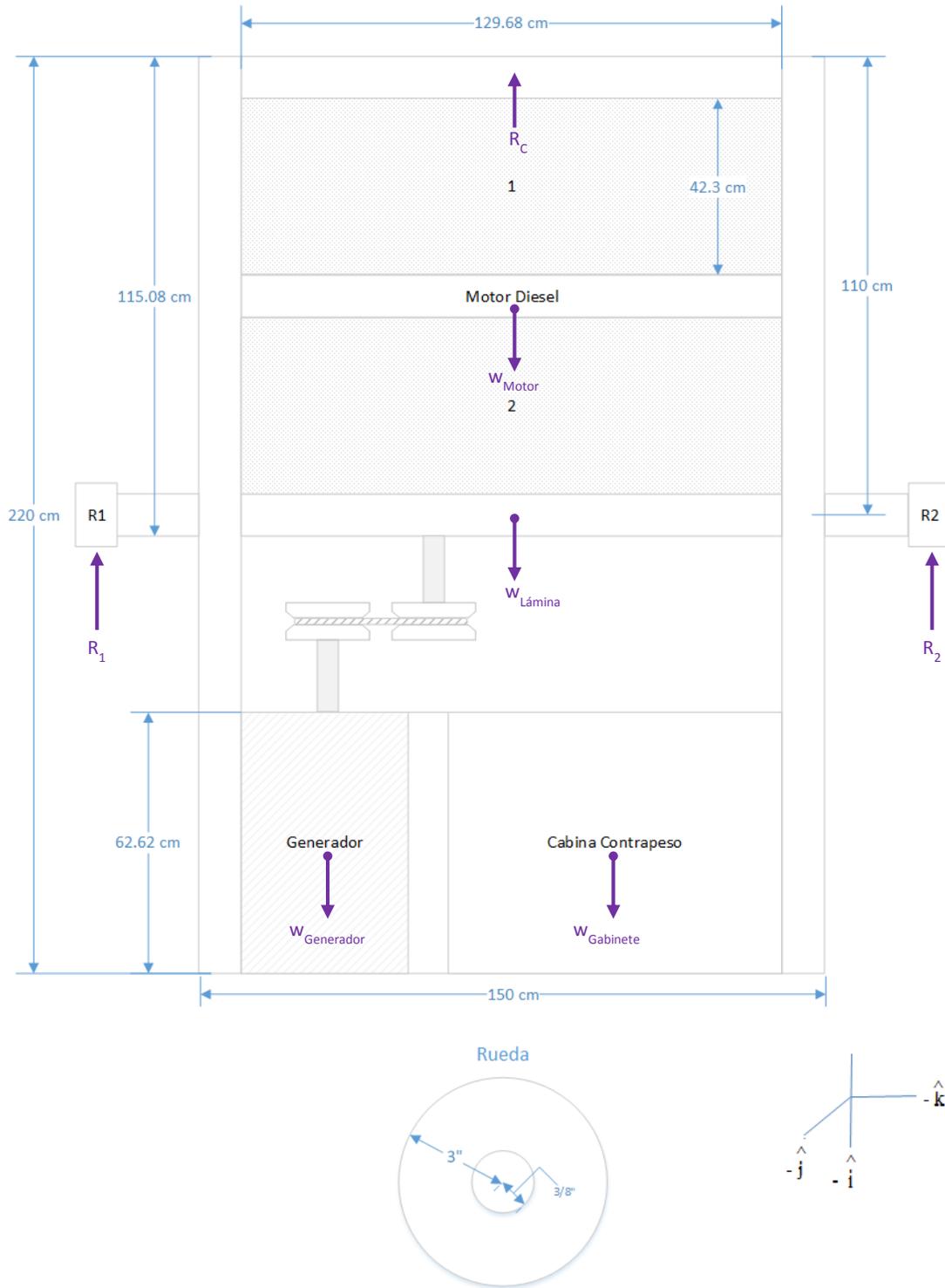


Figura 2. Diagrama de cuerpo libre de la plataforma  
Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$\sum F_x = 0 \rightarrow^{(+)}$$

$$\sum F_y = 0 \uparrow^{(+)}$$

$$R_1 + R_2 - W_{motor\ diésel} - W_{generador} + R_c - W_{tablero} - W_{peso\ lámina} = 0$$

Por la sumatoria de los *Momento* en  $R_1$ :

$$\sum M_{R_1} = 0 \text{ (Torque positivo)}$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 = 0$$

Donde  $M_1$  (Momento Fuerza  $R_2$ ),  $M_2$  (Momento del peso del motor diésel),  $M_3$  (Momento del peso del generador),  $M_4$  (Momento del tablero),  $M_5$  (Momento del peso de la lámina) y  $M_6$  (Barra de soporte).

$$\vec{M}_1 = \vec{r} \times \vec{R}_2 = [0i + 0j - 1.9R] \times [0i \ x \ R_2] = 1.9 R_2 i \ N.m$$

$$\vec{M}_2 = \vec{r} \times \vec{W}_{Motor\ diésel} = [0.579i + 0j - 0.95k] \times [0i - 4095j] = -2840k - 3890i \ Nm$$

$$\vec{M}_3 = \vec{r} \times \vec{W}_{generador} = [0.7869i + 0j - 0.4k] \times [0i - 981j + 0k] = -772k - 392.4i$$

$$\vec{M}_4 = \vec{r} \times \vec{W}_{tablero} = [0.7869i + 0j - 1.3k] \times [0i - 196.2j + 0k] = -154.4k - 255.96i \ Nm$$

$$\vec{M}_5 = \vec{r} \times \vec{W}_{peso\ lámina} = [0i + 0j - 0.95k] \times [0i - 156.9j + 0k] = -149.1i \ Nm$$

$$\vec{M}_6 = \vec{r} \times \vec{R}_{contrapeso} = [0.951i + 0j - 1.1k] \times [0i + R_c j + c] = -0.95R_c k + 1.1R_c i \ N.m$$

$$\sum M_x = 0$$

$$1.9 R_2 - 3890 - 392.4 + 1.1R_c - 255.06 - 149.4 - 1.9R_2 + 1.1R_c = 4686.56$$

$$\sum M_z = 0$$

$$-2840 - 772 - 0.95R_c - 154.4 = 0$$

$$R_c = \frac{3766.4}{0.95} = 3964.63 \ N$$

$$R_2 = \frac{4686.56 - 1.1R_c}{1.9} = 171.3 \ N$$

$$R_1 = 4905 \ N + 981 \ N + 196.2 \ N + 156.96 \ N - R_2 - R_c = 2103.23 \ N$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**Análisis para los tubos horizontales considerando una viga entre dos soportes:**

$W = \text{carga distribuida por área}$

**Área superior de la viga:**

$$A = 129.68 \text{ cm} \times 10.16 \text{ cm}$$

$$A = 1317.55 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2} = 0.131755 \text{ m}^2$$

**Peso de la viga por unidad de longitud:**

$$129.68 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ pulg}}{2.54 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ ft}}{1 \text{ pulg}} = 4.2546 \text{ ft}$$

$$21.6 \frac{\text{lb}}{\text{Ft}} \cdot 4.2546 \text{ Ft} = 91.9 \text{ Lbf}$$

$$91.9 \text{ lbf} \cdot \frac{4.448 \text{ N}}{1 \text{ lbf}} = 408.76 \text{ N}$$

**Cálculo de la carga distribuida por unidad de carga:**

Peso del motor diésel: 4905 N.

Dimensiones del motor:

$$\text{ancho} = 1.5 \text{ m}, \quad \text{largo} = 1,158 \text{ m}, \quad \text{alto} = 1.4 \text{ m}$$

**Área del motor:**

$$A = 1.5 \times 1.158 = 1.737 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{motor Diesel}} = \frac{4905 \text{ N}}{1.737 \text{ m}^2} = 2823.83 \text{ N}$$

Carga distribuida por unidad de área. Esta carga la absorbe 3 vigas de 129.68 cm x 10.16 cm, y dos vigas de 115.8 cm x 10.16 cm (implicando 564.76 N/m<sup>2</sup> para cada viga).

$$W = 564.76 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0.131755 \text{ m}^2 = 74.4 \text{ N}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A + R_B - 74.4 \text{ N} - 408.76 \text{ N} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-(74.4 \text{ N})(0.6484 \text{ m}) - (408.76 \text{ N})(0.6484 \text{ m}) + R_B(1.2968 \text{ m}) = 0$$

$$R_B = 241.58 \text{ N}$$

$$R_A = 483.16 \text{ N} - R_B$$

$$R_A = R_B = 241.58 \text{ N}$$

### Corte 1:

$$0 \leq x \leq 0.6484$$

El cálculo de la fuerza cortante y el momento flector realizando cortes con la viga:

$$W = 564.76 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot (x \cdot 0.1016) \text{ m} = 57.38 x$$

$$R_A = 241.58 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow^{(+)}$$

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A - V_1 - 57.38x = 0$$

$$V_1 = -57.38x + 241.58$$

$$\sum M = 0$$

$$M_1 - 241.58x + (57.38x) \left(\frac{x}{2}\right) = 0$$

$$M_1 = -28.7 x^2 + 241.58x = 144.47 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### • Corte 2:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow^{(+)} \quad \sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A - W_2 - W_{viga} - 57.38x = 0$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$\sum M = 0$$

$$M_2 - 241.58x + (57.38x) \left(\frac{x}{2}\right) + (408.76 N)(x - 0.6484) = 0$$

$$M_2 - 241.58x + 28.7 x^2 - 167.18x + 265.04$$

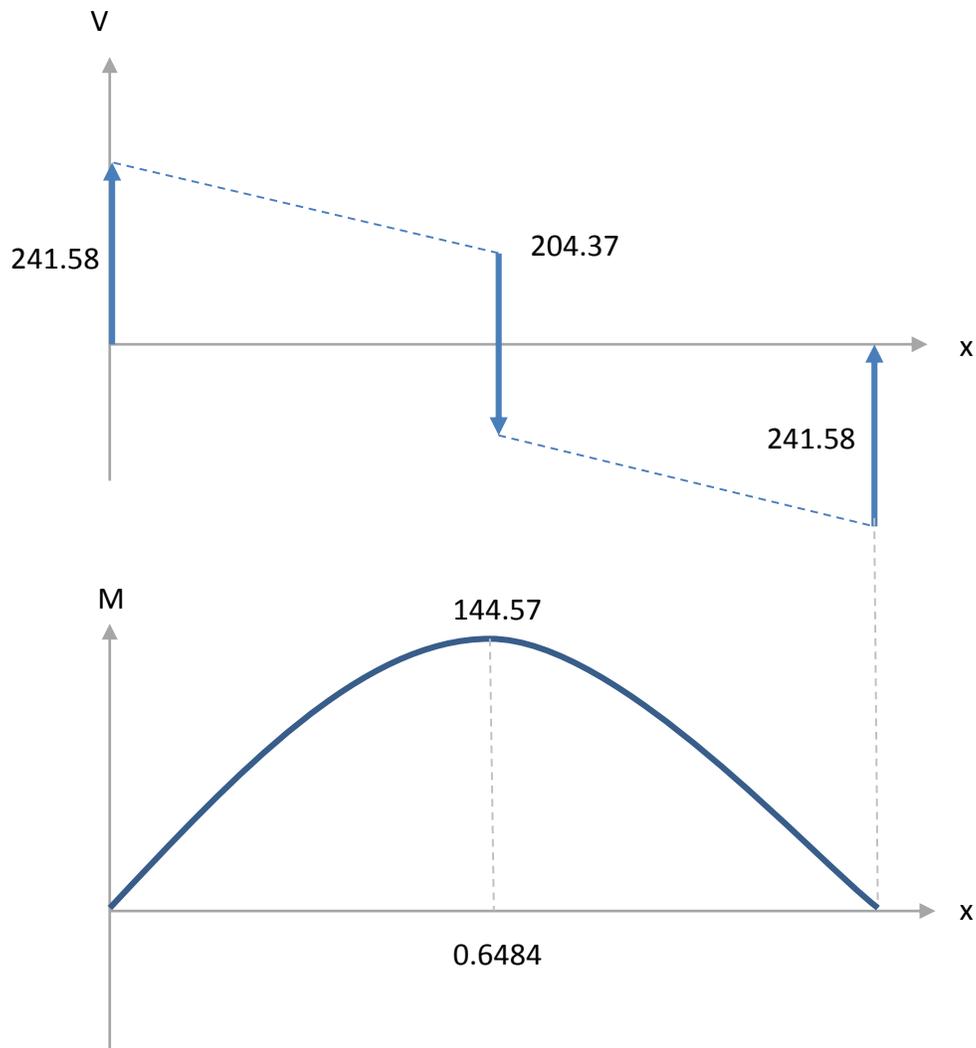


Figura 3. Diagrama de esfuerzos cortantes y momento flector  
Fuente: Elaboración propia

$$9.525 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{(10^4 \text{ cm}^2)} = 9.525 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I = \frac{1}{12} (4)(4)^2 - \frac{1}{12} (3.5)(3.5)^3$$

$$I = 21.33 \text{ in}^4 - 12.50 \text{ in}^4 = 8.8248 \text{ in}^4$$

$$8.8248 \text{ in}^4 \cdot \frac{(2.54 \text{ cm})^4}{(1 \text{ in})^4} \cdot \frac{1 \text{ m}^4}{(100 \text{ cm})^4} = 3.6731 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\sigma_A = \frac{M \cdot C}{I} = \frac{(144.57 \text{ N} \cdot \text{m})(2^4) \left( \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)}{3.6731 \times 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_A = 24970 \text{ KPa} \cong 25 \text{ MPa}$$

$$\tau_B = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

$$= \frac{(204.37) \left( \frac{9.525 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{2} \right) \left( 3.25 \text{ in} \cdot \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100} \right)}{(3.6731 \times 10^{-6} \text{ m}^4) \left( 1 \text{ in} \cdot \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)}$$

$$\tau_B = \frac{8.0345 \times 10^{-5}}{9.326 \times 10^{-8}} = 861 \text{ N/m}^2$$

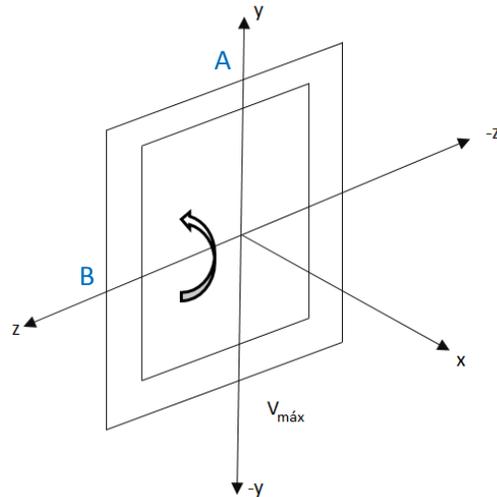


Figura 4. Análisis de esfuerzos  
Fuente: Elaboración propia

$$R = \tau_{max} = \frac{\sigma}{2} = 12500 \text{ KPa}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{prom} + R = 25000 \text{ KPa}$$

Según teoría de Von-Mises

$$\sigma_1 < \sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$2 \text{ MPa} = \frac{S_y}{N}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma_1} = \frac{250 \text{ MPa}}{25 \text{ MPa}} = 10$$

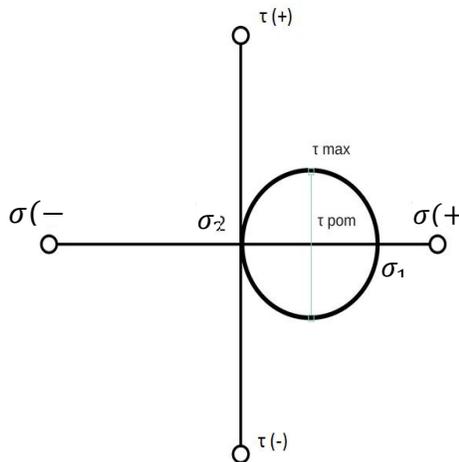


Figura 5. Diagrama de círculo de Mohr  
Fuente: Elaboración propia

Para la viga vertical:

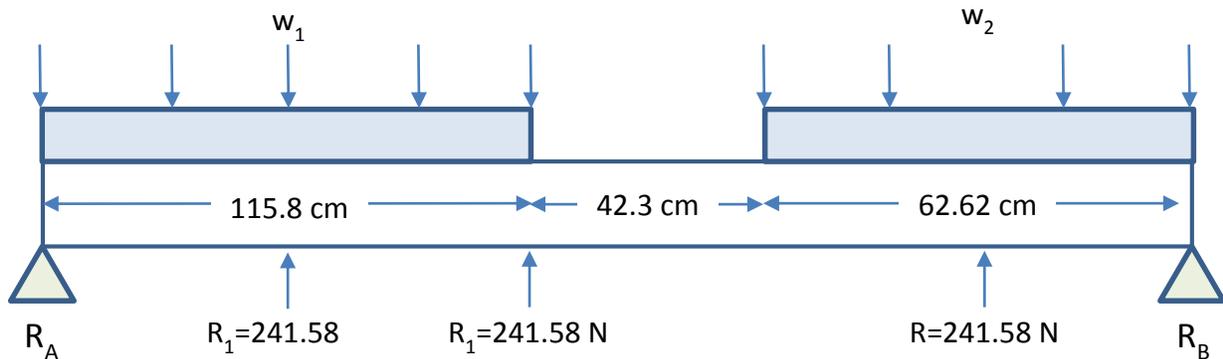


Figura 6. Diagrama de fuerzas distribuidas de la viga vertical  
Fuente: Elaboración propia

- **Carga total aplicada:**

$$981 \text{ N} + 196.2 \text{ N} + 156.96 \text{ N} = 1334.16 \text{ N}$$

- **Área de la viga que soporta generador y contrapeso:**

$$0.6262 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 0.9393 \text{ m}^2$$

- **Carga distribuida:**

$$W = \frac{1334.16 \text{ N}}{0.9393 \text{ m}^2} = 1420.38 \text{ N/m}^2$$

- **Área de la viga:**

$$2 \text{ vigas de } \rightarrow 129.68 \text{ cm} \cdot 10.16 \text{ cm} = 2635.09 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ vigas de } \rightarrow 62.62 \text{ cm} \cdot 10.16 \text{ cm} = 6363.22 \text{ cm}^2$$

$$3271.31 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{(10 \text{ cm}^2)} = 0.327131 \text{ m}^2$$

- **Carga distribuida con viga:**

$$\frac{1334.16 \text{ N}}{0.327131 \text{ m}^2} = \frac{4078.36 \text{ N/m}^2}{3 \text{ vigas}}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A + R_1 + R_2 + R_3 + R_B + -W_1 - W_2 = 0$$

$$W_1 = \left( 564.76 \frac{N}{m^2} \right) (1.158 m \cdot 0.1016) = 66.44 N$$

$$W_2 = \left( 1359.45 \frac{N}{m^2} \right) (0.6262 m \cdot 0.1016) = 86.5 N$$

$$R_A + R_B - 66.44 N - 86.5 N - 3(241.58 N) = 0$$

$$R_A + R_B = 571.8 N$$

$$\sum M_A = 0 \curvearrowright(+)$$

$$(241.52 N)(0.579 m) - (66.44 N)(0.579 m) + (241.52 N)(1.158 m) \\ + (241.58 N)(1.581 m) - (86.5 N)(2m) + R_B (2.2 m) = 0$$

$$R_B = 267.60 N$$

$$R_A = 304.2 N$$

### Corte 1:

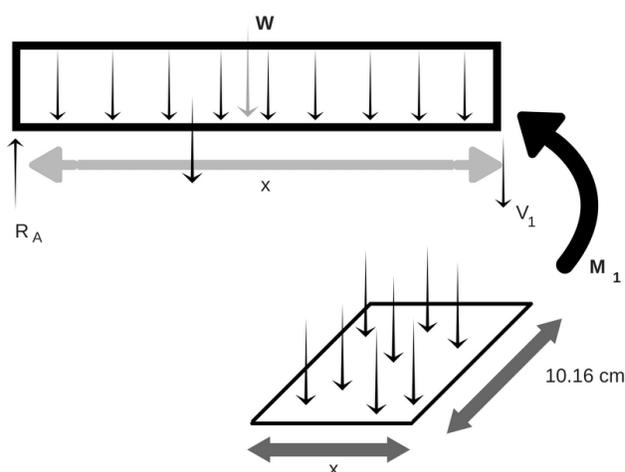


Figura 7. Vista corte 1  
Fuente: Elaboración propia

$$0 \leq x \leq 0.5246$$

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A - V_i - W_E$$

$$V_i = -57.37x + 304.2$$

$$\sum M = 0 \curvearrowright(+)$$

$$M_1 - 304.2x + (57.37x) \left( \frac{x}{2} \right) = 0$$

$$M_1 = -28.69x^2 + 304.2x$$

$$x = 0 \quad M_1 = 0$$

$$x = 0.5246 m \quad M_1 = 151.68 Nm$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

• **Corte 2:**

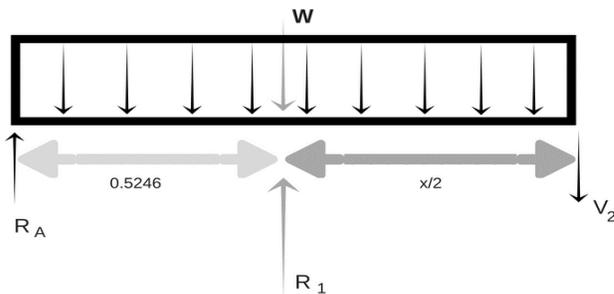


Figura 8. Vista corte 2  
Fuente: Elaboración propia

$$0.5246 \leq x \leq 1.0492$$

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$R_A + R_1 - V_2 - W = 0$$

$$V_2 = -57.37x + 571.8$$

$$\sum M = 0 \curvearrow(+)$$

$$M_2 - 304.2x - 267.6(x - 0.5246) + (57.37x) \left(\frac{x}{2}\right) = 0$$

$$M_2 - 304.2x - 267.6x + 140.38 + 28.69x^2$$

$$M_2 = -28.69x^2 + 571.8x - 140.38$$

$$x_1 = 0.5246 \text{ m}$$

$$x_2 = 1.0492 \text{ m}$$

$$M_2 = 151.60 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 427.97 \text{ Nm}$$

• **Corte 3:**

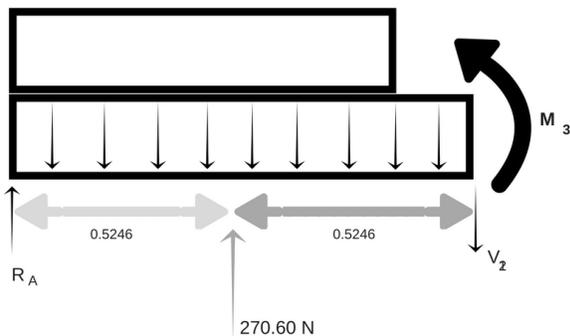


Figura 9. Vista corte 3  
Fuente: Elaboración propia

$$1.0492 \leq x \leq 1.5738$$

$$\sum F_y = 0 \uparrow(+)$$

$$304.2 \text{ N} + 267.6 \text{ N} + 267.6 \text{ N} - V_3 - 66.44 \text{ N} = 0$$

$$V_3 = 772.96 \text{ N}$$

$$\sum M = 0 \curvearrow(+)$$

$$M_3 - 304.2x - 267.6(x - 0.5246) + (66.44)(x - 0.579) - (267.6)(x - 1.0492) = 0$$

$$M_3 = 773.68x - 382.68$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

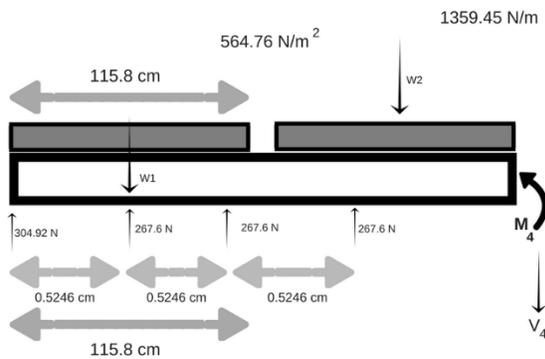
$$x_1 = 1.0492 \text{ m}$$

$$M_3 = 427.68 \text{ Nm}$$

$$x_2 = 1.5738 \text{ m}$$

$$M_3 = 834.93 \text{ Nm}$$

• **Corte 4:**



$$\sum F_y = 0 \uparrow (+)$$

$$304.2 \text{ N} + (3)(267.6 \text{ N}) - V_4 - W_1 - W_2 = 0$$

$$V_4 = -138.12x + 1041.28$$

$$W_2 = (x - 0.106)(1357.45 \text{ N/m}^2)$$

$$W_2 = 138.12x$$

$$W_1 = (1.158)(0.106) \left( 564.76 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

$$W_1 = 68.44 \text{ N}$$

Figura 10. Vista corte 4  
Fuente: Elaboración propia

$$\sum M = 0 \curvearrow +$$

$$M_4 - 304.2x - (287.6)(x - 0.5246) - (257.6)(x - 1.0492) - (267.6)(x - 1.5738) + (66.44)(x - 0.579)$$

$$M_4 - 304.2x - 267.6x - 140.38 - 267.6x + 280.76 - 267.6x + 421.4 + 66.44x - 38.46 + 69.06x^2 - 116.20 = 0$$

$$M_4 = 1040.56x - 69.06x^2 + 1040.56x - 687.62$$

$$x = 1.5738 \text{ m}$$

$$M_4 = 778.96 \text{ Nm}$$

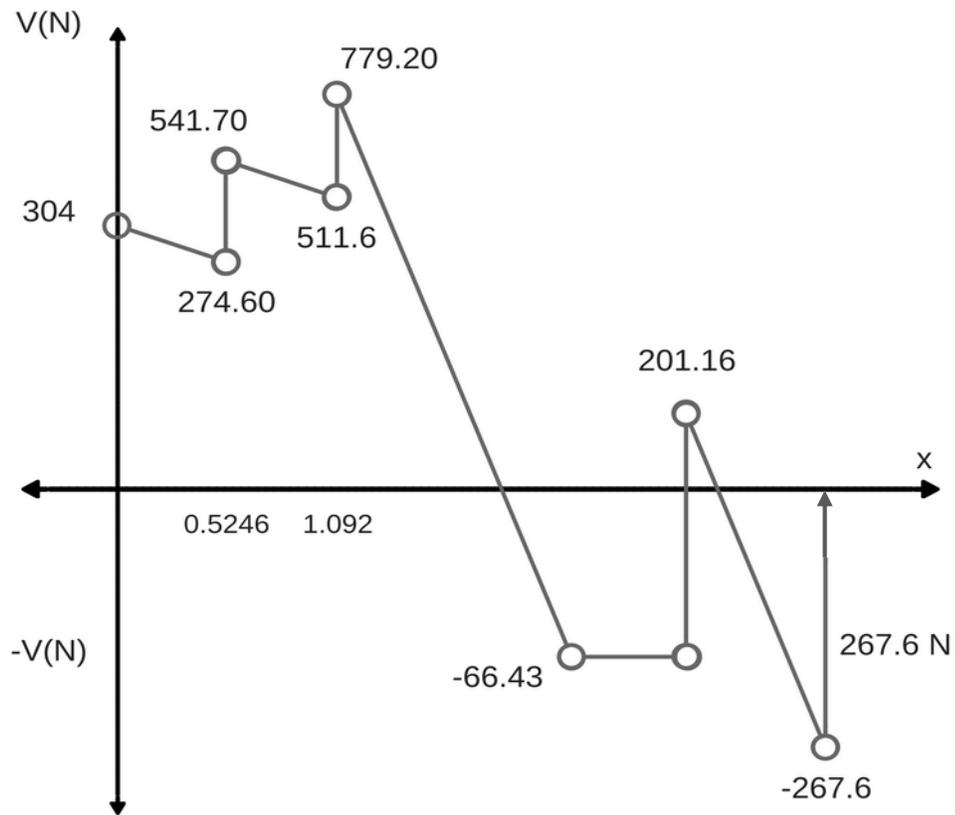


Figura 11. Diagrama de fuerza cortante  
Fuente: Elaboración propia

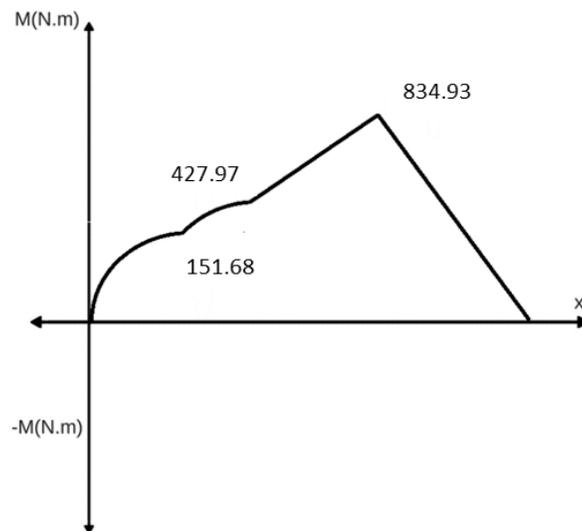
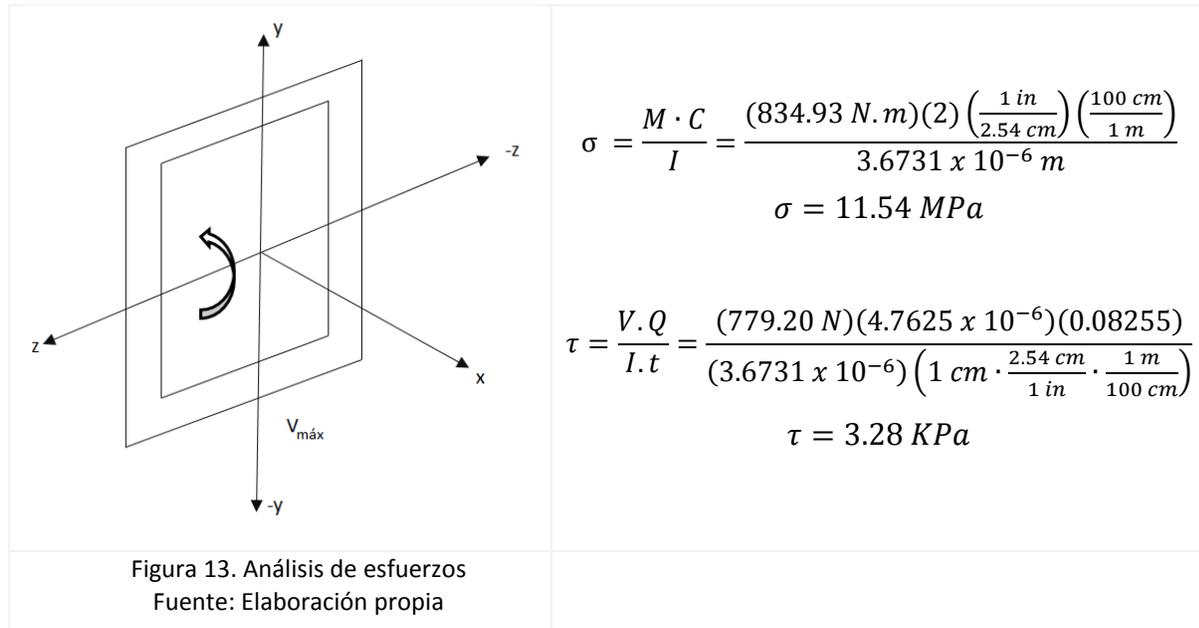


Figura 12. Diagrama de momento máximo  
Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$M_{Máx} = 834.93 \text{ N.m} \quad V_{Máx} = 779.20 \text{ N}$$

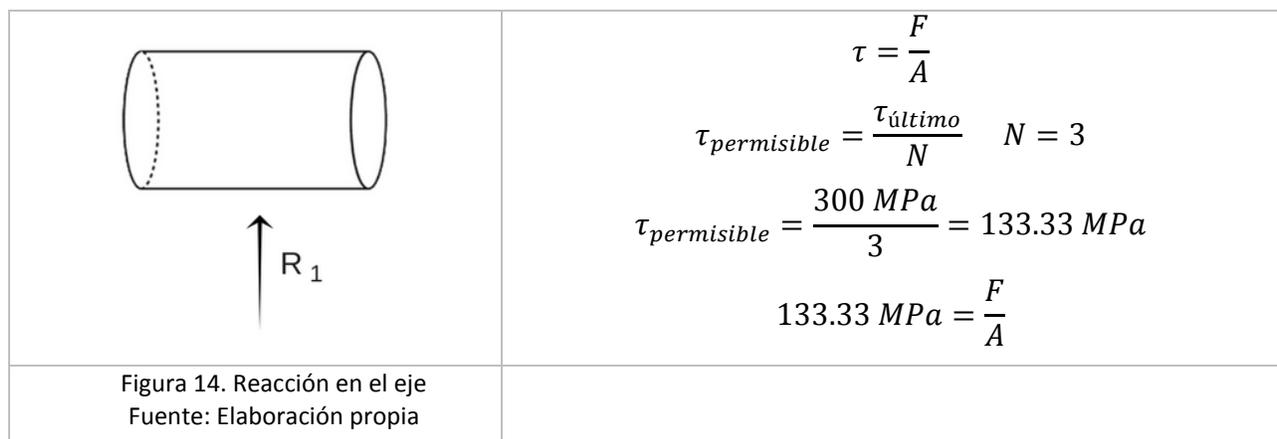


$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}}$$

$$\sigma_1 = 11.54 \text{ MPa}$$

$$N = \frac{S_y}{\sigma} = 21.66$$

Para los ejes de las ruedas:



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

$$D^2 = \frac{F}{\frac{\tau \pi}{4}} = \frac{171.3 N}{\frac{(133.33 \times 10^5) \pi}{4}} = 1.6358 \times 10^{-6} m$$

$$D = \sqrt{1.6358 \times 10^{-6}} = 1.28 \times 10^{-3} m \cdot \frac{100 cm}{1 m} = 1.27 cm$$

**Para el lado derecho:**

$$133.33 \times 10^6 N/m^2 = \frac{F}{A}$$

$$D^2 = \frac{210.3 N}{\frac{\pi}{4} (133.33 \times 10^6)} = 2.0083 \times 10^{-6}$$

$$D = \sqrt{2.0083 \times 10^{-6}} = 1.4171 \times 10^{-3} \cong 1.41 cm$$

El eje de cada rueda será de 1.85 cm para dejar una tolerancia entre ejes y rodamiento. El diámetro entre ruedas será:

$$\frac{3}{4} in \cdot \frac{2.54 cm}{1 in} = 1.9 cm$$

$$1320 lbf \cdot \frac{4.448 N}{1 lbf} = 5871.36 N$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Este proyecto se basó en crear, potenciar oportunidades didácticas y de aprendizaje a partir del motor en desuso que se encuentra en la subestación eléctrica del Instituto Tecnológico Metropolitano. Adicionalmente, es importante mostrar nuevas perspectivas respecto a las energías no renovables, su transición y adaptación a las energías renovables que cada vez cobran más fuerza y que suponen un valor agregado a cualquier proyecto relacionado con la generación eléctrica.

De acuerdo con la información planteada en la metodología, se indican las características más relevantes de los cálculos necesarios para el diseño del generador eléctrico con capacidad de transporte a fin de garantizar su versatilidad y propiciar el traslado hacia zonas en donde no haya energía eléctrica. A continuación, se muestra el motor el cual se encendió con combustible no renovable (ACPM) (Ver Figura 1, Figura 2):



Figura 15. Motor diésel  
Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Figura 16. Adición de combustible no renovable al motor  
Fuente: Elaboración propia

El diseño del grupo generador incluye los cálculos realizados para determinar los diámetros de las poleas, los cuales son necesarios para obtener la velocidad (rpm) requerida por el generador eléctrico; teniendo en cuenta tolerancias entre el eje y el rodamiento. Asimismo, se tuvieron en cuenta tablas que relacionan dimensiones del rodamiento, diámetro de escalón, peso del rodamiento y las capacidades de carga dinámica y estática.

Finalmente, para el diseño de la plataforma, se plantea incluir ruedas de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro menor y dos ruedas a cada lado sostenidas por ejes. Las dimensiones propuestas para la plataforma son 150 x 220cm, compuestos por tubos cuadrados verticales (2) y cinco tubos horizontales. El tubo cuadrado estará fabricado en acero A36 estructural con dimensiones de 4 x 4 pulgadas (con  $\frac{1}{2}$  pulgada de espesor). Asimismo, será utilizada lámina de acero de 5mm de espesor para cubrir la estructura por la cara superior. El área en total ocupada por el motor será de 118 x 150cm y la del generador será de 62.62cm x 40cm. El tablero de control y el contrapeso del sistema ocupan un área de 40cm x 31.31cm, ubicado dentro del área anteriormente mencionada. Todas estas dimensiones y pesos fueron verificados de acuerdo al análisis de momento y esfuerzos a fin de cumplir con las dimensiones mínimas para su funcionamiento.

## Manual de Usuario

Con el fin de garantizar la seguridad del operador y la vida útil del grupo electrógeno a continuación se dan unas recomendaciones, advertencias de seguridad, un paso a paso de cómo se debe operar y realizar el mantenimiento al equipo. En el cuadro a continuación se relacionan imágenes de simbología de seguridad que debe tener en cuenta tanto el personal operativo como el de mantenimiento.

	Atención, peligro		Obligación de consultar las publicaciones entregadas con el grupo electrógeno		Atención, riesgo de explosión
	Atención, riesgo de descarga eléctrica		Obligación de usar de vestimenta protección		Prohibido el fuego abierto y la iluminación sin protección. Prohibido fumar
	Atención, materias tóxicas		Obligación de proteger la vista y el oído		Prohibida la entrada a personas sin autorización
	Atención, fluidos bajo presión		Obligación de realizar un mantenimiento periódico		Lavado a presión prohibido
	Atención, alta temperatura, riesgo de quemaduras		Obligación de verificar la carga de la batería		Tierra
	Atención, piezas giratorias o en movimiento (riesgo de aprisionamiento)		Punto de elevación obligatorio		Atención, producto corrosivo

Figura 17. Simbologías de seguridad  
Fuente: (Martínez G, 2006)

### Modo en que se debe operar el grupo electrógeno

- El operador del equipo debe tener conocimientos en normas de seguridad y deben existir capacitaciones sobre estas mismas en caso de actualizaciones.
- La persona encargada debe tener el perfil (conocimientos básicos en Grupos Electrógenos) para poder desempeñar el funcionamiento del equipo, de lo contrario deberá estar acompañado de una persona idónea para la operación del mismo.
- Utilizar ropa ajustada para evitar cualquier tipo de atrapamiento por la máquina, estar pendiente que en el circuito de refrigeración el nivel superior del contenedor de agua este

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

por encima de la descarga.

- Mantener a personas ajenas al equipo alejadas durante su funcionamiento, mucho más si son niños.
- Evitar funcionar el equipo en presencia de animales, por cuestiones de miedos y nerviosismo.
- Cerciorarse antes de encender el equipo, que cuente con el filtro de aire y con el escape.
- No utilizar ayuda de ningún tipo de arrancador en aerosol ya que puede ocasionar explosiones y daños corporales.

#### Mantenimiento

- Tener buen conocimiento del funcionamiento de la máquina y sus partes antes de cualquier intervención, la cual debe hacerse con la herramienta adecuada, además que esta cuente con sus medidas de diseño para desarrollar el trabajo.
- El personal de mantenimiento debe utilizar los equipos de protección personal adecuados como lo son gafas, protección auditiva, guantes y debe quitarse el reloj, pulseras, etc.
- Los repuestos que necesiten ser cambiados deben ser originales.
- Para proceder a cualquier tipo de reparación o de mantenimiento debe dejar el equipo con la advertencia de peligro en el eje de marcha.
- El puesto de trabajo dejarlo limpio, sin manchas de aceite o de cualquier otro tipo de sustancia que pueda ocasionar un accidente.
- No utilizar sustancias inflamables para limpiar piezas del equipo.
- No utilizar limpiadores de alta presión ya que pueden causar daños graves en los componentes del equipo.
- Evitar acercarse y tocar los componentes que alcanzan altas temperaturas.
- Para el circuito de refrigeración se debe utilizar agua destilada y que no tenga ningún producto corrosivo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## Entorno

- Mantener el lugar en que se utilizará el grupo electrógeno en perfectas condiciones de limpieza.
- La limpieza que se realice en el lugar debe ser con materiales adaptados para este tipo de ambientes (polvo, aceites etc.).
- El combustible del motor (diésel) no debe ser almacenado en el mismo lugar que está operando el equipo.
- Siempre debe haber una persona encargada de revisar periódicamente que los elementos de seguridad estén en perfectas condiciones y puedan ser utilizados sin ningún contratiempo.
- A parte del grupo electrógeno está prohibido cualquier otro tipo de combustión en el sitio de trabajo.
- La zona de trabajo debe contar con todas las señalizaciones requeridas y en lugares bien visibles.
- No verter residuos, aceites, lodos etc.
- Está prohibido quemar residuos al aire libre.
- Para la eliminación del aceite usado se pueden contactar distribuidores que se encargan de recuperarlo. (Martínez G, 2006).

La garantía de seguridad es un aspecto que hoy en día debe tenerse en cuenta en el diseño de equipos que pudieran significar un potencial riesgo para quienes los operan. Del mismo modo, se establecen normas generales y aspectos relacionados con un mantenimiento para su correcto funcionamiento a futuro. Debido a que el sitio de localización del equipo es importante para su correcto funcionamiento, fueron incluidas unas series de disposiciones relacionadas con el entorno que complementan la seguridad del manejo del equipo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

- Se diseñó un equipo de generación eléctrica impulsado por un motor diésel recuperado que se caracteriza por funcionar con combustible no renovable. Sin embargo, considerando que se busca optar por alternativas renovables y soluciones que reduzcan la huella de carbono, se plantea como trabajo futuro utilizar el mismo motor mediante combustible vegetal.
- Se seleccionó un generador eléctrico para la tensión de alimentación requerida por la carga (12kVA) y la capacidad nominal de potencia eléctrica. Considerando ello, se tiene en cuenta una distribución por circuitos del generador de acuerdo a las fases y cantidad de tomacorrientes a fin de garantizar una potencia total en todo el circuito de 5.8kVA. El generador se acopla a un motor de 16Hp (11.9kW).
- Se diseñó un acoplamiento mecánico considerando diámetros de poleas, longitud y tipos de banda (seleccionándose la banda 3V).
- El diseño de la plataforma de transporte o de arrastre de vehículo, se estimó la presentación de una base en la que va soportar el sistema de generación a fin de garantizar su movilidad hacia las zonas requeridas de conexión eléctrica. Este vehículo ha sido considerado de acuerdo al peso del generador, primotor y gabinete eléctrico.
- Se realiza el diseño de una red eléctrica de 3 circuitos, calculando la potencia nominal de cada uno. Es importante considerar que las cargas a conectar no superen la capacidad máxima, razón por la cual se colocan las protecciones indicadas.
- Se suministra un manual de usuario que ayuda a garantizar la seguridad del operador y la vida útil del sistema electrógeno. Para ello, se muestra la simbología de seguridad requerida para el manejo operativo seguro del equipo tanto en funcionamiento como cuando requiera mantenimiento.
- Los cálculos realizados para poner en funcionamiento el motor y acoplar un generador eléctrico permitieron poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera, a fin de verificar en un contexto real la manera como los fundamentos aprendidos pueden ser

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

utilizados para plantear soluciones viables que ayuden a generar respuestas a problemáticas específicas. Asimismo, se ofrece como posibilidad un contexto pedagógico que ayude a reforzar, poner en práctica y visualizar mejor muchos contenidos teóricos que alcanzan mayor visibilidad y entendimiento cuando pueden ser aplicados para generar soluciones estimulando a los alumnos a ser creativos y utilizar la imaginación para responder a los retos de la sociedad y la industria.

- Los cálculos realizados sirven como referencia para la elaboración de otros trabajos o la optimización de los mismos, y así generar una respuesta que se adapte a las necesidades energéticas que pudiera surgir.

Como recomendaciones adicionales, consideramos necesario establecer las siguientes:

- **Estímulo a proyectos similares:** Estimular esta clase de proyectos podría ser muy útil porque podría generar respuestas útiles para la universidad y la aplicación de los conceptos aprendidos en clase por los alumnos, pudiendo a futuro mejorar el grado de comprensión y el interés por la carrera. Asimismo, podrían ser utilizados por los profesores como un complemento a la introducción de situaciones prácticas que ayuden a visibilizar mejor las conceptualizaciones generadas, y estimular a que los alumnos opinen sobre mejoras a cada proyecto.
- **Revisión de maquinaria universitaria factible de ser utilizada:** Así como pudo ser utilizado un motor que se encontraba en desuso y abandono por la universidad, sería útil identificar maquinaria que pudiera ser utilizada por estudiantes de la carrera para optimizarla o darle un mayor valor y así evitar que sean dados de baja, cuando podrían generar una utilidad.
- **Cátedras específicas hacia proyectos:** Estos proyectos, si bien pueden ser completados con los conocimientos adquiridos en la carrera, podrían ser utilizados para orientar cátedras específicas hacia desarrollo de productos de este tipo. Incluso, los alumnos participantes del proyecto podrían ayudar a orientarlas, tomando como base los conocimientos previos adquiridos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Estímulo a la creatividad e innovación:** Estimular la creatividad e innovación es importante porque ayuda a los alumnos a explorar sus posibilidades, dentro de los conocimientos adquiridos, para explotar todo su potencial, y qué mejor que hacerlo dentro de proyectos de tesis que beneficien a la sociedad y la universidad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 6. REFERENCIAS

---

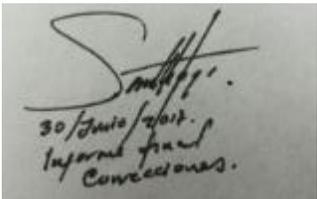
- Bedoya Caro, I. D. (2007). *Estudio de la influencia del sistema de mezclado y la calidad del combustible piloto en el desempeño de un motor dual.*
- Bulonfer. (2007). Como Elegir Un Generador Eléctrico.
- Cardenas, M. A. S. (2007). *Desarrollo de una guía para la selección y especificación de sistemas de generación de emergencia.*
- Ducasse. (2007). Catalogo General de Poleas en V.
- FREDY ORESTES, A. C., GORDIANO DANNY, E. H., & CABRERA DARWIN, D. V. (2009). “ *Estudio de las micro y mini plantas eléctricas hidráulicas .”*
- Guaiquiran, J. F. L. (2009). *Adecuación del sistema eléctrico de emergencia de la planta de distribución de combustible - Puerto La Cruz.*
- Luzplantas.com. (2011). Grupos electrogenos, 1–5. Retrieved from <http://www.luzplantas.com/que-es-un-grupo-electrogeno/>
- Márquez, O. M. (2008). *Prototipo de generador eléctrico doméstico con máquina Diesel alimentada con aceite vegetal.*
- Martínez G, E. (2006). Manual De Uso Y Mantenimiento, (Mi), 11. Retrieved from <http://www.hrc.es/pdf/info/contratos/2006146literaturaUSO.pdf>
- Melorse, J., Perroy, R., & Careas, S. (2006). Combustibles industriales. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015, 1.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Merino, L. (2014). Las energías renovables. *Energy Management Agency*, 15–20.
- Ministerio Económico y Desarrollo. NTC 2050 - Código Eléctrico Colombiano. (1998). Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas.* (P. E. de México, Ed.) (4th ed.). Mexico.
- Paul, C. G. (2013). *Energías Renovables No Convencionales para uso domiciliario.*
- Tello, M. (2010). Capitulo iii descripción del motor y su funcionamiento.
- Vargas Dagua Sebastian Roque, C. G. J. D. (2014). *Repotenciación de un motor Diesel e implementación a un banco didáctico para el laboratorio de motores de la escuela de ingeniería automotriz de la epoch.*
- Zapata, E. (2007). *5. transmisiones 5.1.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

  
 FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

  
 FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 30 junio 2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_\_\_    ACEPTADO \_\_\_\_\_    ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____