

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Evaluación de la incidencia del factor de cizallamiento sobre la factibilidad de sistemas eólicos de mediana escala en Colombia empleando RETScreen

**Manuel Yesid Velandia Cortes
Andrea Estefanía Cárdenas Velandia**

**Universidad ECCI
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Bogotá D.C.
2015**

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Evaluación de la incidencia del factor de cizallamiento sobre la factibilidad de sistemas eólicos de mediana escala en Colombia empleando RETScreen

**Manuel Yesid Velandia Cortes
Andrea Estefanía Cárdenas Velandia**

Anteproyecto de Investigación

**Dr.-Ing. Carlos Andrés Forero Núñez
Doctor en Ingeniería**

**Universidad ECCI
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica
Bogotá D.C.
2015**

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE CONTENIDO

1.	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
3.	OBJETIVO GENERAL.....	6
4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
5.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	7
6.	METODOLOGIA.....	7
7.	FORMULAS MATEMATICAS RETScreen.....	9
	7.1. TASA DE ABSORCIÓN Y ENERGÍA RENOVABLE SUMINISTRADA	9
	7.2. ENERGIA RENOVABLE RECOLECTADA TOTAL	9
	7.3. PERDIDAS	9
	7.4. PRODUCCION BRUTA DE ENERGIA	10
	7.5. VELOCIDAD CORREGIDA.....	10
	7.6. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	11
8.	TABULACIÓN DE VIENTOS EN 10 ZONAS DE COLOMBIA.....	11
	8.1. VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL	14
9.	DATOS INGRESADOS A RETScreen.....	15
10.	CURVA DE POTENCIA NORDEX N60.....	16
11.	ESTUDIO DE LAS ZONAS SELECCIONAS AFECTADAS POR EL FACTOR DE CIZALLAMIENTO.....	17
	11.1.ZONA A 5,8 (m/s).....	17
	11.2.ZONA A 5,3 (m/s).....	18
	11.3.ZONA A 5,3 (m/s).....	18
	11.4.ZONA A 5 (m/s).....	18
	11.5.ZONA A 4 (m/s).....	19
12.	FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	19
	12.1.FACTOR DE UTILIZACIÓN A VELOCIDAD DE ANEMÓMETRO	20
	12.2.FACTOR DE UTILIZACIÓN A VELOCIDAD CORREGIDA	21
13.	TIR.....	24
14.	ANÁLISIS DEL FACTOR DE CIZALLAMIENTO.....	25
	14.1.FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.1.....	26
	14.2.FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.25.....	27
	14.3.FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.5.....	28
15.	ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED.....	29
	15.1.ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED – POTENCIA GENERADA A VELOCIDAD DE ANEMÓMETRO.....	29
	15.2.ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED – POTENCIA GENERADA A VELOCIDAD CORREGIDA.....	32
16.	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2.....	34
17.	ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA.....	37
18.	DIAGRAMA DE GANTT DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS.....	38
	CONCLUSIONES.....	39
	REFERENCIAS.....	40

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Velocidad del Viento en las Zonas Escogidas	12
Tabla 2 Velocidad Promedio de las Zonas Escogidas.....	14
Tabla 3 Datos Ingresados a RETScreen	15
Tabla 4 Información Nordex N60	16
Tabla 5 Curva de Potencia Nordex N60	16
Tabla 6 Afectación por el Factor de Cizallamiento - San Andrés	17
Tabla 7 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Santa Marta.....	18
Tabla 8 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Maicao.....	18
Tabla 9 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Tumaco	18
Tabla 10 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Barranquilla.....	19
Tabla 11 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.1	26
Tabla 12 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.25	27
Tabla 13 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.5	28
Tabla 14 Cronograma de Actividades	37

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE GRAFICAS

Grafica 1 Esquema General de la Metodología a Implementar en el Desarrollo del Proyecto	7
Grafica 2 Velocidad del Viento en las Zonas Escogidas	13
Grafica 3 Velocidad Promedio de las Zonas Escogidas	14
Grafica 4 Curva de Potencia Nordex N60.....	17
Grafica 5 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1.....	20
Grafica 6 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25.....	20
Grafica 7 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5.....	21
Grafica 8 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.1	22
Grafica 9 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.25	22
Grafica 10 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.5	23
Grafica 11 Factor de Utilizacion Vs Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento.....	23
Grafica 12 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.1	24
Grafica 13 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.25	25
Grafica 14 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.5	25
Grafica 15 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.1 a 60m.....	26
Grafica 16 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.25 a 60m.....	27
Grafica 17 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.5 a 60m.....	28
Grafica 18 Variación de la Velocidad Afectada por Diferentes Factores de Cizallamiento a 60m	29
Grafica 19 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1	30
Grafica 20 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25.....	30
Grafica 21 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5.....	31
Grafica 22 Variación de la Electricidad Exportada a la Red Vs Velocidad de Viento Afectada por el Cizallamiento	31
Grafica 23 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1	32
Grafica 24 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25.....	33
Grafica 25 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5.....	33
Grafica 26 Electricidad Exportada Vs Velocidad Promedio Anual.....	34
Grafica 27 Variación de la Reducción de Emisiones CO2 con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1	35
Grafica 28 Variación de la Reducción de Emisiones CO2 con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25	35
Grafica 29 Variación de la Reducción de Emisiones CO2 con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5.....	36
Grafica 30 Variación de la Reducción de Emisiones de CO2 con Diferentes Factores de Cizallamiento	36
Grafica 31 Diagrama de Gantt de Actividades.....	38

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

“Evaluación de la incidencia del factor de cizallamiento sobre la factibilidad de sistemas eólicos de mediana escala en Colombia empleando RETScreen”

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A través de los últimos años, el constante aumento de los efectos causados por los gases de efecto invernadero sobre el desarrollo de la sociedad ha generado mayor conciencia en la necesidad de producir energía a partir de fuentes alternativas limpias y renovables. Una de las fuentes renovables de mayor impacto a nivel mundial se basa en las corrientes de aire que circulan a través del planeta Tierra. En algunas zonas estos vientos poseen mayores velocidades brindando mejores oportunidades de transformar esta energía cinética en energía mecánica y eléctrica. Para lograr esto se han desarrollado tecnologías conocidas como turbinas de viento, las cuales pueden ser de dos, tres, o cuatro aspas que transforman la diferencia de presión ocasionada por el movimiento del viento a través de la superficie de las mismas. En el análisis de sistemas de generación a partir de turbinas de viento es necesario tener en cuenta diversos parámetros entre los cuales se encuentra la variación del viento durante el año, las pérdidas de energía por transmisión y el factor de cizallamiento del viento determinado por las características del lugar. En Colombia existen zonas con vientos cuyas velocidades alcanzan los 8 a 10 ms^{-1} , generando un interesante potencial para la instalación de sistemas eólicos; sin embargo poco se ha analizado la incidencia del factor de cizallamiento sobre el comportamiento y la factibilidad de este tipo de proyectos en zonas residenciales y rurales.

3. OBJETIVO GENERAL

Identificar la incidencia que tiene el factor de cizallamiento sobre la factibilidad de proyectos de generación de potencia a partir de sistemas eólicos de mediana escala instalados en diversas zonas de Colombia empleando RETScreen

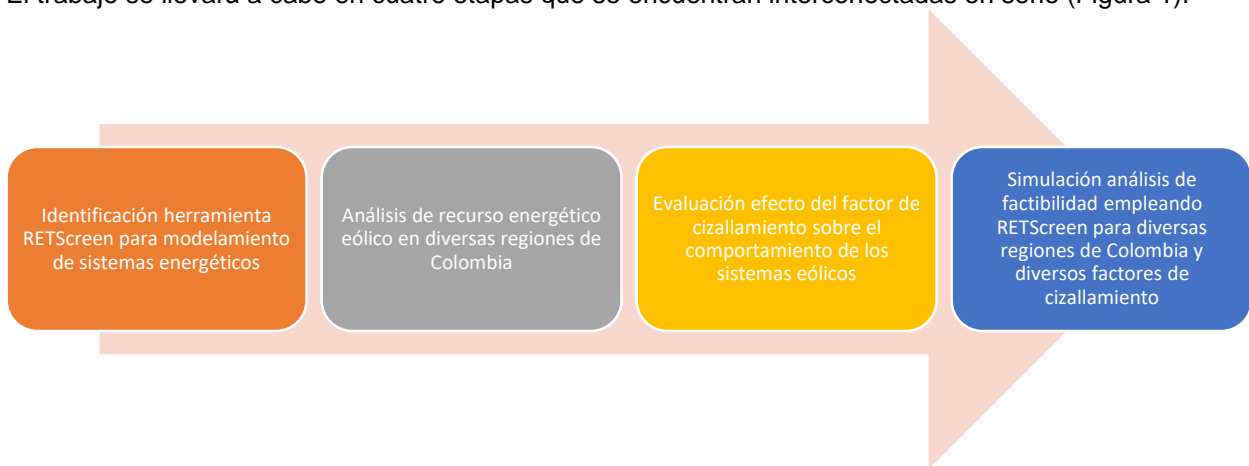
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el efecto que tiene el factor de cizallamiento en la generación de energía eléctrica de sistemas eólicos para un lugar establecido.
- Analizar el impacto que tiene la velocidad del viento en diversas regiones de Colombia sobre la eficiencia energética de sistemas eólicos.
- Evaluar el comportamiento de parámetros financieros de evaluación de proyectos empleando RETScreen para proyectos energéticos a partir de sistemas eólicos

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El trabajo se llevará a cabo en cuatro etapas que se encuentran interconectadas en serie (Figura 1).



Grafica 1 Esquema General de la Metodología a Implementar en el Desarrollo del Proyecto

Durante la primera etapa del proyecto los estudiantes se familiarizarán con la herramienta de simulación de proyectos energéticos RETScreen aplicada a sistemas de generación de potencia mediante sistemas eólicos integrados a la red. Para esto descargarán el programa de la página oficial, y revisarán el material de entrenamiento relacionado con los sistemas de generación a partir de turbinas eólicas prestando especial interés al análisis de pre factibilidad de dichos sistemas. La segunda etapa consiste en el análisis del recurso energético en diversas regiones de Colombia. Para esto se analizarán los datos meteorológicos reportados por el programa para un mínimo de 10 lugares en Colombia de los cuales se escogerán cinco en diferentes departamentos del país en donde los valores de velocidad del viento sean elevados.

La tercera etapa del proyecto se basa en el análisis del efecto que tiene el factor de cizallamiento sobre el comportamiento del sistema, en especial sobre la cantidad de energía generada por el proceso. Para esto se revisarán las ecuaciones que permiten establecer los valores de energía y el valor dado para un sistema especificado aplicado a las diferentes regiones empleando el software RETScreen. Finalmente el proyecto incluirá el análisis de la incidencia del factor de cizallamiento sobre la factibilidad de los proyectos. Para esto se definirán algunos parámetros económicos tales como: la tasa de inflación, costos iniciales incrementales, tarifa de exportación de electricidad, tasa de interés de la deuda, costos anuales de operación y mantenimiento, empleando para ellos información relacionada en diversas fuentes bibliográficas.

6. METODOLOGIA

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto utilizamos la herramienta RETScreen, es un software de gestión de energías limpias para el análisis de viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energías renovables y cogeneración, así como para el análisis del rendimiento energético operativo [1]. Posteriormente descargamos el programa para utilizar específicamente la parte de generación de electricidad mediante turbinas eólicas [2].

En el proyecto se escogieron 10 zonas diferentes, de forma aleatoria en el país y de estas zonas se realizó la tabulación de vientos promedios en cada una de ellas, las zonas escogidas son:

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- San Andrés (5,8 m/s)
- Santa Marta (5,6 m/s)
- Maicao (5,3 m/s)
- Tumaco (5,0 m/s)
- Barranquilla (4,0 m/s)
- Puerto Carreño (2,2 m/s)
- Tunja (1,8 m/s)
- Buenaventura (1,8 m/s)
- Cali (1,8 m/s)
- Quibdó (1,6 m/s)

Luego de tener los datos de los lugares donde la velocidad anual promedio era más elevada, se definieron los 5 con mayor potencial energético eólico, ya que son zonas con velocidades mayores a 4,0 m/s.

El parque eólico “Jepirachi” [3] es el primer parque para la generación de energía eólica construido en Colombia y ubicado en La Guajira, se decidió tomar toda la información de este parque y sus 15 aerogeneradores marca Nordex N60 [4] con una capacidad de 1.300 kW cada uno, para una capacidad instalada total de 19.5 MW de potencia nominal y las cuales van a ser la referencia para llevar a cabo el proyecto en las diferentes zonas del país.

Para hacer el modelo de energía en el software RETScreen necesitamos investigar algunos datos para realizar la simulación de cada zona. Como primer lugar consultamos los coeficientes de cizallamiento [5] que se deben utilizar para las zonas escogidas, de la siguiente forma:

- 0.1 para pastos altos y cultivos bajos, cultivos transitorios semi-intensivos e intensivos.
- 0.25 para terreno rugoso, cultivos altos, arboles pequeños, cultivos semi-permanentes y semi-intensivos, pantanos, ciénagas.
- 0.5 para terreno muy rugoso, bosques, árboles frutales, bosques de producción y protección.

Para hallar la inversión inicial del proyecto (US/MWh) debíamos saber el costo inicial del parque eólico Jepirachi [3] el cual es de 27.800.000 US\$, este costo dividido en la potencia total instalada [4] la cual es de 19,5 MW obtenemos una inversión inicial de 2851282 US/MW.

Debíamos saber cuáles eran los coeficientes que debíamos implementar para que la simulación fuera correcta, para las pérdidas por arreglo tomamos 4,0%, pérdidas de la superficie de sustentación tomamos el 3,0% basados en la tesis “centrales eólicas de energía eléctrica” [6], para pérdidas varias tomamos 4,0% basados en el libro Green Energy [7], para la disponibilidad tomamos 95% del foro de normalización y contexto nacional en energía solar y eólica [8] y el costo de exportación lo tomamos 50 US\$/MWh basados en el documento “Sector Energía Eléctrica”. [9].

En el análisis financiero investigamos la tasa de inflación para Colombia es de 3,22% el cual lo tomamos actualmente en la página del Universal [10], la vida del proyecto la tomamos del documento “Sector Energía Eléctrica” el cual es un documento de EPM el cual expresa que Jepirachi nuestro parque eólico guía tiene una vida útil de 15 años [9]. La tasa de interés para préstamos de consumo en Colombia se encuentra en 19.26% según la superintendencia financiera de Colombia al año 2015 [11]. Para el cálculo de las toneladas de CO2 equivalentes se utiliza el factor de emisión definido para Colombia de acuerdo a sus fuentes de energía vigentes en el año multiplicado por la potencia que se está adquiriendo con el sistema instalado [2].

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7. FORMULAS MATEMATICAS RETScreen

7.1. TASA DE ABSORCIÓN Y ENERGÍA RENOVABLE SUMINISTRADA

$$ED = EC * \mu \text{ (Eq.1)}$$

- **ED:** Energía renovable suministrada.
- **EC:** Energía colectada total.
- **μ:** Tasa de absorción de energía eólica por la red.

$\mu=1$ Cuando se trata de una central eléctrica la cual es un proyecto suficientemente grande el cual consume la totalidad de la energía producida por el proyecto.
Entonces:

$$ED = EC * 100\%$$

$$ED = EC * 1$$

$$ED = EC \text{ [W]}$$

7.2. ENERGIA RENOVABLE RECOLECTADA TOTAL

$$EC = EG * CL \text{ (Eq. 2)}$$

Reemplazando 1 en 2

$$ED = EG * CL \text{ (Eq.3)}$$

- **ED:** Energía renovable suministrada.[W]
- **EG:** Producción bruta de energía.[W]
- **CL:** Perdidas en el sistema.

7.3. PERDIDAS

$$CL = (1 - \gamma_a) * (1 - \gamma_{s\&i}) * (1 - \gamma_d) * (1 - \gamma_m) \text{ (Eq.4)}$$

- γ_a : Perdidas en el arreglo [fracción]
- $\gamma_{s\&i}$: Perdidas en la superficie de sustentación [fracción]
- γ_d : Perdidas por disposición [fracción]
- γ_m : Perdidas varias [fracción]

Entonces reemplazando 4 en 3

$$ED = EG * (1 - \gamma_a) * (1 - \gamma_{s\&i}) * (1 - \gamma_d) * (1 - \gamma_m) \text{ (Eq.5)}$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.4. PRODUCCION BRUTA DE ENERGIA

$$EG = EU * CH * CT \text{ (Eq.6)}$$

- **EG:** Producción bruta de energía.[W]
- **EU:** Producción desajustada de energía. [W]
- **CH:** Coeficiente de ajuste de presión. [a dimensional]
- **CT:** Coeficiente de ajuste de temperatura. [a dimensional]

$$CH = \frac{P}{P_0} \text{ (Eq.7)}$$

- **P:** Presión atmosférica en el sitio .[Kpa]
- **P₀:** Presión atmosférica standard (101.3Kpa)

$$CT = \frac{T_0}{T} \text{ (Eq.8)}$$

- **T:** Temperatura promedio en el sitio .[K]
- **T₀:** Temperatura absoluta standard (288.1K)

Entonces reemplazando 8 y 7 en 6

$$EG = EU * \frac{P}{P_0} * \frac{T_0}{T} \text{ (Eq.9)}$$

Entonces reemplazando 9 en 5

$$ED = EU * \frac{P}{P_0} * \frac{T_0}{T} * (1 - \gamma_a) * (1 - \gamma_{s\&i}) * (1 - \gamma_d) * (1 - \gamma_m)$$

Eu: Es calculada por medio de la velocidad corregida interpolada en la curva de potencia de la turbina aerogenerador utilizado en el proyecto.

7.5. VELOCIDAD CORREGIDA

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha \text{ (Eq.10)}$$

$$V = \left(\frac{H}{H_0}\right)^\alpha * V_0 \text{ (Eq.11)}$$

- **V:** Velocidad a la altura del eje de la turbina [m/s].
- **V₀:** Velocidad a la altura de anemómetro [m/s].
- **H:** Atura del eje de la turbina [m].
- **H₀:** Altura de la toma de la velocidad con anemómetro [H].
- **α:** Factor de cizallamiento.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7.6. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

- Es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión.

$$0 = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + / - \frac{f2}{(1+i)^{n2}} \dots I_0$$

- **f:** Es el flujo de efectivo neto de cada periodo
- **i:** Es la tasa de interés que se debe de buscar
- **n:** Es el número de años del proyecto de inversión
- **+/-:** Sera positiva si el flujo de efectivo en el periodo es favorable o negativa si el flujo de efectivo no lo es.
- **I₀:** Inversión inicial

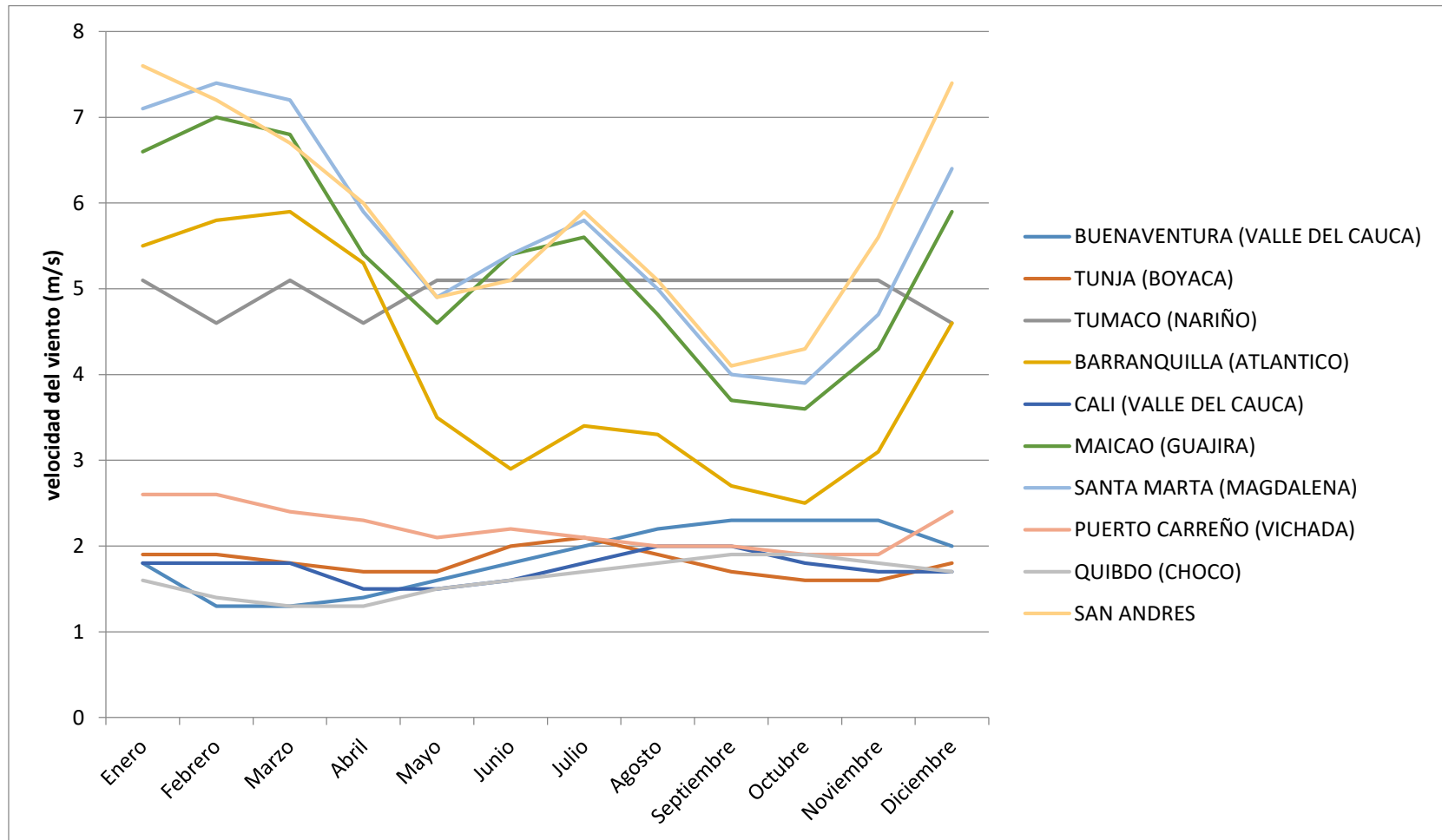
8. TABULACIÓN DE VIENTOS EN 10 ZONAS DE COLOMBIA

Se seleccionaron 10 zonas al azar a lo largo de Colombia y se realizó la tabulación de las velocidades promedio mensuales las cuales fueron obtenidas de RETScreen, el cual posee una base de datos con soportes de la nasa o en su defecto en aeropuertos nacionales, estos datos fueron graficados para poder observar mejor los picos de mayor velocidad en los meses. A partir de esto se promediaron las velocidades mensuales obteniendo una velocidad promedio anual, la cual nos ayudaría a seleccionar de manera más rápida las cinco zonas con más alta velocidad.

CIUDAD	BUENAVENTURA	TUNJA	TUMACO	BARRANQUILLA	CALI	MAICAO	SANTA MARTA	PUERTO CARREÑO	QUIBDO	SAN ANDRES
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)									
Enero	1,8	1,9	5,1	5,5	1,8	6,6	7,1	2,6	1,6	7,6
Febrero	1,3	1,9	4,6	5,8	1,8	7	7,4	2,6	1,4	7,2
Marzo	1,3	1,8	5,1	5,9	1,8	6,8	7,2	2,4	1,3	6,7
Abril	1,4	1,7	4,6	5,3	1,5	5,4	5,9	2,3	1,3	6
Mayo	1,6	1,7	5,1	3,5	1,5	4,6	4,9	2,1	1,5	4,9
Junio	1,8	2	5,1	2,9	1,6	5,4	5,4	2,2	1,6	5,1
Julio	2	2,1	5,1	3,4	1,8	5,6	5,8	2,1	1,7	5,9
Agosto	2,2	1,9	5,1	3,3	2	4,7	5	2	1,8	5,1
Septiembre	2,3	1,7	5,1	2,7	2	3,7	4	2	1,9	4,1
Octubre	2,3	1,6	5,1	2,5	1,8	3,6	3,9	1,9	1,9	4,3
Noviembre	2,3	1,6	5,1	3,1	1,7	4,3	4,7	1,9	1,8	5,6
Diciembre	2	1,8	4,6	4,6	1,7	5,9	6,4	2,4	1,7	7,4

Velocidad promedio (m/s)	1,86	1,81	4,98	4,04	1,75	5,30	5,64	2,21	1,63	5,83
---------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 1 Velocidad del Viento en las Zonas Escogidas



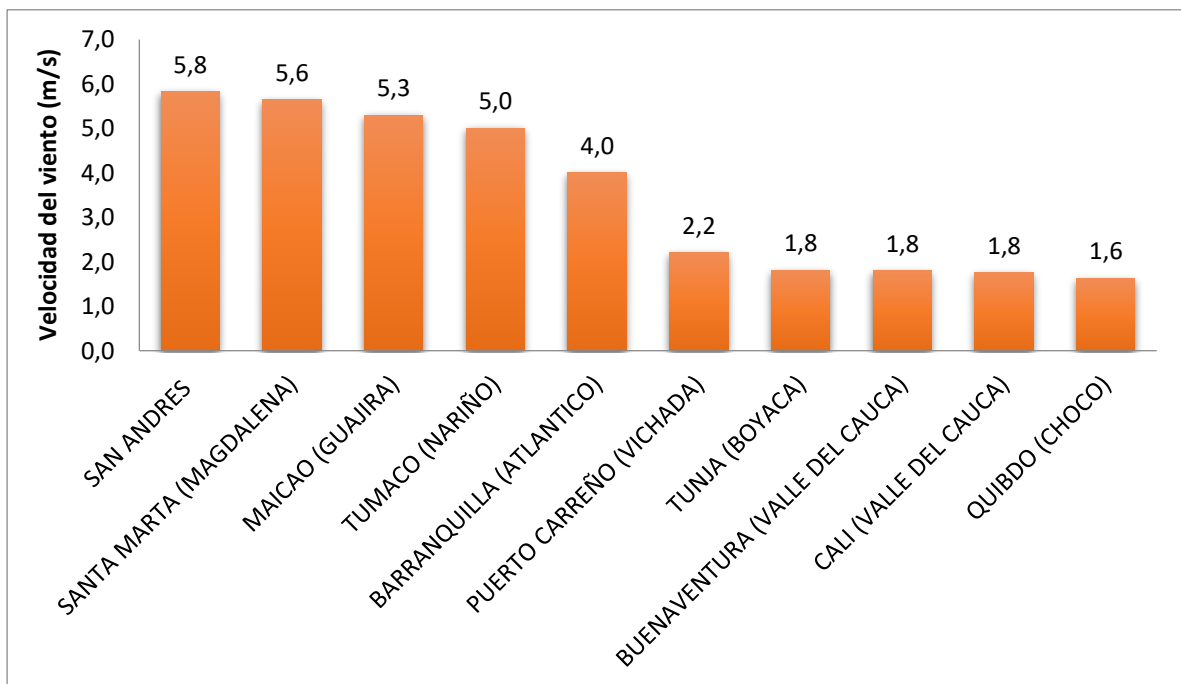
Gráfica 2 Velocidad del Viento en las Zonas Escogidas

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

8.1. VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL

Tabla 2 Velocidad Promedio de las Zonas Escogidas

VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL (m/s)	
SAN ANDRES	5,8
SANTA MARTA (MAGDALENA)	5,6
MAICAO (GUAJIRA)	5,3
TUMACO (NARIÑO)	5,0
BARRANQUILLA (ATLANTICO)	4,0
PUERTO CARREÑO (VICHADA)	2,2
TUNJA (BOYACA)	1,8
BUENAVENTURA (VALLE DEL CAUCA)	1,8
CALI (VALLE DEL CAUCA)	1,8
QUIBDO (CHOCO)	1,6



Grafica 3 Velocidad Promedio de las Zonas Escogidas

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

➤ Como se observa en la Grafica 2, las zonas con más alta velocidad promedio anual a 10 metros de altura (altura de anemómetro) son las siguientes:

- SAN ANDRES
- SANTA MARTA
- MAICAO
- TUMACO
- BARRANQUILLA

Estas zonas son el objeto de estudio de nuestro documento y sobre las cuales vamos a desarrollar todo el análisis de factibilidad y su comportamiento bajo distintos factores de cizallamiento.

9. DATOS INGRESADOS A RETScreen

Tabla 3 Datos Ingresados a RETScreen

DATOS INGRESADOS A RETScreen		
Factores de cizallamiento	0.1	Para pastos altos y cultivos bajos, cultivos transitorios semi-intensivos e intensivos
	0.25	Para terreno rugoso, cultivos altos, arboles pequeños, cultivos semi-permanentes y semi-intensivos, pantanos, ciénagas
	0.5	Para terreno muy rugoso, bosques, árboles frutales, bosques de producción y protección
Inversión inicial	2851282 USD/MW	
Turbina	Nordex N60	
Cantidad de turbinas	15	
Perdidas en arreglo	4%	
Perdidas de superficie de sustentación	3%	
Perdidas varias	4%	
Disponibilidad	95%	
Tarifa de exportación de electricidad	50 USD/MWh	
Tasa de inflación	3.22	
Tiempo de vida del proyecto	15 años	
Relación de deuda	50%	
Tasa de interés de la deuda	19.26%	
Duración de deuda	7 años	

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

10. CURVA DE POTENCIA NORDEX N60

Según el datasheet de Nordex la turbina de nuestra selección es la N60 la cual se relacionan a continuación los datos más relevantes:

Tabla 4 Información Nordex N60

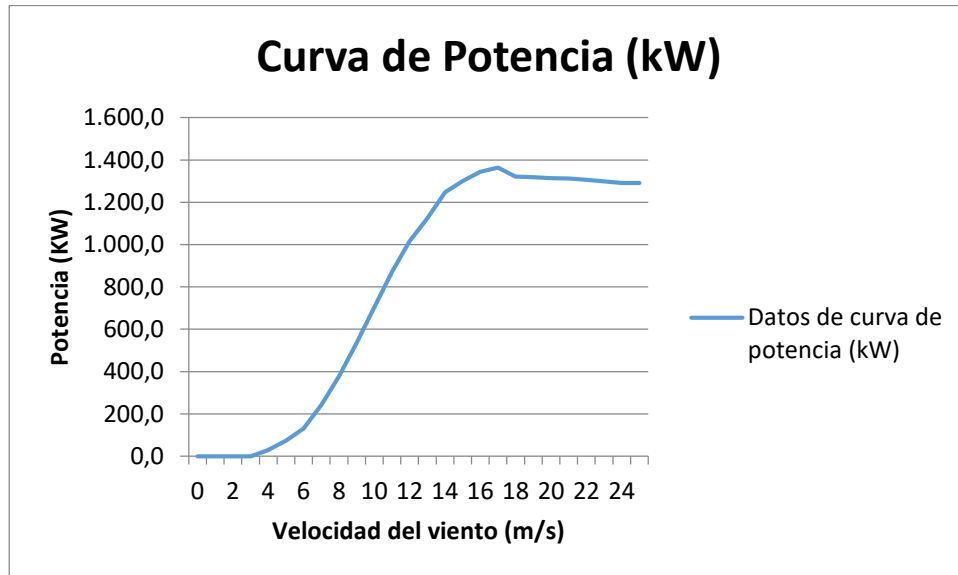
N60/1300W	
DESCRIPCION	VALOR
Número de Aspas	3
Velocidad del Rotor	19,2 rpm
Longitud de las Aspas	29 m
Diámetro del Rotor	60m
Área del Rotor	2828m ²

Tabla 5 Curva de Potencia Nordex N60

Velocidad del Viento (m/s)	Datos de curva de potencia (kW)
4	29,0
5	73,0
6	131,0
7	241,0
8	376,0
9	536,0
10	704,0
11	871,0
12	1.016,0
13	1.124,0
14	1.247,0
15	1.301,0
16	1.344,0
17	1.364,0
18	1.322,0
19	1.319,0
20	1.314,0
21	1.312,0
22	1.307,0

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

23	1.299,0
24	1.292,0
25 - 30	1.292,0



Grafica 4 Curva de Potencia Nordex N60

11. ESTUDIO DE LAS ZONAS SELECCIONAS AFECTADAS POR EL FACTOR DE CIZALLAMIENTO

Las zonas fueron ingresadas en RETScreen y evaluadas bajo los datos mencionados anteriormente y justificados en la metodología del documento, obteniendo los siguientes resultados:

11.1. ZONA A 5,8 (m/s)

Tabla 6 Afectación por el Factor de Cizallamiento - San Andrés

SAN ANDRES					
Coeficiente de Cizallamiento	Factor de Utilizacion (%)	Electricidad Exportada a la Red (MWh)	TIR Antes de Impuestos – Capital (%)	TIR Antes – Impuestos – Activos (%)	Reducción de emisiones GEI anual neta (tCO2)
0,1	21,9%	37414	112,4%	58,5%	6575,1
0,25	35,4%	60490	195,5%	99,7%	10630,4
0,5	54,5%	93136	313,5%	158,5%	16367,5

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

11.2. ZONA A 5,3 (m/s)

Tabla 7 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Santa Marta

SANTA MARTA					
Coeficiente de Cizallamiento	Factor de Utilización (%)	Electricidad Exportada a la Red (MWh)	TIR Antes de Impuestos – Capital (%)	TIR Antes – Impuestos – Activos (%)	Reducción de emisiones GEI anual neta (tCO ₂)
0,1	20,0%	34144	100,7%	52,7%	6000,4
0,25	33,0%	56384	180,7%	92,3%	9908,8
0,5	52,7%	90076	302,4%	153,0%	15829,7

11.3. ZONA A 5,3 (m/s)

Tabla 8 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Maicao

MAICAO					
Coeficiente de Cizallamiento	Factor de Utilización (%)	Electricidad Exportada a la Red (MWh)	TIR Antes de Impuestos – Capital (%)	TIR Antes – Impuestos – Activos (%)	Reducción de emisiones GEI anual neta (tCO ₂)
0,1	17,7%	30155	86,5%	45,8%	5.299,4
0,25	30,2%	51578	163,3%	83,7%	9.064,2
0,5	51,1%	87349	292,6%	148,1%	15.350,5

11.4. ZONA A 5 (m/s)

Tabla 9 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Tumaco

TUMACO					
Coeficiente de Cizallamiento	Factor de Utilización (%)	Electricidad Exportada a la Red (MWh)	TIR Antes de Impuestos – Capital (%)	TIR Antes – Impuestos – Activos (%)	Reducción de emisiones GEI anual neta (tCO ₂)
0,1	14,4%	24603	67,1%	36,1%	4323,6
0,25	25,7%	43825	135,4%	69,9%	7701,6
0,5	46,0%	78595	260,9%	132,3%	13812,1

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

11.5. ZONA A 4 (m/s)

Tabla 10 Afectación por el Factor de Cizallamiento - Barranquilla

BARRANQUILLA					
Coeficiente de Cizallamiento	Factor de Utilización (%)	Electricidad Exportada a la Red (MWh)	TIR Antes de Impuestos – Capital (%)	TIR Antes – Impuestos – Activos (%)	Reducción de emisiones GEI anual neta (tCO ₂)
0,1	8,3%	14130	32,1%	17,7%	2.483,2
0,25	16,9%	28809	81,8%	43,4%	5.062,8
0,5	38,1%	65099	212,1%	107,9%	11.440,2

El programa arroja diversos datos, para el estudio a realizar los más importantes son:

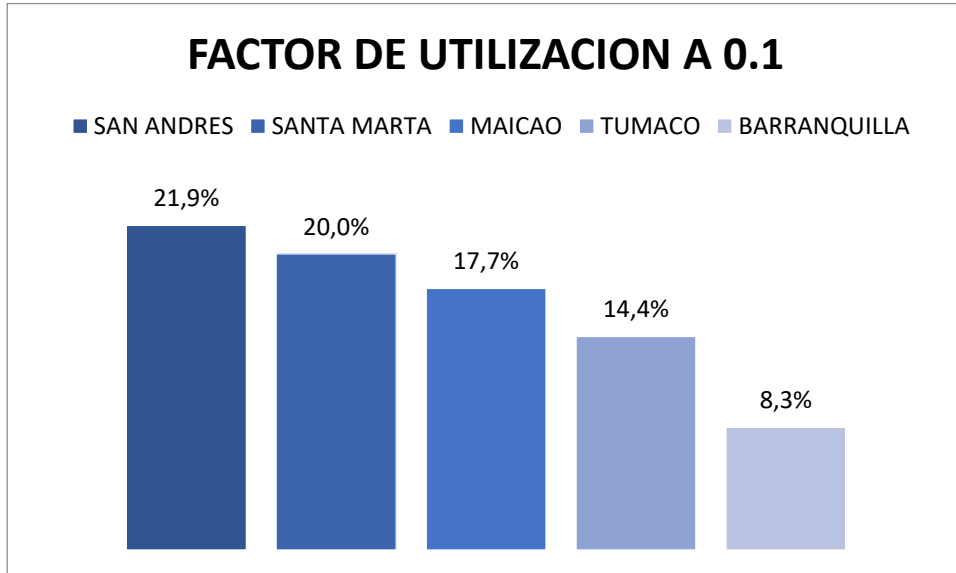
- Factor de utilización
- TIR
- Electricidad exportada a la red
- Reducción de emisiones de CO₂

12. FACTOR DE UTILIZACIÓN

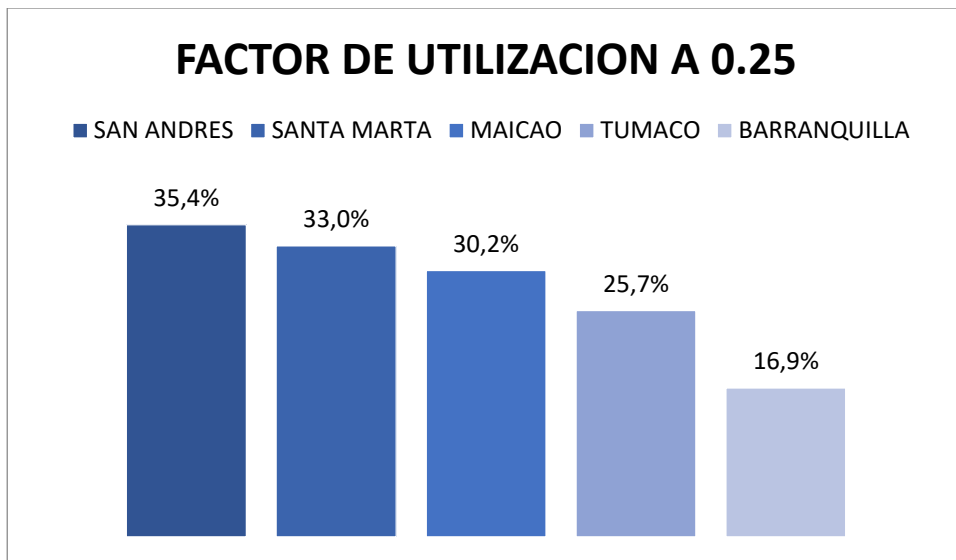
A continuación se observa en las gráficas como el factor de utilización es afectado proporcionalmente por los factores de cizallamiento, por ejemplo San Andrés tiene un cambio de factor de utilización de 21,9% con un factor de cizallamiento de 0,1 a un factor de utilización de 54,5% con un factor de cizallamiento de 0,5; lo cual indica que con un factor de cizallamiento de 0,5 se obtiene un factor de utilización mayor a 40% demostrando así que el parque eólico funciona mejor con un factor de cizallamiento alto.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

12.1. FACTOR DE UTILIZACIÓN A VELOCIDAD DE ANEMÓMETRO

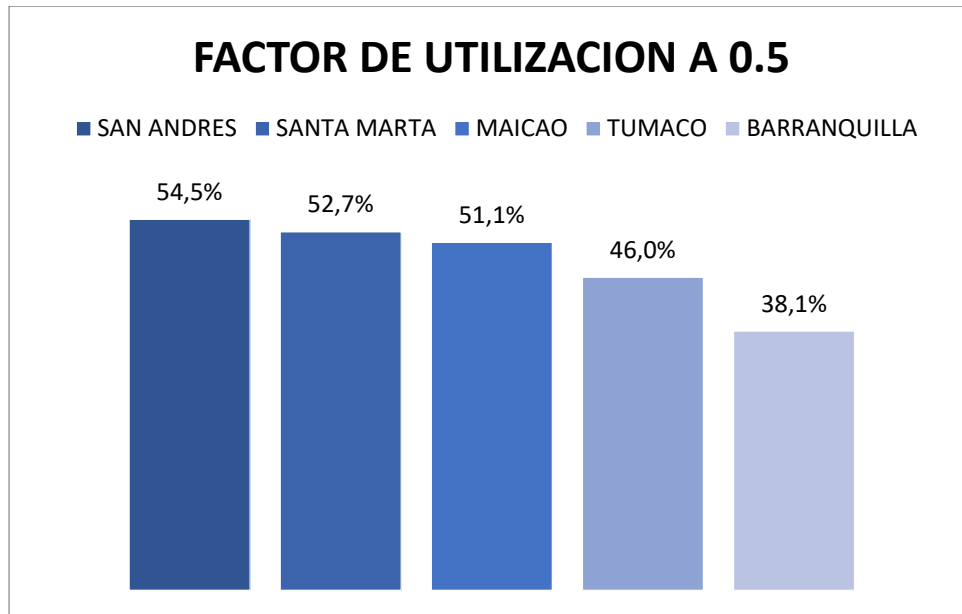


Grafica 5 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1



Grafica 6 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

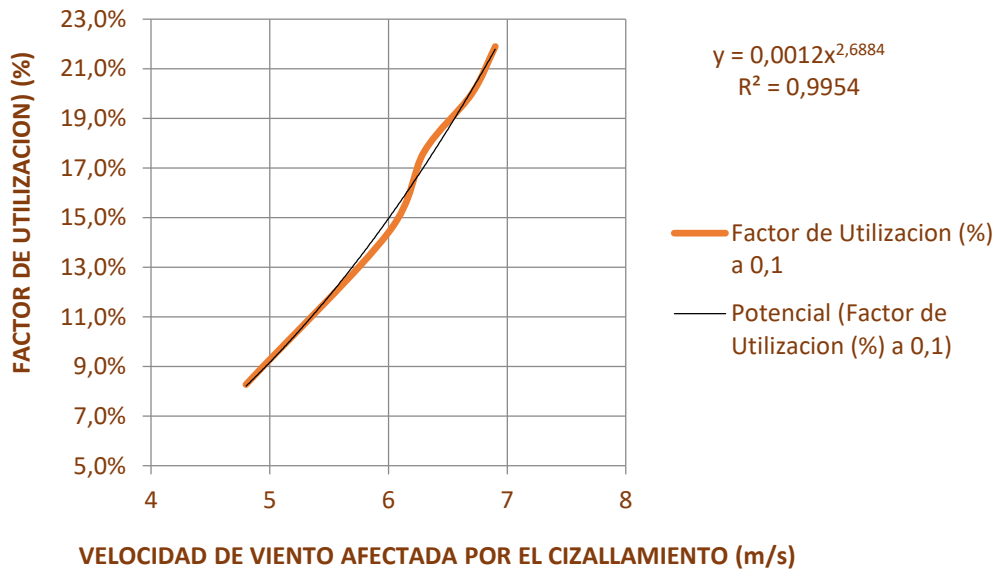


Grafica 7 Variación del Factor de Utilización en Diferentes Ciudades con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5

12.2. FACTOR DE UTILIZACIÓN A VELOCIDAD CORREGIDA

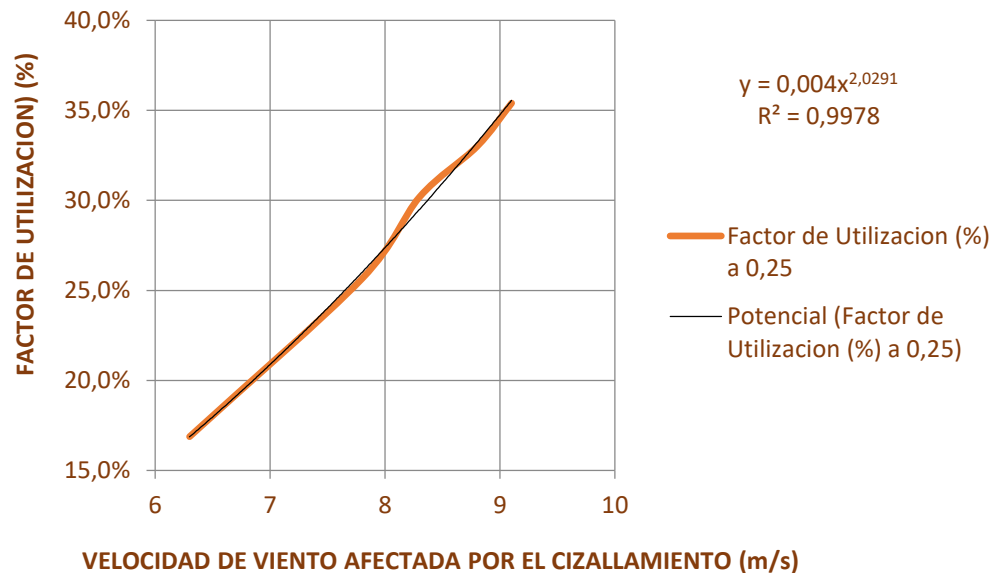
Para el factor de utilización corregido dejamos a un lado las zonas y nos preocupamos por la velocidad a la que se encuentra en viento en el eje de la turbina, este aumenta en todos los casos de forma exponencial y se ve que de una zona de 0,1 se pueden alcanzar valores de una zona de 0,25 pero de una zona de 0,25 no podemos llegar a valores de una zona de 0,5 esto quiere decir que la zona más eficiente que es San Andrés en un lugar con factor de cizallamiento de 0,1 puede llegar a tener el mismo factor de utilización que Barranquilla y Tumaco en una zona de 0,25. Sin embargo si yo encuentro en San Andrés una zona con un factor de cizallamiento de 0,5 su factor de cizallamiento va a ser más óptimo que Maicao que es muy cercano a donde se encuentra instalado en este momento el parque eólico Jepirachi.

Factor de Utilización (%) a 0.1

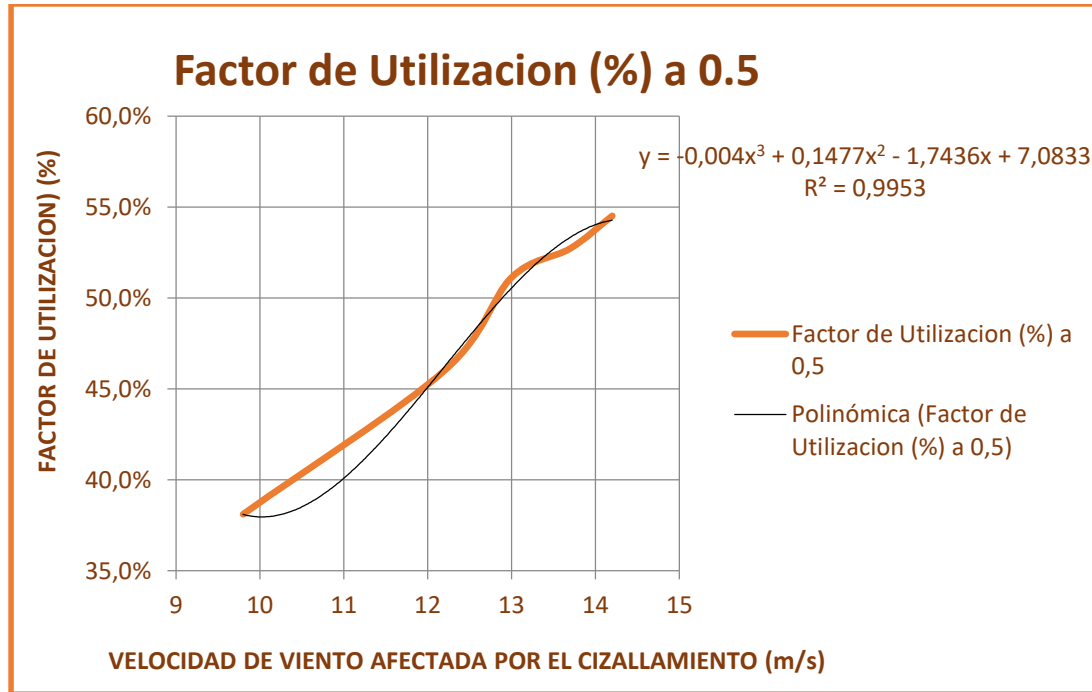


Grafica 8 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.1

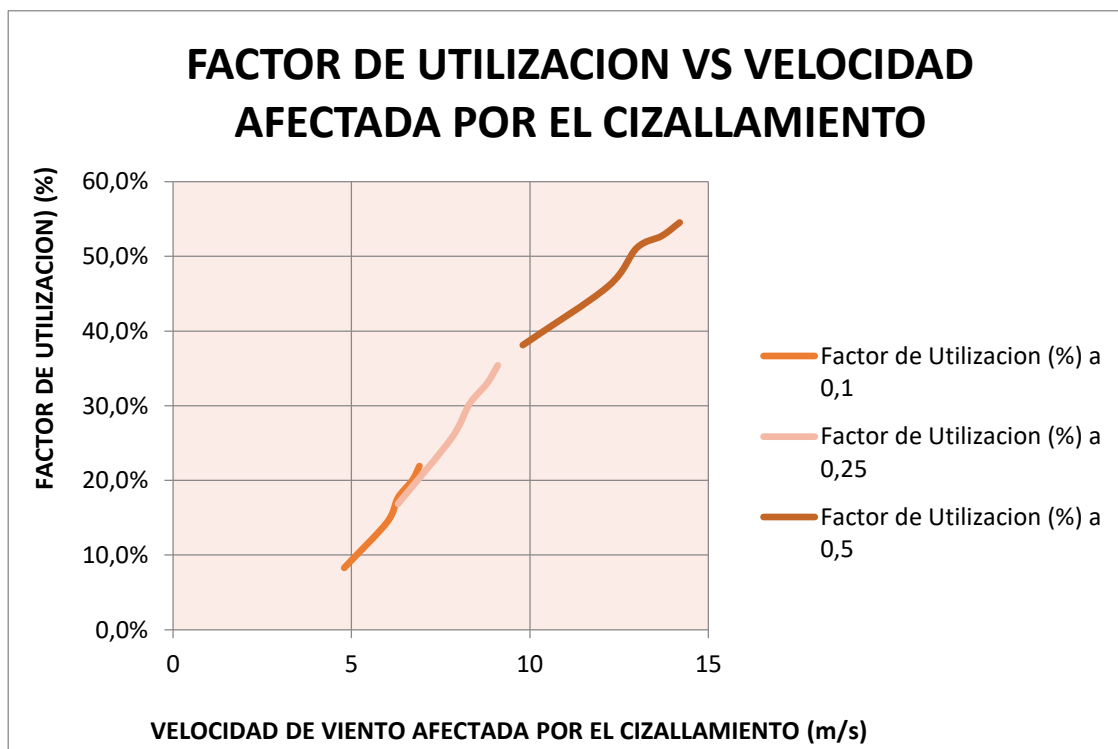
Factor de Utilización (%) a 0.25



Grafica 9 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.25



Grafica 10 Variación del Factor de Utilización a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento 0.5

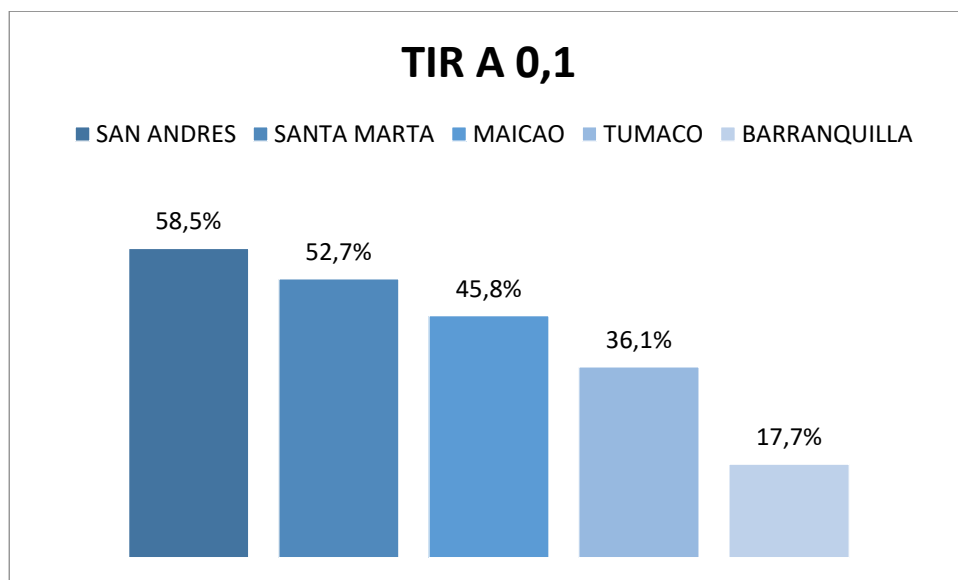


Grafica 11 Factor de Utilizacion Vs Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

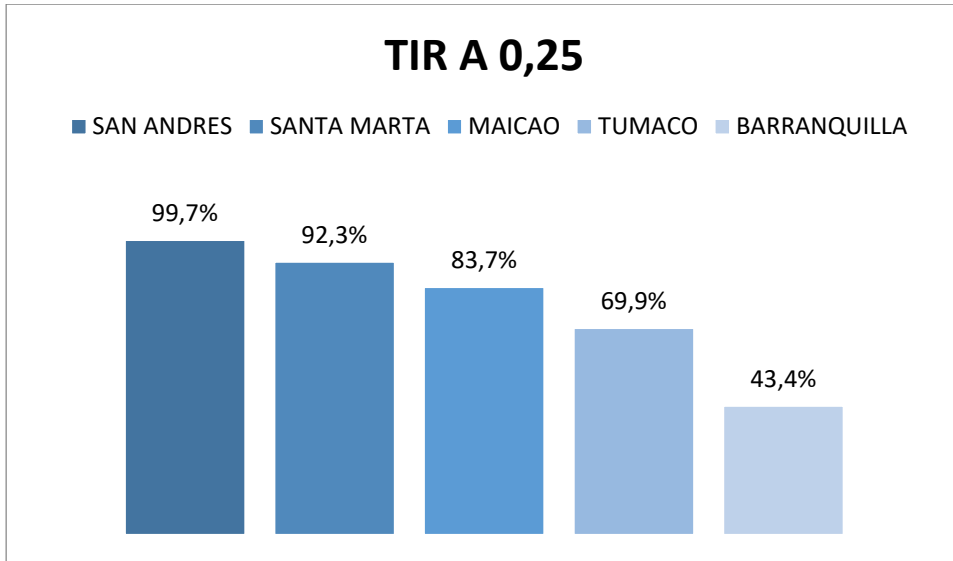
13. TIR

La TIR nos indica que tan rentable es un proyecto a la hora de realizar una inversión. Cuando se llega al análisis de las tasas internas de retorno de nuestro proyecto observamos que desde el primer momento nuestro proyecto es rentable, partiendo del hecho que al aumentar el factor de cizallamiento también aumenta la TIR y podemos ver que con un factor mínimo de 0,1 en la zona más baja que es Barranquilla el proyecto es relativamente rentable y San Andrés a 0,5 es muy rentable. Esto se debe a que la inversión inicial que tenemos en nuestro proyecto es muy baja y además logramos establecer un precio de exportación muy alto lo cual indica que si tenemos un flujo de caja positivo durante todo el periodo nuestra inversión inicial se recuperara de forma rápida y obtendremos utilidades más rápido es decir que entre más alta sea nuestra TIR más confiable es nuestro proyecto.

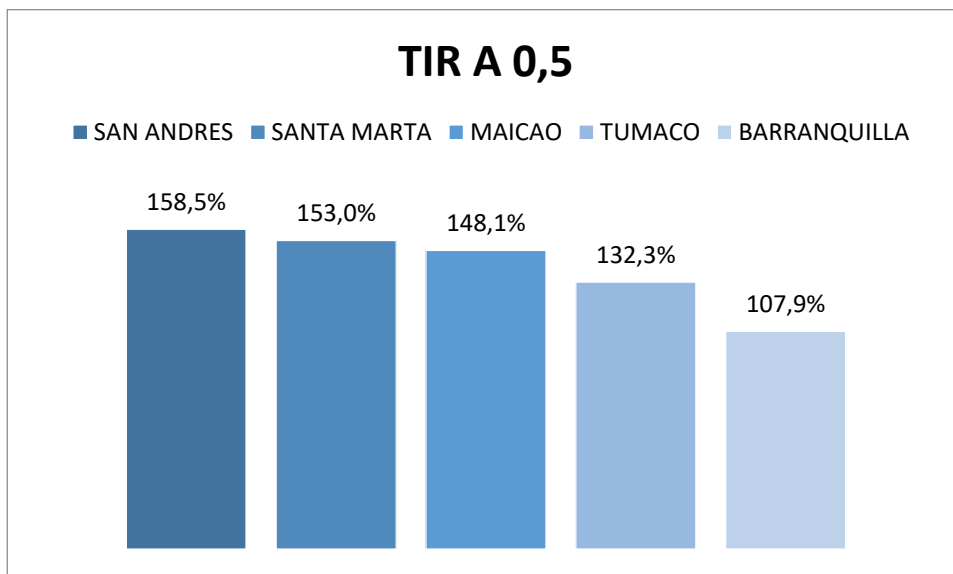


Grafica 12 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.1

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



Grafica 13 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.25



Grafica 14 TIR con Factor de Cizallamiento de 0.5

14. ANALISIS DEL FACTOR DE CIZALLAMIENTO

Teniendo las cinco zonas escogidas de Colombia organizadas de mayor a menor según la velocidad del viento en un promedio anual, podemos observar en la siguientes tablas, como el factor de utilización, la electricidad exportada a la red y la reducción de emisiones aumenta a medida que la velocidad del viento es más alta lo que significa mayor productividad en cuanto a la utilización de turbinas eólicas.

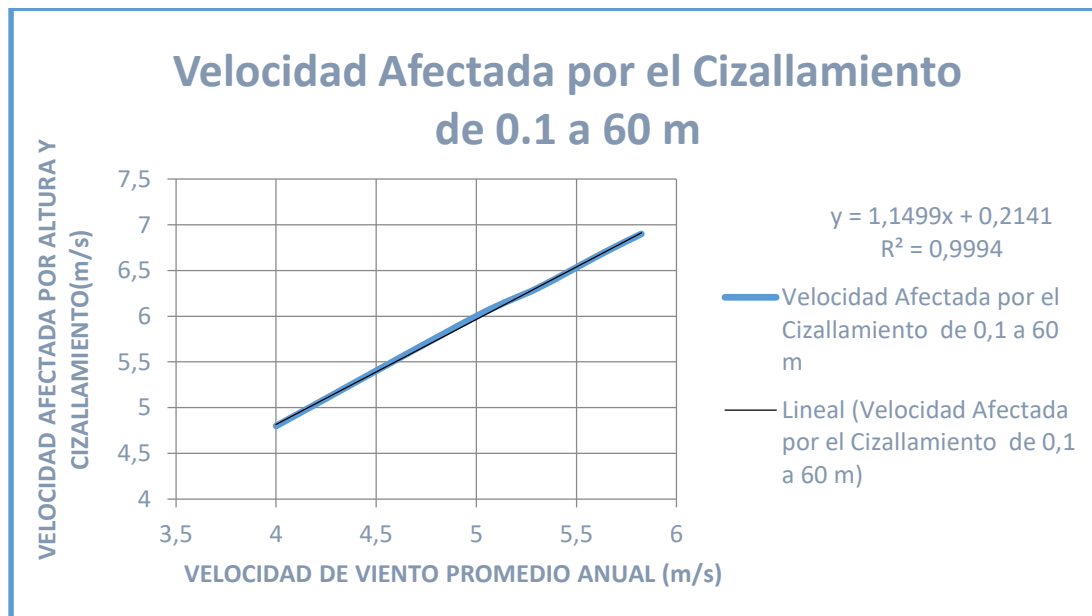
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

14.1. FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.1

Tabla 11 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.1

FACTOR DE CIZALLAMIENTO 0.1						
Zona	Velocidad Promedio Anual a 10m (m/s)	Velocidad Afectada por el Cizallamiento de 0,1 a 60 m	Factor de Utilizacion (%) a 0,1	Electricidad Exportada a la Red (MWh) a 0.1	TIR Antes - Impuestos - Activos (%) a 0.1	Reducción de Emisiones GEI Anual Neta (tCO2) a 0.1
SAN ANDRES	5,8	6,9	21,9%	37414	58,5%	6575,1
SANTA MARTA (MAGDALENA)	5,6	6,7	20,0%	34144	52,7%	6000,4
MAICAO (GUAJIRA)	5,3	6,3	17,7%	30155	45,8%	5.299,4
TUMACO (NARIÑO)	5,0	6,0	14,4%	24603	36,1%	4323,6
BARRANQUILLA (ATLANTICO)	4,0	4,8	8,3%	14130	17,7%	2.483,2

La velocidad afectada a 60m con un factor de cizallamiento de 0,1 se encuentra en un rango de valores de 4,8 a 6,9 lo que significa que los niveles de la velocidad aumentan con este factor en cada zona significativamente.



Grafica 15 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.1 a 60m

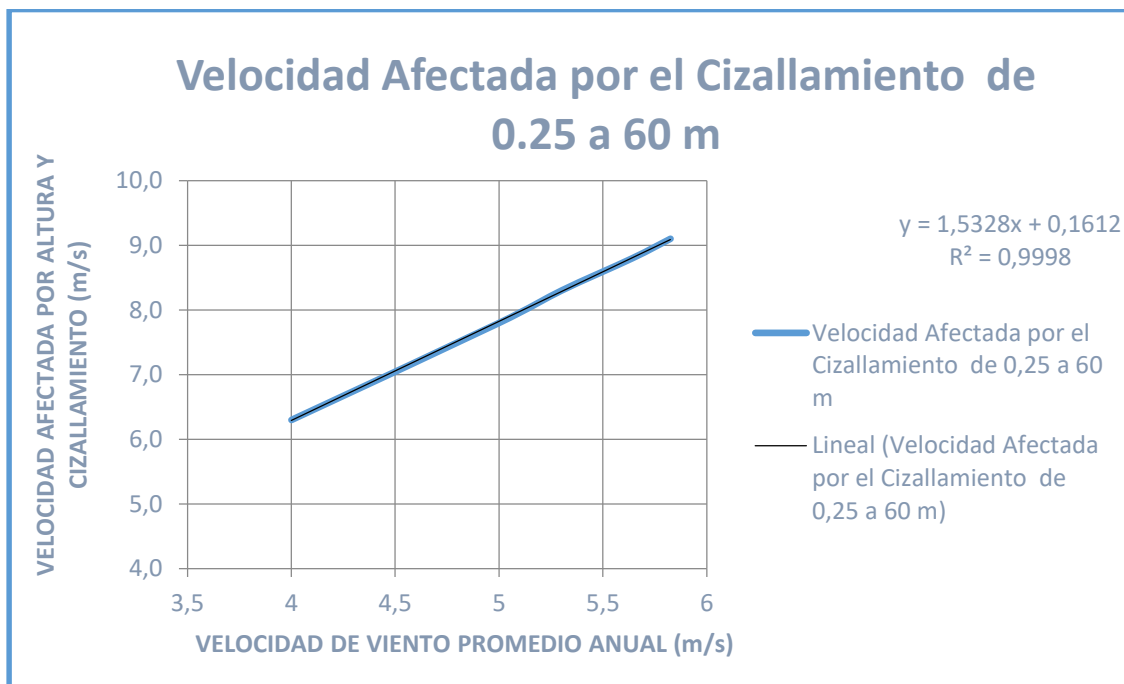
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

14.2. FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.25

Tabla 12 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.25

FACTOR DE CIZALLAMIENTO 0.25						
Zona	Velocidad Promedio Anual a 10m (m/s)	Velocidad Afectada por el Cizallamiento de 0,25 a 60 m	Factor de Utilizacion (%) a 0,25	Electricidad Exportada a la Red (MWh) a 0.25	TIR Antes - Impuestos - Activos (%) a 0.25	Reducción de Emisiones GEI Anual Neta (tCO2) a 0.25
SAN ANDRES	5,8	9,1	35,4%	60490	99,7%	10630,4
SANTA MARTA (MAGDALENA)	5,6	8,8	33,0%	56384	92,3%	9908,8
MAICAO (GUAJIRA)	5,3	8,3	30,2%	51578	83,7%	9.064,2
TUMACO (NARIÑO)	5,0	7,8	25,7%	43825	69,9%	7701,6
BARRANQUILLA (ATLANTICO)	4,0	6,3	16,9%	28809	43,4%	5.062,8

La velocidad afectada a 60m con un factor de cizallamiento de 0,25 se encuentra en un rango de valores de 6,3 a 9,1 lo que significa que los niveles de la velocidad aumentan con este factor en cada zona significativamente.



Grafica 16 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.25 a 60m

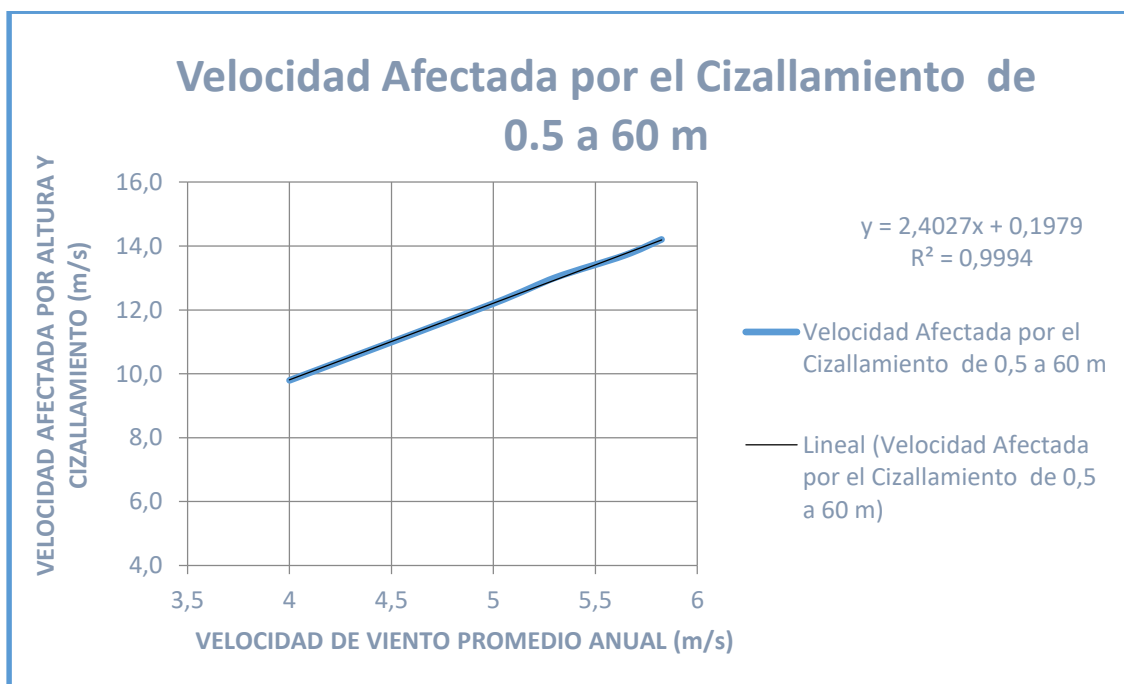
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

14.3. FACTOR DE CIZALLAMIENTO A 0.5

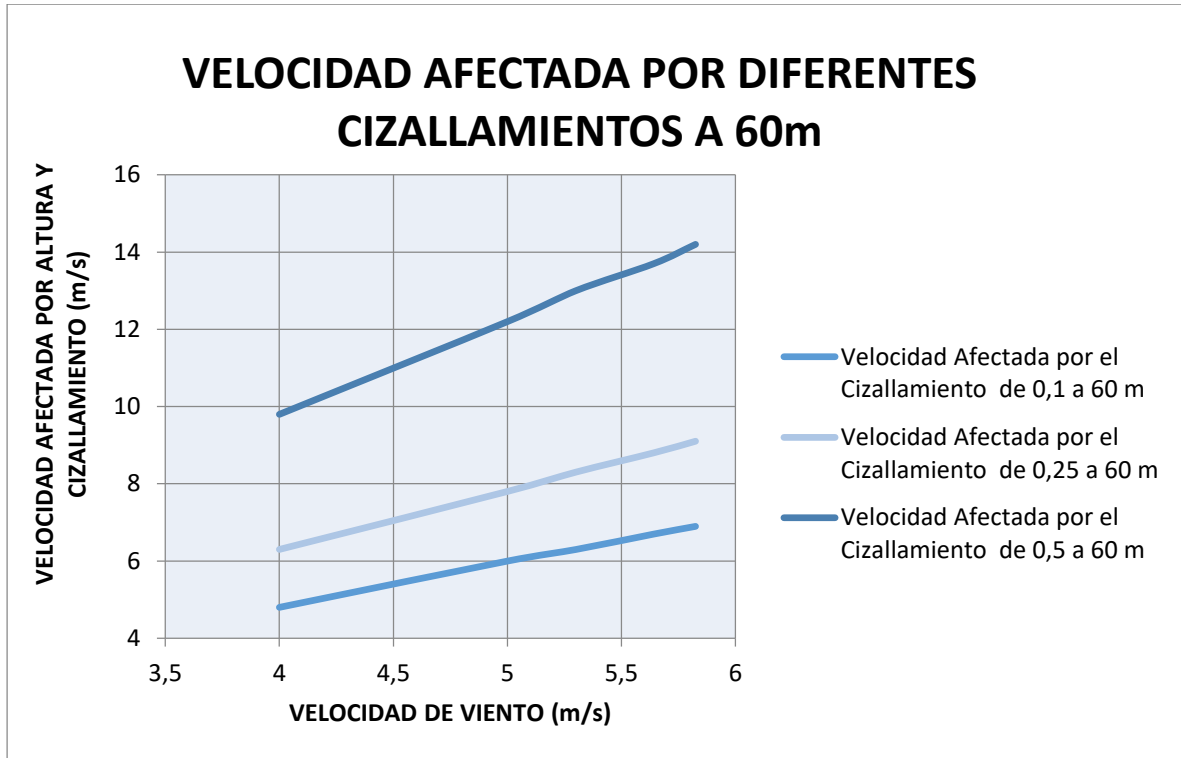
Tabla 13 Analisis del Factor de Cizallamiento 0.5

FACTOR DE CIZALLAMIENTO 0.5						
Zona	Velocidad Promedio Anual a 10m (m/s)	Velocidad Afectada por el Cizallamiento de 0,5 a 60 m	Factor de Utilizacion (%) a 0,5	Electricidad Exportada a la Red (MWh) a 0.5	TIR Antes - Impuestos - Activos (%) a 0.5	Reducción de Emisiones GEI Anual Neta (tCO2) a 0.5
SAN ANDRES	5,8	14,2	54,5%	93136	158,5%	16367,5
SANTA MARTA (MAGDALENA)	5,6	13,7	52,7%	90076	153,0%	15829,7
MAICAO (GUAJIRA)	5,3	13,0	51,1%	87349	148,1%	15.350,5
TUMACO (NARIÑO)	5,0	12,2	46,0%	78595	132,3%	13812,1
BARRANQUILLA (ATLANTICO)	4,0	9,8	38,1%	65099	107,9%	11.440,2

La velocidad afectada a 60m con un factor de cizallamiento de 0,5 se encuentra en un rango de valores de 9,8 a 14,2 lo que significa que los niveles de la velocidad aumentan con este factor en cada zona significativamente.



Grafica 17 Variación de la Velocidad Afectada por el Factor de Cizallamiento 0.5 a 60m

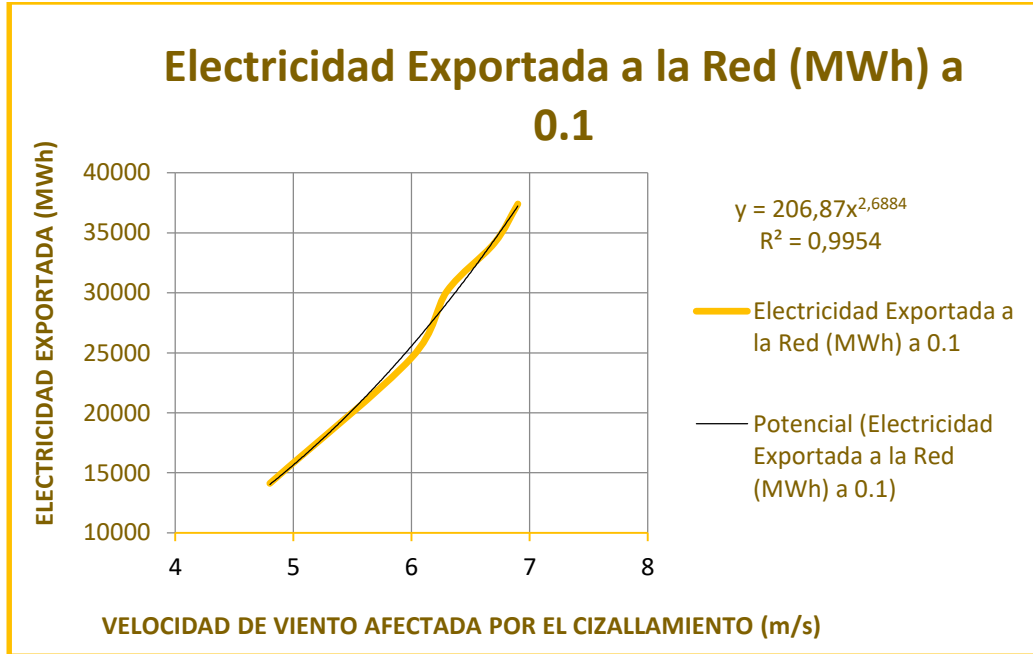


Grafica 18 Variación de la Velocidad Afectada por Diferentes Factores de Cizallamiento a 60m

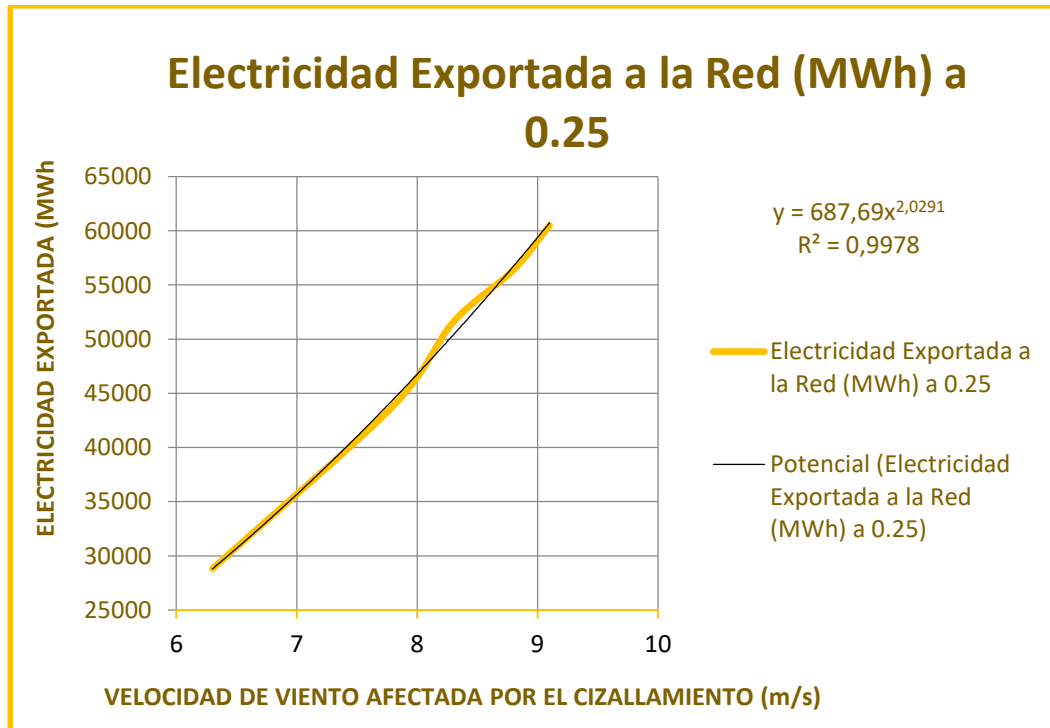
15. ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED

15.1. ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED – POTENCIA GENERADA A VELOCIDAD DE ANEMÓMETRO

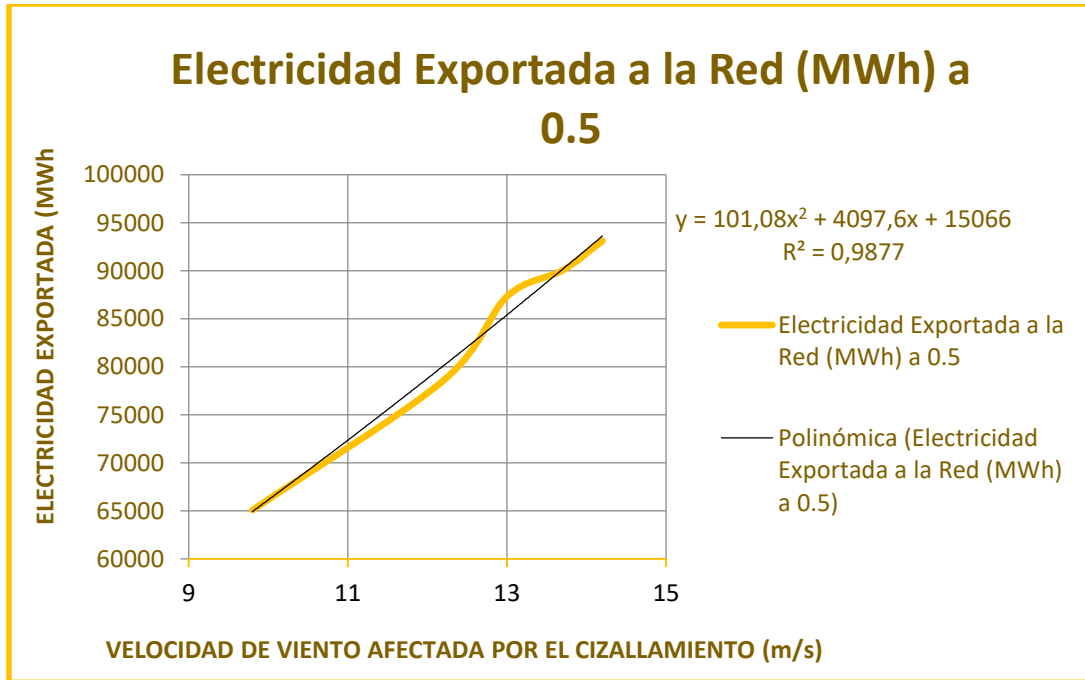
La electricidad exportada a la red de igual manera que las anteriores variables también aumenta exponencialmente con el factor de cizallamiento, esto se debe porque al aumentar el valor del factor de cizallamiento aumenta la velocidad en el eje del rotor lo cual hace que nuestro valor aumente positivamente en la curva de potencia y así también aumente la potencia entregada a la red, San Andrés que es la zona con mayor velocidad está en capacidad de entregar a la red 93136 MWh con un factor de cizallamiento de 0,5. Ahora con un factor de cizallamiento de 0,1 está en capacidad de entregar tan solo 37414 MWh es un cambio del 40% lo cual indica que en un mismo lugar con una velocidad promedio idéntica se es capaz de producir un 40% más de energía en una zona de diferente rugosidad.



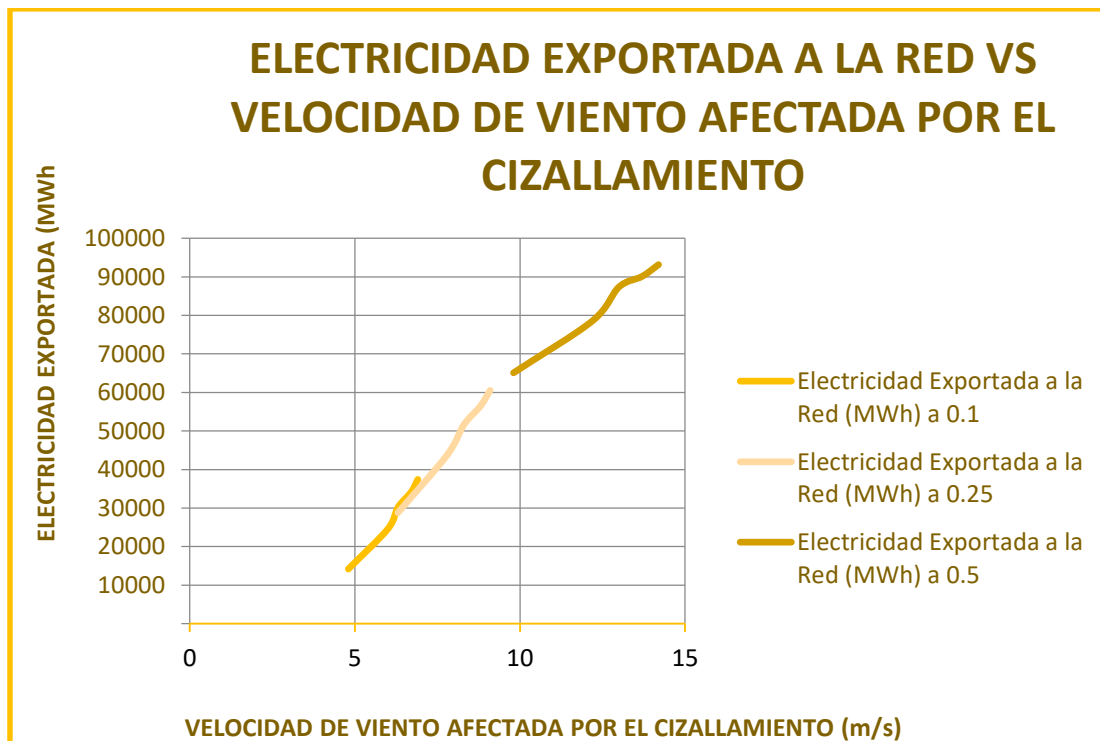
Grafica 19 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1



Grafica 20 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25



Grafica 21 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Anemómetro con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5

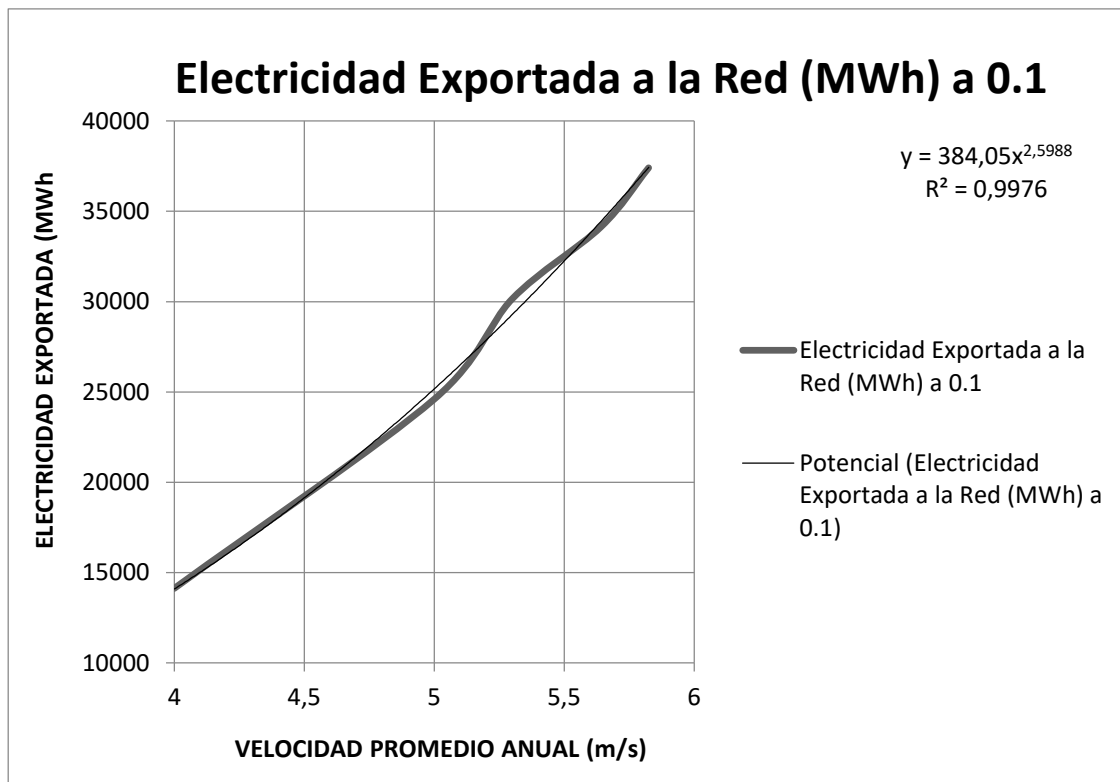


Grafica 22 Variación de la Electricidad Exportada a la Red Vs Velocidad de Viento Afectada por el Cizallamiento

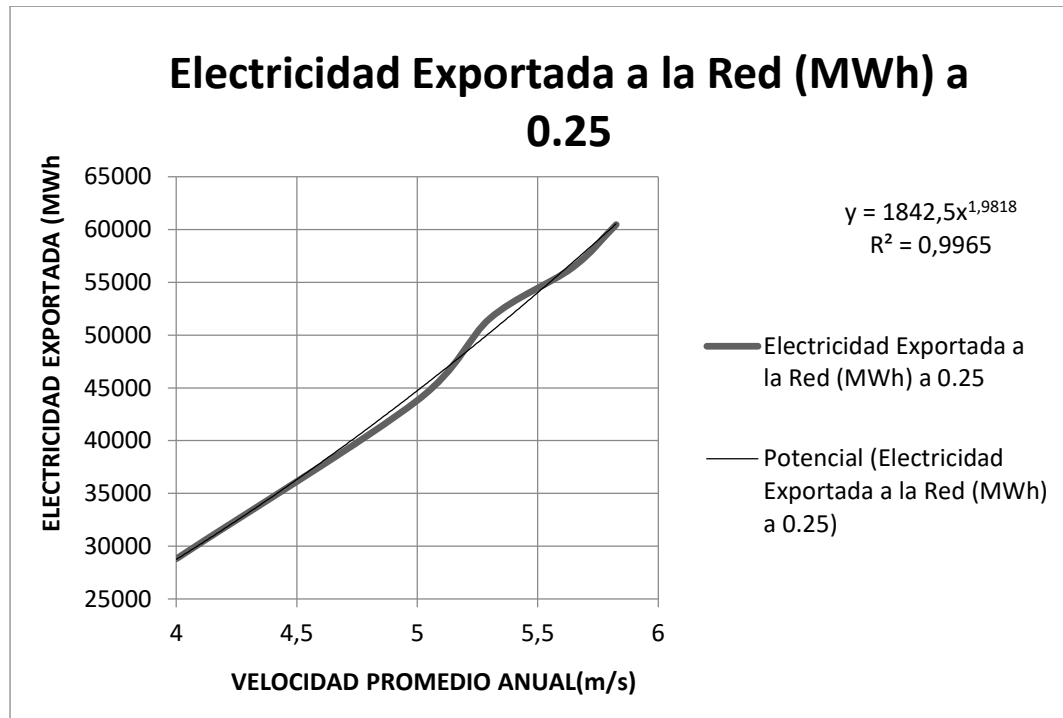
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

15.2. ELECTRICIDAD EXPORTADA A LA RED – POTENCIA GENERADA A VELOCIDAD CORREGIDA

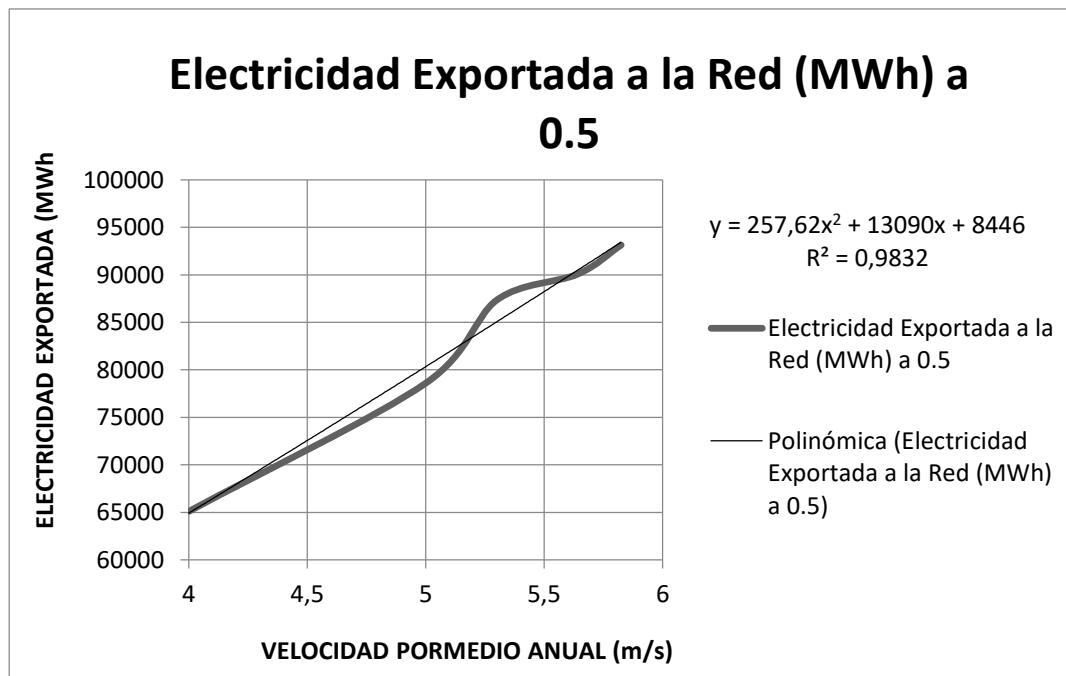
En este caso se quiso realizar un análisis en donde por medio de la curva de tendencia, fuera capaz de identificar la energía entregada a la red a diferentes factores de cizallamiento con solo conocer el valor de la energía promedio, esto con el fin de realizar de manera más fácil los análisis de las diferentes zonas sin necesidad de tener que utilizar RETScreen como herramienta principal. Cabe aclarar que esto es solamente útil si se utilizan las mismas características del parque eólico modelo (JEPIRACHI).



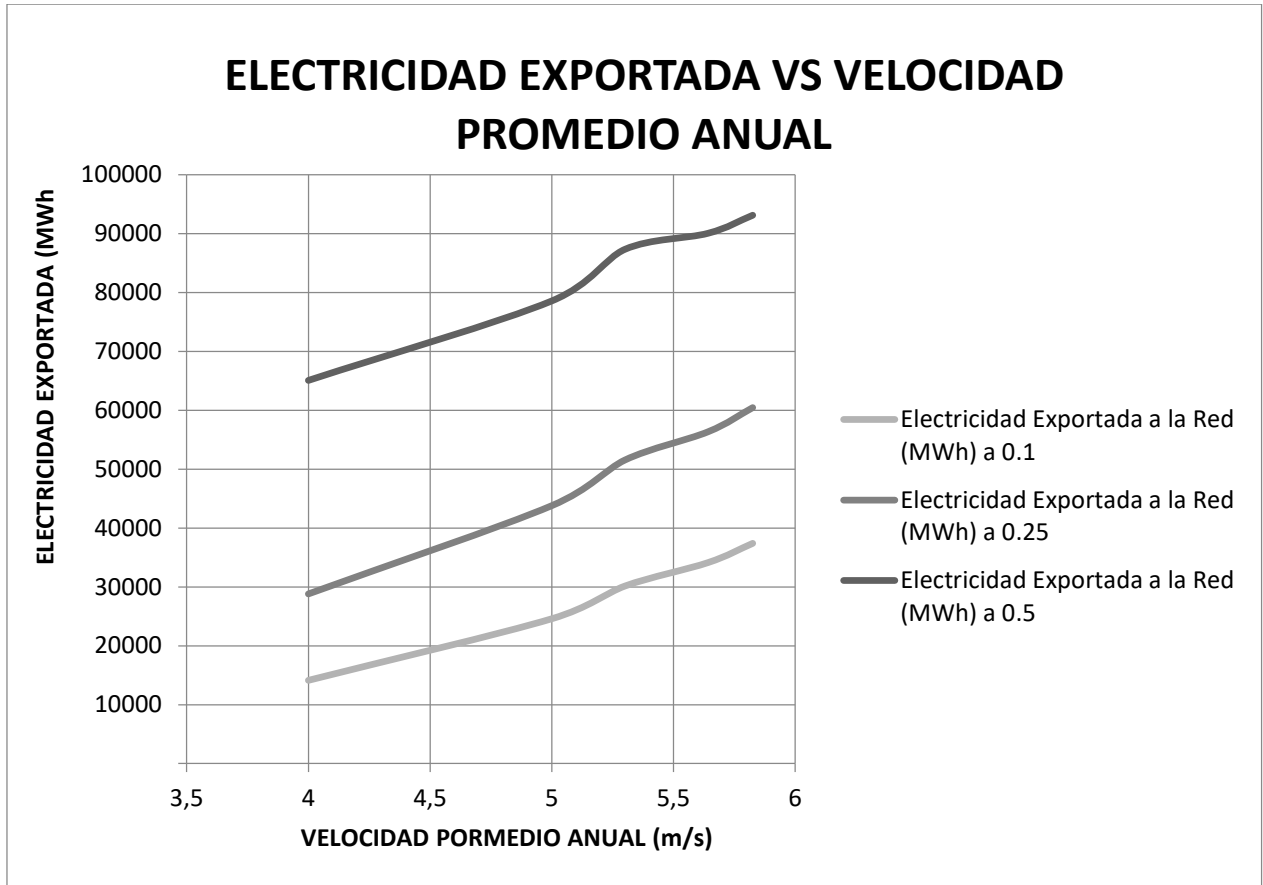
Grafica 23 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1



Grafica 24 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25



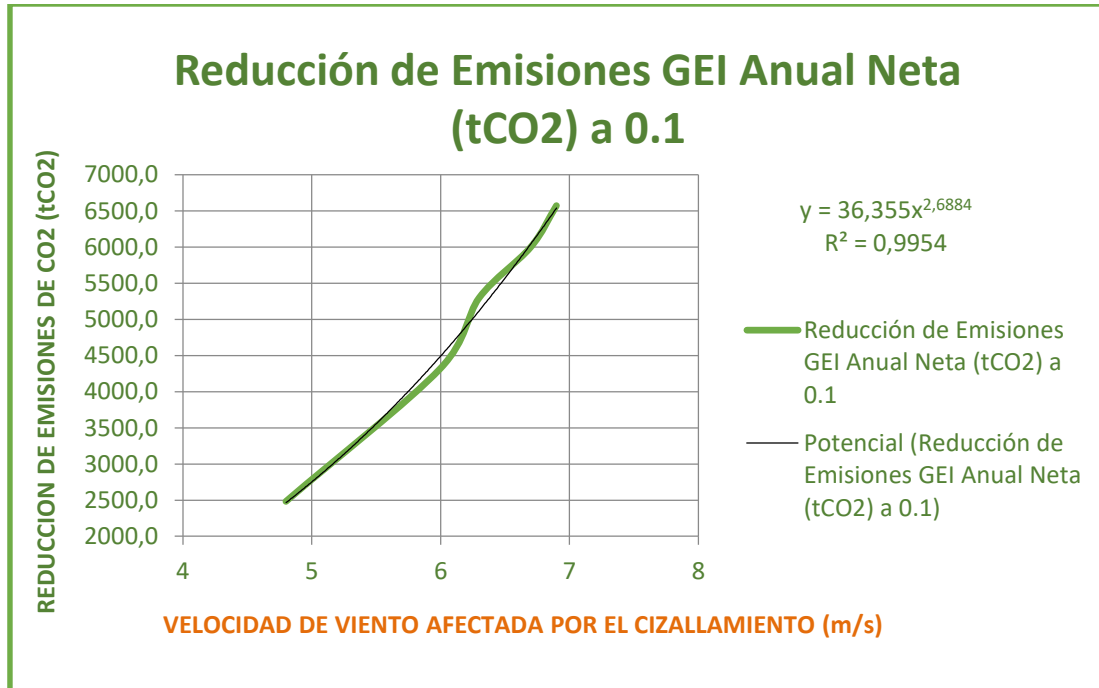
Grafica 25 Variación de la Electricidad Exportada a la Red - Potencia Generada a Velocidad Corregida con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5



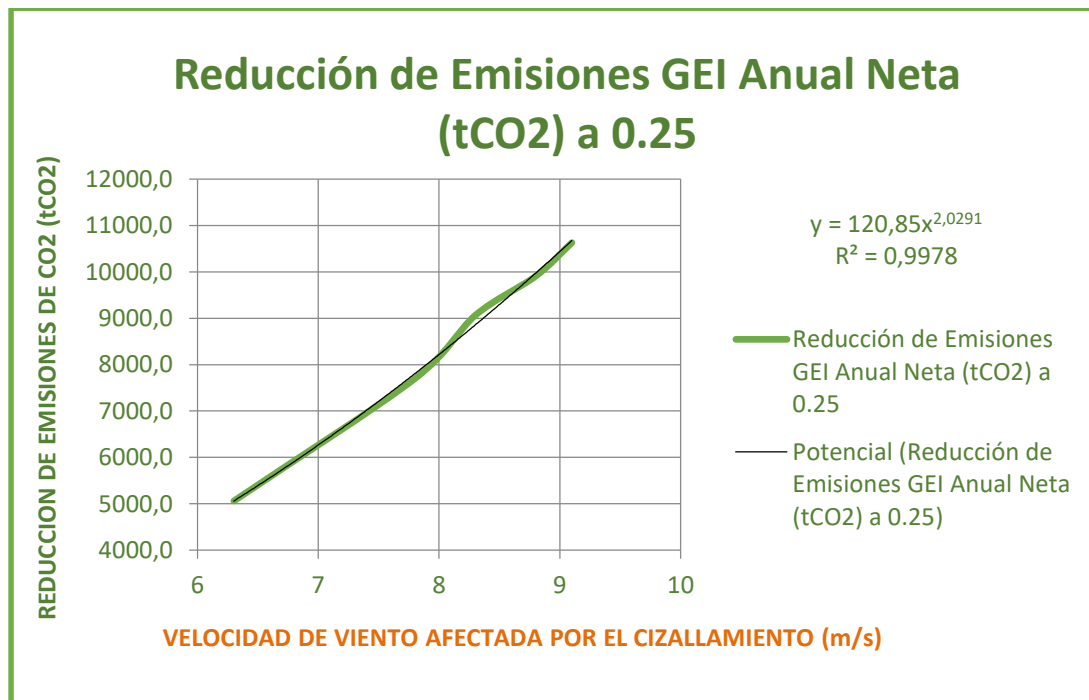
Grafica 26 Electricidad Exportada Vs Velocidad Promedio Anual

16. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2

Las emisiones de CO2 están ligadas directamente a la potencia producida, puesto que si somos capaces de obtener energía de fuentes renovables estamos desplazando los métodos con combustibles fósiles. A continuación se observa que de manera óptima en Colombia con un Jepirachi funcionando en San Andrés somos capaces de disminuir hasta 16367 Toneladas de CO2 en el año lo cual es una cifra significativa en disminución de CO2 emitido al medio Ambiente.

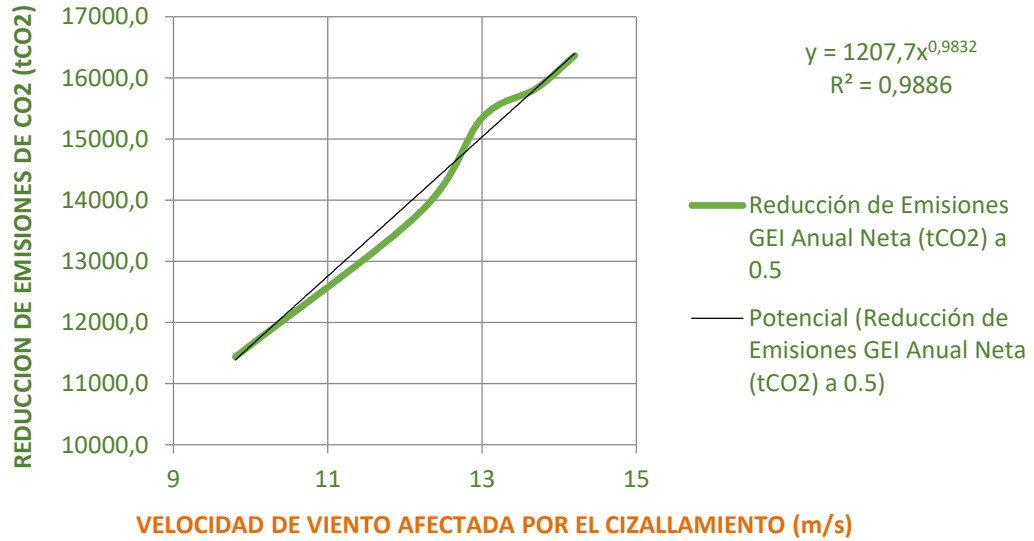


Grafica 27 Variación de la Reducción de Emisiones CO₂ con Factor de Cizallamiento Igual a 0.1



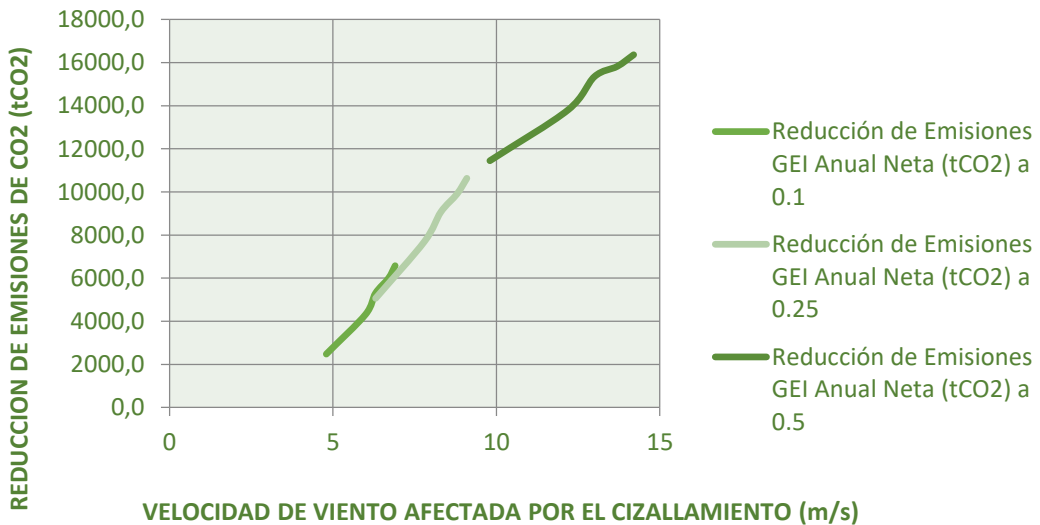
Grafica 28 Variación de la Reducción de Emisiones CO₂ con Factor de Cizallamiento Igual a 0.25

Reducción de Emisiones GEI Anual Neta (tCO₂) a 0.5



Grafica 29 Variación de la Reducción de Emisiones CO₂ con Factor de Cizallamiento Igual a 0.5

REDUCCION DE EMISIONES DE CO₂



Grafica 30 Variación de la Reducción de Emisiones de CO₂ con Diferentes Factores de Cizallamiento

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

17. ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

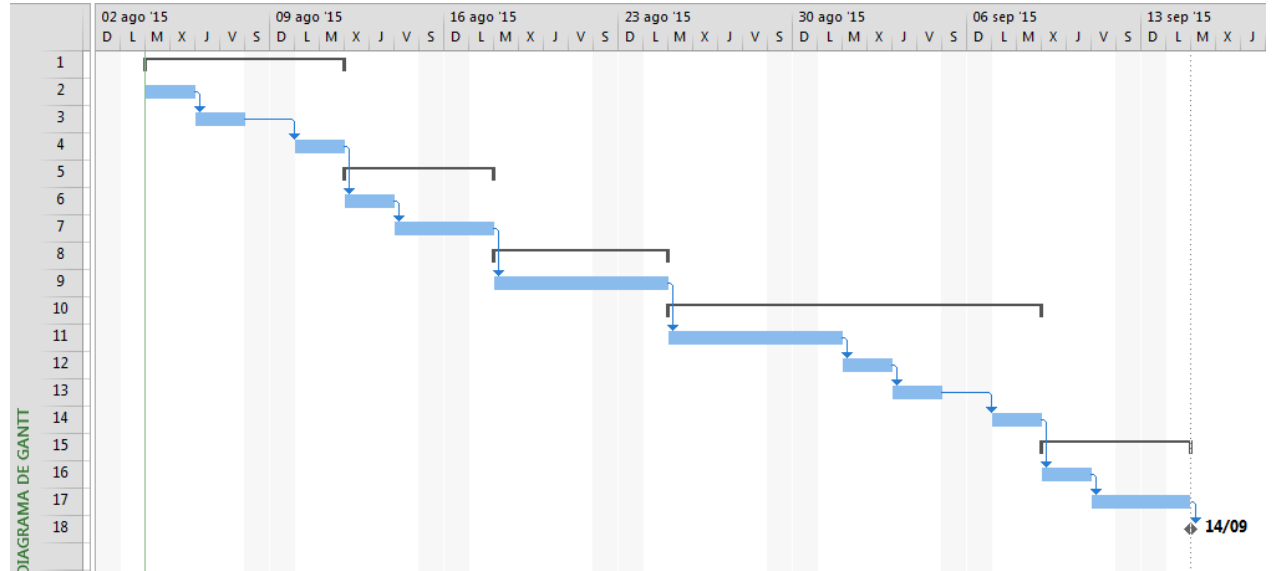
A continuación se relacionan las diferentes actividades que se deben ejecutar en el transcurso del proyecto junto con el calendario propuesto.

Tabla 14 Cronograma de Actividades

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Fase 1. Identificación herramienta RETScreen para modelamiento de sistemas energéticos	6 días	mar 04/08/15	mar 11/08/15
2	Descarga herramienta	2 días	mar 04/08/15	mié 05/08/15
3	Revisión material de entrenamiento para sistemas de generación de potencia	2 días	jue 06/08/15	vie 07/08/15
4	Revisión estudios de caso para sistemas eólicos	2 días	lun 10/08/15	mar 11/08/15
5	Fase 2. Análisis de recurso energético en diversas regiones de Colombia	4 días	mié 12/08/15	lun 17/08/15
6	Análisis de velocidad de viento en al menos 10 lugares de Colombia de diferentes departamentos	2 días	mié 12/08/15	jue 13/08/15
7	Comparación de radiación mediante tablas y gráficas en Excel	2 días	vie 14/08/15	lun 17/08/15
8	Fase 3. Selección zonas de interés para el análisis posterior	5 días	mar 18/08/15	lun 24/08/15
9	Selección cinco zonas de interés de mayor velocidad de viento ubicadas en diferentes Departamentos	5 días	mar 18/08/15	lun 24/08/15
10	Fase 4. Evaluación efecto del sistema de seguidor sobre el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos	11 días	mar 25/08/15	mar 08/09/15
11	Identificación ecuaciones de soporte para generación de energía empleadas en RETScreen	5 días	mar 25/08/15	lun 31/08/15
12	Definición características técnicas del sistema de generación a simular	2 días	mar 01/09/15	mié 02/09/15
13	Simulación de los sistemas energéticos ubicados en cada una de las regiones seleccionadas	2 días	jue 03/09/15	vie 04/09/15
14	Análisis de la variación en la energía generada en cada sistema simulado	2 días	lun 07/09/15	mar 08/09/15
15	Fase 5. Simulación análisis de factibilidad empleando RETScreen para diversas regiones de Colombia y diversos tipos de seguidor solar	4 días	mié 09/09/15	lun 14/09/15
16	Identificación parámetros de costos iniciales incrementales	2 días	mié 09/09/15	jue 10/09/15
17	Definición parámetros financieros iniciales	2 días	vie 11/09/15	lun 14/09/15
18	Entrega informe final	0 días	lun 14/09/15	lun 14/09/15

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

18. DIAGRAMA DE GANTT DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS



Grafica 31 Diagrama de Gantt de Actividades

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CONCLUSIONES

Las variables de un parque eólico van ligadas directamente a la velocidad del viento, pero esta velocidad puede tomar diferentes valores dependiendo del tipo de terreno según el factor de cizallamiento. Al aumentar el factor de cizallamiento también aumenta la velocidad en el eje de la turbina, esto se debe a que el factor de cizallamiento afecta la velocidad del viento en el eje en forma exponencial.

Al aumentar la velocidad, la turbina entrega mayor energía a red, esto es debido a que la turbina empieza a generar energía eléctrica desde los 4 m/s hasta los 25 m/s de manera exponencial, según nos muestra la curva de potencia. Analizando lo anteriormente mencionado al tener un factor de cizallamiento alto se puede obtener una velocidad mayor la cual hace que se entregue más energía a la red.

Al momento de invertir en un parque de energía eólica es más favorable que este cuente con un factor de cizallamiento alto, ya que estos producen más energía y al vender esta energía al mismo valor de un factor de cizallamiento bajo se recupera más rápido la inversión en los parques con un alto factor que en los parques de un bajo factor.

Al producir una mayor potencia con el uso de parques de energía eólica en lugar de la utilización de combustibles fósiles, se logra minimizar el impacto ambiental con la reducción de CO2 emitida al ambiente, esto es debido a que al aumentar la potencia generada por el parque eólico y multiplicada por el factor de emisión la toneladas aumentan proporcionalmente con la potencia del parque. Al producir más energía por medio de estos parques se contribuiría al cambio climático de forma positiva, pero esto no es posible en Colombia debido a que los costos de un parque eólico son muy elevados.

A pesar de que son proyectos rentables según los resultados de la TIR, no se apuesta por este tipo de parques de energía eólica en Colombia porque es mucho más económico producir energía hídrica de la cual tenemos más recursos en el país.

El factor de cizallamiento es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para la realización de un parque eólico ya que su efecto sobre las variables productivas del parque son muy significativas, este factor puede hacer que el parque sea demasiado eficiente en una zona; como también puede bajar mucho su rendimiento, con solo analizar su rugosidad podemos llegar a tener una muy buena utilidad o tener un proyecto que no sea nada rentable, la rugosidad afecta directamente la velocidad del viento la cual desencadena una serie de procesos como aumentar la energía entregada a la red, que esta a su vez genera más utilidad por la cantidad producida y que al final se ve reflejado en la recuperación rápida de la inversión inicial. Estos proyectos ayudan al medio ambiente reduciendo las emisiones de CO2 debido a la gran producción de energía limpia por medio de energía renovable.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

REFERENCIAS

- [1] RETScreen, «RETScreen,» 14 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.retscreen.net/es/version4.php>. [Último acceso: 18 Agosto 2015].
- [2] RETScreen, «Wind Energy Project Analysis,» 6 Junio 2012. [En línea]. Available: http://www.retscreen.net/links/Wind3_User_Manual.html. [Último acceso: 18 Agosto 2015].
- [3] Empresas Publicas de Medellin (EPM), «Libro Jepirachi,» 8 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.epm.com.co/site/documentos/mediosdecomunicacion/publicacionesimpresas/jepirachi/LibroJepirachienespanol.pdf>. [Último acceso: 11 Agosto 2015].
- [4] Nordex, «Nordex N60 / 1300 KW,» [En línea]. Available: http://www.nordex-online.com/fileadmin/MEDIA/Produktinfos/EN/Nordex_N60_EN.pdf. [Último acceso: 8 Agosto 2015].
- [5] Unidad de Planeacion Minero Energetica (UPME), «Anexo 4 Modelamiento físico del viento y la energía eólica,» [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/Anexos_4.pdf. [Último acceso: 19 Agosto 2015].
- [6] L. R. Poma, «Centrales Eolicas de Energia Electrica,» Marzo 2000. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6040/1/T1564.pdf>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- [7] River Publishess, «Green Energy,» 2012. [En línea]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=5oo9RsPYLjAC&pg=PA55&lpg=PA55&dq=airfoil+losses+wind+turbine&source=bl&ots=Kl5cqSrtnk&sig=6k9FhDL-TPMWO5bxyxdbjFvOZUI&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0CFsQ6AEwBmoVChMI8-yNwq7ExwIVzBYeCh3MCgQn#v=onepage&q=airfoil%20losses%20wind%2>. [Último acceso: 24 Agosto 2015].
- [8] Empresas Publicas de Medellin (EPM), «Foro de Normalizacion y Contexto Nacional en Energia Solar y Eolica,» Noviembre 2008. [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/Eventos/Foro_Normalizacion/Aplicacion%20Eolica%20EPM%202008.pdf. [Último acceso: 23 Agosto 2015].
- [9] Ministerio de Minas, «Sector Energia Electrica,» [En línea]. Available: <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/23400/05-ENERGIA2010-2011.pdf/770a198d-d4ee-4687-b74c-74592b403ae6>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

[10] Universal, «La Inflacion en Colombia,» 6 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.eluniversal.com.co/colombia/la-inflacion-en-colombia-en-el-2015-va-en-322-196238>. [Último acceso: 23 Agosto 2015].

[11] Super intendencia financiera de Colombia, «Super intendencia fianciera de Colombia.,» 2015. [En línea]. Available: https://www.superfinanciera.gov.co/descargas?com=institucional&name=pubFile1013862&downloadname=ibc07_0915.doc. [Último acceso: 25 08 2015].