



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**VENTA Y MANTENIMIENTO DE  
AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA EN  
EL MUNICIPIO DE ARJONA - COLOMBIA**

Johan Alexander Serna Villa

Hernán Felipe Serna Gómez

Universidad de Antioquia

Facultad, Ingeniería (Escuela, etc.)

Medellín, Colombia

Año 2019

VENTA Y MANTENIMIENTO DE AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA EN EL  
MUNICIPIO DE ARJONA - COLOMBIA

**Johan Alexander Serna Villa**

**Hernán Felipe Serna Gómez**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Especialista en Preparación y Evaluación de Proyectos Privados**

Asesor(a):

PhD. Camilo Ignacio Coronado Ramírez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería industrial

Medellín, Colombia

Año 2019



## TABLA DE CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	18
2.	OBJETIVOS.....	20
1.1	Objetivo general .....	20
1.2	Objetivos específicos.....	20
3.	ESTUDIO DEL ENTORNO .....	21
3.1.	Estudio Macroeconómico.....	21
3.1.1.	Tasa representativa del mercado – TRM.....	21
3.1.2.	Índice de Confianza del Consumidor (ICC).....	24
3.1.3.	Comportamiento del precio del petróleo Brent .....	26
3.1.4.	Tendencia del mercado de capitales en Estados Unidos.....	27
3.1.5.	Comportamiento de las monedas del cono sur .....	27
3.1.6.	Comportamiento de la inversión extranjera directa.....	30
3.1.7.	Producto Interno Bruto – PIB.....	30
3.1.8.	Inflación e índice de precios al consumidor (IPC) .....	31
3.1.9.	Tasas de interés y regulación.....	32
3.1.10.	Patrones de ahorro y deuda en Colombia .....	33
3.1.11.	Tendencia de las importaciones en Colombia. ....	35
3.1.12.	Crecimiento de sectores económicos.....	36
3.2.	Dimensión social, cultural y demográfica. ....	38
3.2.1.	Crecimiento poblacional y análisis etario.....	38
3.2.2.	Ingresos per cápita (nacional y regional).....	39
3.2.3.	Desempleo (nacional y regional). ....	40
3.2.4.	Transporte Marítimo.....	41
3.2.5.	Desplazamiento y conflicto armado. ....	42

3.3.	Dimensión del entorno físico y medioambiental .....	43
3.3.1.	Geografía de la región. ....	43
3.3.2.	Ecología y biota regional. ....	45
3.4.	Estudio del Microentorno .....	47
3.4.1.	Tendencia mundial hacia el uso de energías renovables. ....	47
4.	ESTUDIO DE MERCADOS.....	49
4.1.	Análisis estratégico.....	53
4.2.	Fuerzas de Porter aplicadas al proyecto .....	53
4.2.1.	Poder de Negociación con los clientes .....	53
4.2.2.	Rivalidad entre las empresas .....	53
4.2.3.	Amenazas de los nuevos entrantes .....	53
4.2.4.	Poder de Negociación de nuevos proveedores .....	54
4.2.5.	Amenazas de productos indirectos .....	54
4.2.6.	Amenazas competidores directos .....	56
4.2.7.	Amenazas Productos sustitutos .....	57
4.3.	Tamaño del mercado (Mercado Potencial).....	58
5.	ESTUDIO DEL TÉCNICO .....	61
5.1.	Análisis de alternativas tecnológicas consideradas. ....	63
5.2.	Estudio energético de la vivienda.....	67
5.3.	Desarrollo Técnico para el aerogenerador eje Horizontal .....	68
5.3.1.	Velocidad del viento.....	68
5.3.2.	Cp Coeficiente de potencia.....	69
5.3.3.	Variación del viento.....	71
5.3.4.	Emplazamiento .....	72
5.3.5.	Diámetro de la turbina .....	73
5.4.	Estudio eólico .....	73

5.5.	Tamaño de aerogeneradores .....	75
5.6.	Descripción del proceso.....	75
5.7.	Características de los aerogeneradores .....	76
5.7.1.	<i>Dispositivos</i> .....	77
5.8.	Fase de Instalación .....	79
5.8.1.	<i>Maquinaria, equipos y Herramientas</i> .....	81
5.8.2.	<i>Normas técnicas estándar que aplican para el proyecto</i> .....	83
5.8.3.	<i>Normas de seguridad industrial</i> .....	83
5.8.4.	<i>Tiempos de entrega</i> .....	85
5.9.	Fase de Generación de energía .....	85
5.9.1.	Mantenimiento anual del sistema .....	86
5.9.2.	Consideraciones iniciales generales .....	86
6.	ESTUDIO LEGAL.....	91
6.1.	Marco legal e Institucional de las energías renovables en el País .....	92
7.	ESTUDIO AMBIENTAL.....	95
7.1.	Impactos ambientales .....	95
7.1.1.	Matriz de análisis por dimensiones.....	96
7.1.2.	Sistemas de protección y contingencia.....	98
7.2.	Análisis cualitativo de impactos ambientales .....	101
7.3.	Plan de monitoreo.....	102
7.4.	Plan de contingencia.....	103
8.	ESTUDIO DE RIESGOS .....	104
8.1.	Análisis Cualitativo .....	104
8.1.1.	Herramientas y técnicas para la identificación de riesgos:.....	104
8.1.2.	Fuentes de datos.....	104
8.1.3.	Roles y responsabilidades.....	105

8.1.4.	Presupuesto .....	105
8.1.5.	Calendario.....	106
8.1.6.	Categorías de riesgos .....	106
8.2.	Análisis cuantitativo .....	109
8.2.1.	Plan de Administración del riesgo .....	109
8.3.	Plan de Contingencia de los Riesgos .....	110
8.4.	Matriz de clasificación de los riesgos .....	118
8.5.	Análisis de Escenarios .....	119
8.6.	Gráficos de Probabilidad .....	120
8.7.	Gráficos tornado .....	125
9.	ESTUDIO FINANCIERO .....	128
9.1.	Horizonte del proyecto .....	128
9.2.	Proyecciones de indicadores financieros .....	128
9.3.	Rentabilidad Promedio del Mercado $R_m$ .....	129
9.4.	Rentabilidad Libre de Riesgo $R_f$ .....	130
9.5.	Beta desapalancado .....	130
9.6.	Impuestos.....	131
9.7.	Inversiones.....	132
9.7.1.	Inversiones en Activos fijos .....	132
9.7.2.	Capital de trabajo por el Método del déficit acumulado máximo.....	133
9.8.	Financiación y estructura de Capital .....	134
9.9.	Flujo de Ingresos .....	135
9.10.	Porcentaje de participación costos y gastos de operación .....	136
9.11.	Flujo de Caja del Proyecto.....	137
9.11.1.	Payback o período de recuperación del proyecto .....	138
9.12.	Flujo de Caja del Inversionista .....	139

9.12.1.	Payback o período de recuperación del inversionista.....	140
9.13.	Razones financieras .....	140
9.14.	Relación flujo de caja libre/servicio a la deuda .....	141
9.15.	Análisis de Sensibilidad Punto de equilibrio .....	142
10.	CONCLUSIONES.....	143
11.	RECOMENDACIONES .....	145
12.	REFERENCIAS .....	146

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Fig. 1. Variación histórica de la TRM en el último año (Grupo Aval, 2019).....	21
Fig. 2. Factores que determinan el precio del dólar en Colombia – Banco de la República (como se citó en Davivienda, 9 de abril de 2018) .....	22
Fig. 3. Proyecciones de tasa de cambio USDCOP en el mediano plazo (Grupo Bancolombia, octubre de 2018) .....	24
Fig. 4. Índice de confianza del consumidor en los últimos 8 años y en los últimos 6 meses corridos (Fedesarrollo, septiembre de 2019, p.1) .....	25
Fig. 5. Precios históricos del petróleo Brent en dólares desde 2018. (El País – Economía, 8 de noviembre de 2019).....	26
Fig. 6. Índice de las tasas de cambio en moneda local por dólar (Fedesarrollo, septiembre de 2019).....	28
Fig. 7. Comportamiento de devaluación de las monedas del cono sur en el año en curso. (La República, 13 de agosto de 2019).....	29
Fig. 8. Series original y corregida del PIB para el segundo trimestre de 2019. (DANE, 15 de agosto de 2019). .....	31
Fig. 9. IPC para el mes de octubre de 2019. (DANE, 5 de noviembre de 2019).....	32
Fig. 10. Inflación y meta de inflación para el 2019. (Banco de la república, 5 de noviembre de 2019). .....	32
Fig. 11. Infografía de gastos y ahorro en los hogares colombianos 2019. (Semana, 16 de agosto de 2019). ..	34
Fig. 12. . Valor CIF de las importaciones – Total Nacional agosto 2019 (DIAN, 18 de octubre de 2019). ....	35
Fig. 13. Distribución porcentual del valor CIF de las importaciones según el país de origen para agosto de 2019 (DANE, 18 de octubre de 2019).....	36
Fig. 14. Demanda total energética estimada hasta 2031. (Grupo Bancolombia, 5 de marzo de 2019). .....	37
Fig. 15. Proyectos registrados ante la UPME hasta febrero de 2019. (Grupo Bancolombia, 5 de marzo de 2019). .....	38
Fig. 16. Estructura poblacional por sexo y grupos de edad en Arjona-Bolívar. (DANE, 2005). .....	39
Fig. 17. PIB-real per cápita en Colombia (La República, 31 de mayo de 2019).....	39
Fig. 18. Tasa global de participación, ocupación y desempleo septiembre 2019 (DANE, 31 de octubre de 2019) .....	41
Fig. 19. Desplazamiento forzado en el Canal del Dique y zona costera (J. A. Sáenz et ál, 2014). .....	43
Fig. 20. Zodes del departamento de Bolívar y ubicación en mapa del municipio de Arjona (Jalilie, 2016)....	44

Fig. 21. Principales ciénagas que componen la Zona del Canal del Dique y sus zonas costeras (Sáenz et ál, 2014).....	45
Fig. 22. Mapa de velocidad media del viento en superficie (UPME, 2006).....	46
Fig. 23. Mapa de velocidad del viento en superficie para Colombia, (UPME, 2017, p.33).....	55
Fig. 24. Estaciones meteorológicas del IDEAM en puntos de potencial eólico (UPME, 2017, p.64). ....	61
Fig. 25. Aerogenerador de 3 palas (izquierda) y turbina multipala (derecha).....	64
Fig. 26. Aerogenerador vertical de rotor Darrieux .....	65
Fig. 27. Coeficiente de Potencia (DWIA, 7 de mayo de 2003).....	70
Fig. 28. Rendimiento aerodinámico de varios aerogeneradores (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16).....	70
Fig. 29. Distribución Weibull (DWIA, 7 de mayo de 2003).....	71
Fig. 30. Variación Velocidad del viento con la altura (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16).....	73
Fig. 31. Diámetros y áreas de turbinas, .....	73
Fig. 32. Variables para la obtención de la potencia extraída para una velocidad de 6.18 m/s. Elaboración propia. ....	74
Fig. 33. Variables para la obtención de la potencia extraída para una velocidad de 6.53 m/s. Elaboración propia. ....	75
Fig. 34. Componentes de un aerogenerador de eje horizontal (WIND TURBINE H8.0-10KW .....	76
Fig. 35. Equipos de elevación (Front Generator Wind Turbine, 2019).....	82
Fig. 36. Pirámide de ordenamiento jurídico de Hans Kelsen (J. Ugarte, 1995, p. 109 -118).....	91
Fig. 37. Decretos reglamentarios de la Ley 697 de 2001. ....	93
Fig. 38. Probabilidad que el VPN del inversionista sea mayor a cero .....	123
Fig. 39. Probabilidad que la TIR del proyecto sea mayor al máx. WACC .....	124
Fig. 40. Probabilidad de que el VPN del proyecto sea mayor a cero .....	124
Fig. 41. Probabilidad de que la TIR del proyecto sea superior al Max. WACC.....	125
Fig. 42. Gráfico de tornado de la VPN Inversionista Variables más sensibles para el proyecto. ....	125
Fig. 43. Gráfico de tornado de la TIR del Inversionista Variables más sensibles para el proyecto. ....	126
Fig. 44. Gráfico de tornado de la VPN del proyecto Variables más sensibles para el proyecto. ....	126
Fig. 45. Gráfico de tornado de la TIR del proyecto Variables más sensibles para el proyecto. ....	127
Fig. 46. Valores en Bonos del tesoro.....	130
Fig. 47. Beta despalancado .....	130
Fig. 48. Impuestos establecidos para el modelo de negocio.....	131
Fig. 49. Flujo de Inversiones Activos Fijos.....	132

Fig. 50. Flujo de Capital de Trabajo.....	134
Fig. 51. Servicio a la deuda Crédito Bancoldex .....	135
Fig. 52. Ingresos vs Egresos.....	136
Fig. 53. Porcentaje de participación costos y gastos de operación.....	136
Fig. 54. Flujo de Caja del Proyecto. ....	137
Fig. 55. PayBack del Proyecto .....	138
Fig. 56. Flujo de Caja del Inversionista.....	139
Fig. 57. PayBack Inversionista.....	140
Fig. 58. Flujo de caja libre / Servicio a la deuda .....	141
Fig. 59. Ingresos proyectados vs Punto de equilibrio.....	142

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores promedio anual de la TRM - Construcción propia .....	24
Tabla 2. Clasificación y usos del suelo municipal (Jalilie, 2016). .....	44
Tabla 3. Matriz DOFA. Elaboración Propia.....	50
Tabla 4. Clasificación de actividad económica para el proyecto según CIU, (DANE, 2002, p.44 – 64). .....	52
Tabla 5. Capacidad efectiva neta. (XM E.S.P, 2015 - 2016).....	55
Tabla 6. Precio de Venta Panel solar.....	56
Tabla 7. Precio de Venta Planta Eléctrica ASTROMACK 10 KVA / 10W PEA-10LA.....	57
Tabla 8. Precio de Venta Planta Eléctrica Honda Inverter de 4500 a 4,5Kw .....	58
Tabla 9. Población Municipal período 2016 – 2020 DANE (2010).....	59
Tabla 10. Sectores económicos Municipio de Arjona (J. G. Esther, 2016-2019) .....	59
Tabla 11. Velocidad promedio del viento en zonas con potencial eólico en Colombia (UPME, 2017, p.64). .....	62
Tabla 12. Criterios de análisis de alternativas tecnológicas consideradas.....	66
Tabla 13. Criterios de Aerogenerador Horizontal y Vertical .....	66
Tabla 14. Criterios de Ponderación Aerogenerador Horizontal y Vertical .....	67
Tabla 15. Consumo de potencia de electrodomésticos (Edenor, 2019).....	68
Tabla 16. Niveles de rugosidad del terreno (M. J. Cuesta, M. Pérez, & J. A. Cabrera, 2008, p. 1 - 37).....	69
Tabla 17. Responsabilidades del personal.....	81
Tabla 18. Índices de precio al consumidor. (Bancolombia Capital Inteligente. Octubre, 2018).....	81
Tabla 19. Matriz de análisis por dimensiones .....	97
Tabla 20. Emisión permitida de ruido (RESOLUCIÓN 6918 DE 2010).....	99
Tabla 21. Evolución y calificación de impactos ambientales (J. Arboleda, 2008).....	102
Tabla 22. Clasificación ambiental de los impactos .....	102
Tabla 24. CapEx, OpEx y reservas para imprevistos del proyecto (en millones de pesos).....	105
Tabla 25. Definición de escalas de impacto y probabilidad del proyecto .....	107
Tabla 26. Significado de los niveles de riesgo del proyecto .....	108
Tabla 27. Matriz de riesgo cualitativa .....	108
Tabla 28. Matriz de riesgo financiero .....	108
Tabla 29. Matriz de Priorización de los riesgos .....	117
Tabla 30. Matriz de Clasificación de los Riesgo.....	118
Tabla 31. Escenario TRM - VPN y TIR Inversionista .....	119
Tabla 32. Escenario Cobertura del Mercado - VPN y TIR del Inversionista. ....	119

Tabla 33. Distribuciones de Probabilidad .....	122
Tabla 34. Horizonte de planificación del proyecto. ....	128
Tabla 35. Indicadores Financieros proyectados al horizonte del proyecto.....	129
Tabla 36. Evaluación del proyecto sin financiación.....	138
Tabla 37. Evaluación del proyecto con financiación.....	140
Tabla 38. Razones Financiera .....	141
Tabla 39. Ventas y unidades en Punto de equilibrio .....	142

## GLOSARIO

**Aerogeneradores:** Dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica, donde la velocidad del rotor depende de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia. Según la disposición de las aspas, pueden ser verticales (perpendiculares al suelo) u horizontales (paralelos al suelo).

**Análisis de sensibilidad:** Es un término para tomar decisiones de inversión, en la cual se calculan nuevos flujos de caja y su VPN (o TIR) cuando se cambia levemente una de las variables a analizar del proyecto, manteniendo las demás constantes. De este modo, con los nuevos flujos de caja e indicadores de rentabilidad, se tienen mejores estimaciones sobre el proyecto.

**Beta desapalancado:** En finanzas, la beta es una medida de volatilidad de una acción relativa a la volatilidad del mercado dado, y se utiliza con frecuencia para valorizaciones de negocios realizados con el uso del flujo de caja descontado (DCF). En particular, una beta desapalancada es aquella en la cual no se contempla la deuda, donde dicho coeficiente hace perder los beneficios obtenidos mediante la adición de la deuda a la estructura de capital de la empresa. Así, se logra obtener una mejor idea del riesgo que se toma mediante la compra de acciones.

**Canal del Dique:** Es una bifurcación artificial del río Magdalena, ubicado en la Región Caribe colombiana. Tiene una longitud de 115 kilómetros, y se desprende del río Magdalena a la altura del municipio de Calamar, desembocando principalmente en la bahía de Cartagena.

**CapEx:** El *Capital Expenditure* o gasto de capital, es la inversión en capital o inmovilizado fijo que realiza una compañía ya sea para adquirir, mantener o mejorar su activo no corriente. Se explica, por tanto, como la inversión para mantener o expandir los bienes de capital.

**Coefficiente de potencia:** El coeficiente de potencia indica con que eficiencia el aerogenerador convierte la energía cinética producida por el viento en electricidad, simplemente dividiendo la potencia eléctrica disponible entre la potencia eólica de entrada.

**Energías limpias:** También llamadas Energías Verdes, son aquellas formas de obtención de energía que producen un mínimo o nulo impacto ecológico en el medio ambiente, durante sus procesos de extracción y generación, es decir, son energías ecológicas o eco-amigables.

**Energías renovables:** Son aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles (o recursos no renovables), sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente.

**Estructura de capital:** Es la forma como una empresa financia sus activos a través de una combinación de capital deuda o híbridos. Comprende por tanto la estructura o composición de sus pasivos y su patrimonio neto.

**Estructura poblacional:** Se denomina así a la clasificación de los componentes de una determinada población atendiendo a diferentes variables, como son la edad y sexo (estructura demográfica), o según el trabajo (estructura profesional).

**Flujo de caja:** Hace referencia a las entradas y salidas netas de dinero que tiene una compañía o proyecto en un período de tiempo determinado, y resultan de mucho interés para conocer el estado de una empresa, así como una buena herramienta que permite determinar la liquidez de la misma.

**Fuerzas de Porter:** Es un modelo de gestión empresarial desarrollado por el economista Michael Porter. Dicho modelo analiza un sector en función de cinco fuerzas existentes a través del análisis y la identificación. Permite por tanto a la empresa conocer su competencia en el sector en el que opera.

**Horizonte de planificación:** Es el plazo de tiempo que se requiere para concebir, desarrollar y completar un proyecto.

**Matriz de riesgos:** Es una herramienta empleada para identificar los riesgos más significativos inherentes a las actividades de una empresa o proyecto. Con ello se logra mejorar el control de los riesgos, proteger los objetivos de un proyecto y la seguridad de una organización.

**Matriz DOFA:** Es una herramienta utilizada para la formulación y evaluación de estrategia. En ella se analizan las fortalezas y debilidades como factores internos en la empresa que crean o destruyen valor; mientras que las oportunidades y amenazas son factores externos a la empresa que también crean y destruyen valor respectivamente, y como tales están fuera de control por parte de la organización. De esta manera el análisis DOFA permite descubrir cual es la situación de una empresa o proyecto, y en base a ello, plantear la estrategia a seguir.

**OpEx:** El *Operational Expenditure* o gasto operacional, indica el capital utilizado para mantener o mejorar los activos físicos de una compañía determinada, como préstamos, propiedades y construcciones.

**Payback:** También conocido como plazo de recuperación, es un criterio para evaluar inversiones, que se define como el período de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para evaluación de inversiones.

**Petróleo Brent:** Es un tipo de petróleo que se extrae principalmente del mar del Norte. Es un crudo liviano, aunque no tanto como el West Texas Intermediate (WTI). Marca la referencia de negociación del precio del petróleo en mercados como el europeo.

**Punto de equilibrio:** Es una herramienta del análisis financiero, usada para conocer en que momento la empresa ni gana ni pierde dinero, es decir, cuando su beneficio es cero. De esta manera, se podrá conocer cuanto se debe vender para no perder dinero, y a partir de que número de unidades vendidas la empresa empieza a ganar dinero.

**Rentabilidad:** En economía, la rentabilidad hace referencia al beneficio, lucro, utilidad o ganancia que se ha obtenido de un recurso o dinero invertido. Se considera también como una remuneración recibida por las inversiones realizadas.

**TIR:** La Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad, permite conocer si es viable invertir en un determinado negocio o proyecto, considerando otras opciones de inversión de menor riesgo. Esta es, por tanto, un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto o empresa, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión.

**TRM:** La Tasa Representativa del Mercado es un indicador económico que expresa el valor promedio diario de la tasa de cambio entre el peso colombiano y el dólar norteamericano. Es utilizado como referencia para algunas transacciones y valoración de activos, tanto en el sector público como privado.

**VPN:** El Valor Presente Neto, también conocido como Valor Actual Neto, es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuanto se va a ganar o perder con esa inversión. Para ello, trae todos los flujos de caja al momento presente, descontándolos a un tipo de interés determinado. Con ello, se expresa una medida de la rentabilidad en términos absolutos netos, es decir, número de unidades monetarias.

**ZODES:** Zonas de Desarrollo Económico y Social, es el nombre con el cual se conocen las subdivisiones territoriales que conforman el departamento de Bolívar (Colombia). En total son 6 ZODES en las cuales se agrupan los 47 municipios de este departamento.

## **RESUMEN**

El conjunto de estudios formulados en el presente trabajo muestra la evaluación, hasta un alcance de prefactibilidad, de un proyecto de venta y mantenimiento de aerogeneradores, que tiene como objetivo brindar el acceso a la energía eléctrica a grandes y medianos productores de sectores económicos como la ganadería, la agricultura y pesca en la región rural del municipio de Arjona (Bolívar); con un servicio basado en una energía limpia como la eólica, y de calidad, para el aprovechamiento tanto de procesos productivos en dichos sectores, como aplicaciones domésticas en general.

Así, siendo la zona del Canal del Dique donde está ubicado este municipio, uno de los más ricos en el país en velocidades del viento, representa un potencial para que, desde el uso técnico de aerogeneradores horizontales de aspas instalados en torres a 15 metros de altura aproximadamente, se convierta la energía cinética disponible en eléctrica. Se analizaron, además, los criterios para la elección del diseño.

Sin embargo, se estudiaron factores adicionales tanto del macro-entorno como del proyecto, que impiden que el proyecto sea financieramente viable. Así, la volatilidad de la tasa de cambio, y más aún su tendencia al alza, son un ejemplo de las variables que se analizaron, y por las cuales se determina que hoy en día, no se justifica invertir en el proyecto; salvo se logren algunos escenarios como, por ejemplo, la fabricación de partes y equipos a nivel nacional.

## **PALABRAS CLAVES**

Energía eólica, Energía eléctrica, Aerogeneradores, Municipio de Arjona, Departamento de Bolívar, Evaluación de prefactibilidad, Energías limpias, Energías renovables.

## **ABSTRACT**

The set of studies formulated in this paper shows the evaluation, up to a prefeasibility scope, of a wind turbine sales and maintenance project, which aims to provide access to electric power to large and medium producers in economic sectors such as livestock, agriculture and fishing in the rural region of the municipality of Arjona (Bolívar); with a service based on clean energy such as wind, and quality, for the use of both production processes in these sectors, as domestic applications in general.

Thus, being the area of the Canal del Dique where this municipality is located, one of the richest in the country in wind speeds, represents a potential for, from the technical use of horizontal wind turbines of blades installed in towers 15 meters from height approximately, convert the available kinetic energy into electrical. In addition, the criteria for choosing the design were analyzed.

However, additional factors of both the macro-environment and the project were studied, which prevent the project from being financially viable. Thus, the volatility of the exchange rate, and even more its upward trend, are an example of the variables that were analyzed, and by which it is determined that today, it is not justified to invest in the project; unless some scenarios are achieved, such as the manufacture of parts and equipment nationwide.

## **KEY WORDS**

Wind energy, Electric power, Wind turbines, Municipality of Arjona, Bolívar Department, Prefeasibility assessment, Clean energies, Renewable energies.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los inicios del siglo XX se acondicionó la energía eléctrica como un servicio público al cual podían acceder una minoría que representaba la población influyente económicamente hablando, es decir, aquellos que hacían parte de los estratos más altos de la capital colombiana, (Constitución Política de Colombia 1991, 2016). Ahora no sólo representa un servicio que se pueda adquirir privilegiadamente, sino que es una necesidad y, por lo tanto, un derecho que aún no abarca a la totalidad de la población colombiana; toda vez que las limitaciones geológicas, la mala práctica de las políticas locales y el desarrollo económico lo impiden. Este fin del estado colombiano descrito en el Artículo 2 de la Constitución Política de Colombia, no se encuentra materializado en las zonas rurales de la mayoría de las entidades territoriales, consecuentemente se desata una problemática social en donde se abona un retraso que impide notablemente el desarrollo de las comunidades que habitan estas zonas del país.

La energía eólica va encaminada a presentar una solución que conduce a la satisfacción de las necesidades de la población alejada del casco urbano, en donde se plantea proporcionar un servicio independiente, eficaz, eficiente y sobre todo basado en el desarrollo sostenible que contribuya a la protección del medio ambiente. Todo ello con recursos naturales renovables como lo son las corrientes de viento, que permite innovar en los procesos de producción de energía.

Entendiendo la ingeniería como el estudio y la aplicación de técnicas que aportan soluciones e innovan en el desarrollo de una sociedad (RAE, 2016), y el desarrollo sostenible como la característica de perdurar en el tiempo sin agotar los recursos naturales y sin asistir a agentes externos que incidan en el desarrollo de una actividad, se puede resaltar el constante reto que tiene la ingeniería toda vez que en la actualidad se identifica la sostenibilidad como un concepto unificador; que tiene como objetivo principal cuidar y mejorar el medio ambiente haciendo uso de las fuentes inagotables que proporciona el planeta (D. Toscano, G. Pérez, J. Macías & O. Vilches, 2019). En este sentido se denota la importancia de la tecnología no solo en función del acceso económico y de la sostenibilidad financiera sino en función de una solución amigable con el medio ambiente y razonable en cuanto a las condiciones reales de la comunidad elegida (P. Glavic & R. Lukman, 2007, p.1876 -1885).

Teniendo claro los conceptos anteriormente expuestos se toma el camino de explorar la energía eólica como una alternativa óptima de solución al déficit energético presentado en la zona rural de la costa atlántica colombiana, que desde el punto de vista técnico se requiere la aplicación de diferentes ramas de la ingeniería para el acondicionamiento de la estructura, la implementación de la mecánica necesaria y de los acondicionamientos físicos que permitan transformar la energía cinética proporcionada por la naturaleza en magnitudes necesarias para la obtención de energía eléctrica apta para el consumo del ser humano.

## **2. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Realizar una evaluación a nivel de prefactibilidad, de la rentabilidad y ejecución de un proyecto de comercialización y mantenimiento de micro generadores de energía eléctrica, a partir de mini turbinas eólicas en la región atlántica colombiana.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar una búsqueda, clasificación y selección de las fuentes de información primaria, secundaria y terciaria, que serán insumo de los diferentes estudios que componen la evaluación de prefactibilidad.
- Establecer el estado del arte en el cual estará inmerso el proyecto, identificando casos de éxito, alternativas propuestas de mejora, y su enfoque a la realidad actual colombiana.
- Realizar los estudios de entorno, mercado, de tecnología, ambiental, legal, financiero, y de riesgos; que den elementos de juicio para la evaluación del proyecto.
- Identificar el modelo de negocio que, desde lo estratégico genere un valor diferenciador en el mercado, que permita cumplir las expectativas de rentabilidad para inversión privada.

### 3. ESTUDIO DEL ENTORNO

#### 3.1. Estudio Macroeconómico

##### 3.1.1. Tasa representativa del mercado – TRM

La tasa representativa del mercado es un indicador del mercado cambiario de divisas, la cual establece la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos (que ciertamente es la moneda extranjera más transada en el país). Dicho indicador es calculado en base a “las operaciones de compra y venta de estas divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano, con cumplimiento en el mismo día cuando se realiza la negociación [...]” (Banco de la República, 2019). Así pues, en Colombia es la Superintendencia Financiera quien realiza los cálculos y oficialmente, según dichas transacciones, publica el precio del dólar diariamente.



Fig. 1. Variación histórica de la TRM en el último año (Grupo Aval, 2019)

La TRM vigente al día 9 de noviembre del 2019, se ubica en \$3341,01 (Superintendencia Financiera de Colombia [Superfinanciera], 2019), luego de sobrepasar el valor histórico de los \$3500 al 2 de octubre del presente año. Esto puede beneficiar a exportadores (ya que reciben más pesos colombianos por cada dólar) y turistas extranjeros, pero afecta a importadores, turistas locales que quieran ir al exterior, y quienes tengan deudas en dólares (incluyendo la nación). Un dólar costoso, como lo ha revelado Fedesarrollo en su informe de agosto de 2019, según la firma Raddar impacta en la confianza de los consumidores a la hora de realizar inversiones a mediano y largo plazo (Revista Portafolio, 2019).



Fig. 2. Factores que determinan el precio del dólar en Colombia – Banco de la República (como se citó en Davivienda, 9 de abril de 2018)

Históricamente el precio del dólar depende del precio del petróleo (principal producto de exportación de Colombia, medido desde el 2012 por el índice Brent y que a la fecha del 7 de noviembre de 2019 se cotiza en USD\$62.60 el barril), de la tendencia del mercado de capitales de Estados Unidos (el cual se refiere a la cotización del dólar a nivel mundial y el cual es impactado por las tasas de interés del banco central y la Reserva Federal), el comportamiento de las monedas de la región (devaluación y revaluación de las mismas) y la entrada de capitales extranjeros o inversión extranjera directa.

Si bien desde el 2014 los analistas económicos entendían los precios del dólar y del petróleo mediante una correlación negativa, en las dos últimas semanas de septiembre de 2019 dicha regla se rompe, pues ambos factores mantienen presión al alza. Esto significa que, a pesar de la subida de los precios del petróleo a nivel internacional a raíz de los ataques a la mayor refinería del mundo ubicada en Arabia Saudita (un alza del petróleo Brent del 20% el día después del atentado), el dólar solo subió un 0,24%. Esto representa una baja sensibilidad del dólar en Colombia a los efectos petroleros, y en cierto sentido, cierta independencia.

Considerando lo anterior, el valor del dólar se ha disparado desde finales del año pasado básicamente por la guerra económica que libra Estados Unidos con China, y el alto déficit de cuenta corriente, es decir, el país importa más de lo que exporta. Sin embargo, se espera que el 15 de diciembre ambos gigantes económicos logren concertar un acuerdo que finalice la guerra comercial, y a su vez el petróleo tenderá al alza en los precios, mientras se logra una recuperación operativa en las plantas sauditas (El Espectador, 19 de septiembre de 2019).

En base a lo dicho anteriormente, y según las proyecciones estimadas por el Grupo Bancolombia, en el corto plazo los riesgos de la TRM están sesgados al alza, mientras que en el mediano plazo se espera una estabilización de dicho indicador, con una depreciación nominal promedio proyectada a 2023 del 3%. La tabla siguiente recoge las estimaciones para los próximos 4 años.

Año	2020	2021	2022	2023	Promedio
Estimativo	\$3230	\$3290	\$3350	\$3400	\$3270

Tabla 1. Valores promedio anual de la TRM - Construcción propia

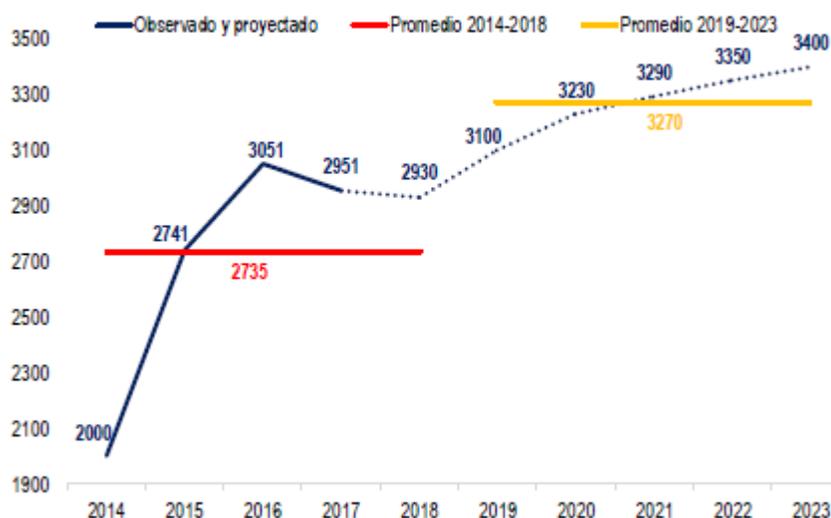


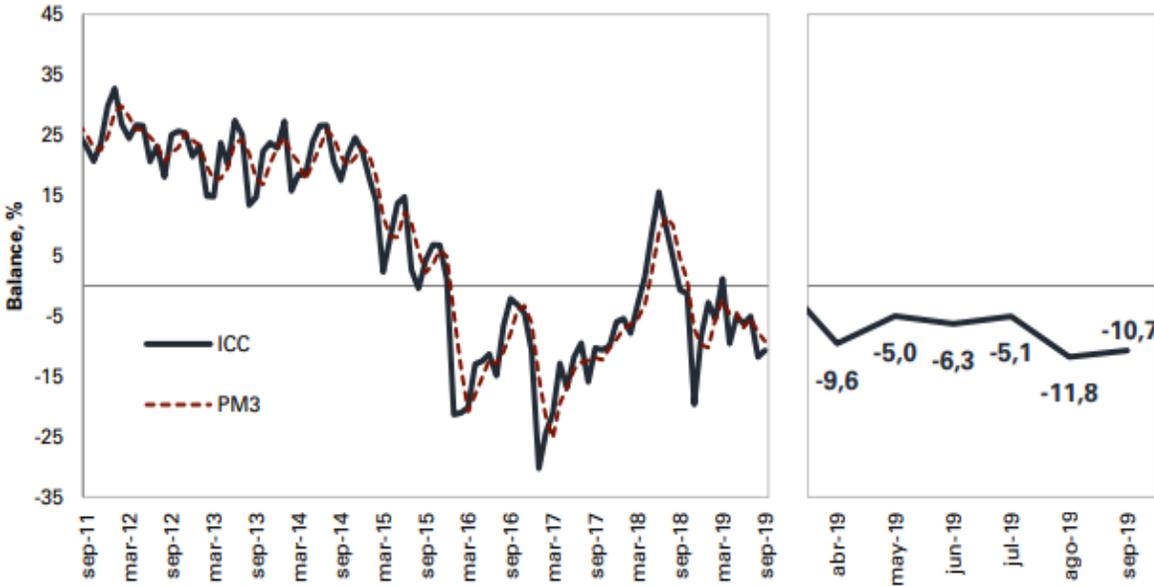
Fig. 3. Proyecciones de tasa de cambio USDCOP en el mediano plazo (Grupo Bancolombia, octubre de 2018)

### 3.1.2. Índice de Confianza del Consumidor (ICC)

El índice de confianza del consumidor es un indicador que mide la percepción y expectativas de los consumidores del país, frente a la situación económica y del hogar; que impacta en sus posibilidades de compra de bienes durables o decisiones de consumo a largo plazo. Es un indicador que sigue de cerca la demanda y los hábitos de consumo de las familias en Colombia; y es mensualmente publicado por Fedesarrollo, en base a la Encuesta de Opinión al Consumidor (EOC). De dicha encuesta también se desprenden el índice de condiciones económicas de los hogares (ICE) y el índice de expectativas de los hogares (IEC) (Banco de la República, “Recuadro 1: Una...”, s.f.).

Según el boletín 215 de Fedesarrollo, correspondientes a la Encuesta de Opinión del Consumidor del mes de septiembre, el ICC “[...] registró un balance de -10,7%, lo que representa un aumento de 1,1 puntos porcentuales (pps) frente al mes anterior. Este resultado obedeció en mayor medida a un aumento en el índice de Condiciones Económicas y en menor medida a un aumento en el Índice de Expectativas de los consumidores.” (Fedesarrollo, septiembre de 2019, p.1).

Lo anterior mantiene concordancia con la reciente situación de incertidumbre en la economía del país. Según la gráfica siguiente, el índice de confianza del consumidor a lo largo del año ha tenido una leve tendencia a la baja, lo cual es importante considerar a la hora de comprender la disposición actual de los consumidores a la hora de adquirir inmuebles o inversiones en equipos de alto costo en el mediano o largo plazo.



Fuente: Encuesta de Opinión del Consumidor (EOC) – Fedesarrollo

PM3: Promedio móvil 3 meses

Fig. 4. Índice de confianza del consumidor en los últimos 8 años y en los últimos 6 meses corridos (Fedesarrollo, septiembre de 2019, p.1)

### 3.1.3. Comportamiento del precio del petróleo Brent

Desde el último trimestre del año 2011, Ecopetrol cambio la referencia de negociación del crudo a Brent y Maya, el cual anteriormente se transaba según la referencia WTI. La similitud de un petróleo extraído en Colombia, con el Brent (más contenido de azufre) y la diversificación de los mercados, generó esta decisión.

Así las cosas, para lo corrido del 2019, la producción de petróleo ha aumentado un 3,5%, debido a una optimización de los campos de extracción en el Meta, Arauca y Cesar (Dinero, 16 de septiembre de 2019). Respecto a los precios, en las primeras dos semanas del mes de octubre, el petróleo WTI y el Brent hay caído en casi un 2% en medio de los acercamientos entre China y Estados Unidos por lograr algunos acuerdos parciales en materia arancelaria, para bajar las tensiones por la guerra económica entre ambos países; lo que aún tiene a los inversionistas bajo la incertidumbre acerca de dichas conversaciones y una perspectiva débil en la demanda global (Bloomberg, 13 de octubre de 2019).



Fig. 5. Precios históricos del petróleo Brent en dólares desde 2018. (El País – Economía, 8 de noviembre de 2019)

### **3.1.4. Tendencia del mercado de capitales en Estados Unidos**

En los últimos meses, a raíz de la guerra comercial entre Estados Unidos y China, ha crecido la incertidumbre económica, y las bolsas de valores a nivel mundial han sentido los efectos adversos de este enfrentamiento. Según dicen algunos analistas, como Olav Dirkmaat de la agencia de análisis financiero UFM Market Trends, Estados Unidos puede entrar en una recesión y una caída en la bolsa, como lo sugiere el indicador de rendimientos o Curva de Yield. Dicho indicador mide la diferencia entre las tasas de interés a corto plazo y las tasas de interés a largo plazo; refiriéndose específicamente a las tasas de interés de los bonos del Estado. Cuando la curva se aplanan, indica que las tasas a corto plazo son más altas que las de largo plazo; lo que puede ser peligroso para la economía (Dinero, 29 de junio de 2018).

Sin embargo, gracias a la tregua en la guerra comercial luego de que el presidente Donald Trump decidiera posponer por dos semanas el aumento del 5% en los aranceles a importaciones de China, los futuros de los principales índices accionarios apuntan a una apertura con valorizaciones; como es el caso de los indicadores de la bolsa de Nueva York (Dow Jones, S&P 500y Nasdaq 100), los cuales subieron entre un 0,9% y un 1,0% (Dinero, 5 de septiembre de 2019).

### **3.1.5. Comportamiento de las monedas del cono sur**

Los efectos de la subida del dólar no solamente han afectado a Colombia, sino también a las economías emergentes del cono sur, que a pesar de su posición en el marco internacional como es el caso de Brasil o Chile, se ven afectadas por la actual guerra comercial librada entre las dos potencias económicas actuales, y en particular, por la respuesta de China de devaluar su moneda para compensar los efectos arancelarios impuestos por Estados Unidos (BBC, 9 de agosto de 2019).

A lo anterior se suman los problemas internos políticos y sociales que en las últimas semanas han convertido a la región en el caldo de cultivo de las manifestaciones de los

pueblos y su malestar contra sus dirigentes, la desigualdad económica y social, y el tinte autoritario y dictatorial que han mostrado algunos de estos gobiernos (The New York Times, 8 de noviembre de 2019).

Para empezar con un ejemplo, con una devaluación de más 44,86% en lo corrido del año, Argentina se ha convertido en el país del cono sur con la moneda más devaluada; situación generada por la victoria de Alberto Fernández antes Mauricio Macri en las elecciones primarias, y en el cual la reacción de los mercados fue inmediata, con desconfianza por el cambio de mando de un tradicionalismo de derecha a una tendencia de izquierda, aunque se tiene la confianza que no se generará un efecto dominó sobre las demás monedas de región, según lo explica el CEO de Carta Financiera, Miguel Boggiano (La República, 13 de agosto de 2019).

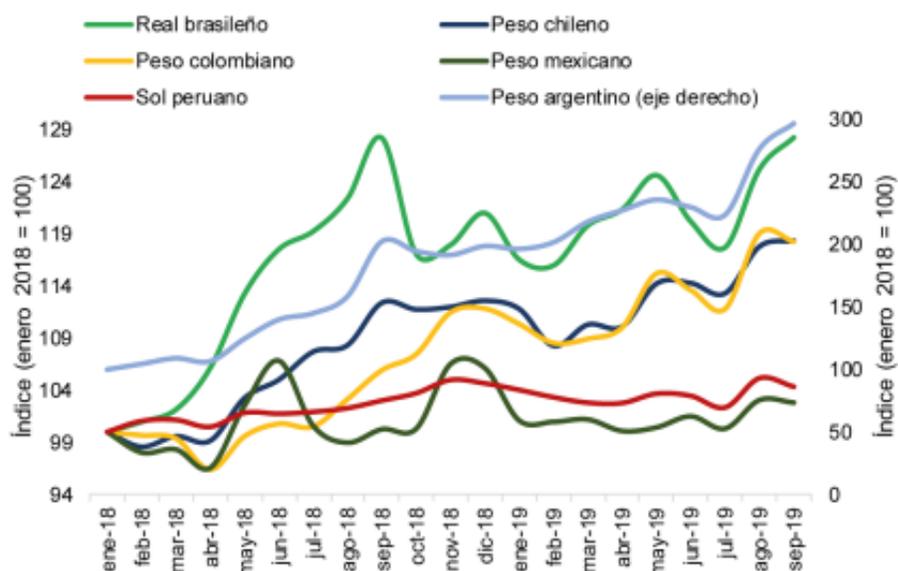


Fig. 6. Índice de las tasas de cambio en moneda local por dólar (Fedesarrollo, septiembre de 2019).



Fig. 7. Comportamiento de devaluación de las monedas del cono sur en el año en curso. (La República, 13 de agosto de 2019).

A nivel internacional se ha dado eco del estallido político y social que tiene sumido a Chile en las últimas semanas, que han obligado al gobierno a Sebastián Piñera, a cancelar 2 cumbres internacionales, retroceder la política de subir el pasaje del Metro de Santiago, realizar cambios en su gabinete, ceder ante mejoras de políticas públicas y ya se habla de reformas en la constitución.

En un entorno donde el país mostraba una imagen de seguridad y prosperidad económica, genera temor ante inversionistas extranjeros por los virajes que ha tomado el país en los últimos días, y genera un duro golpe a las relaciones económicas internacionales que ha alcanzado Chile en los últimos años. Sin embargo, si bien es cierto que se puede continuar afectando sectores como el turismo y el comercio, en el mediano plazo se espera que exista una recuperación tanto de la imagen como de su propia economía (BBC, 31 de octubre de 2019).

Bolivia es otro ejemplo de países que actualmente se han convertido en una caldera política y social, esta vez por cuenta de las sospechas de fraude electoral, en las cuales resultó ganador nuevamente Evo Morales, quien ya lleva 15 años en el poder. Según el ministro de economía de Bolivia, Luis Arce, las pérdidas por el paro ascienden a más de 167 millones de dólares, en un país que de momento tiene bloqueadas sus oficinas de recaudo de impuestos

y el bloqueo en sus fronteras. Aun así, se espera que, como lo solicitó la OEA, se pueda llevar a cabo nuevamente las elecciones primarias (CNN en español, 5 de noviembre de 2019).

### **3.1.6. Comportamiento de la inversión extranjera directa**

Según la Balanza de Pagos del Banco de la República, la inversión extranjera directa creció un 24,4%, representado por unos US\$7.273 millones, el cual ha sido el más alto para este período desde el año 2016. Para el informe presentado por el Banco de la República, se muestra como novedad es la distribución por actividad económica de la IED, donde sectores diferentes al de minas y petróleo también arrojaron resultados positivos. Así, se resaltan algunos como minería y petróleo (40,3%), servicios financieros y empresariales (17,1%), industria manufacturera (14,9%), comercio y hoteles (7,9%), transporte y comunicaciones (7,2%), electricidad (2%), y el resto de los sectores (10,6%).

### **3.1.7. Producto Interno Bruto – PIB**

Según lo informó el DANE a mediados de agosto del presente año, el producto interno bruto (PIB) para el segundo trimestre del 2019 creció un 3%, considerándose la cifra más alta desde 2015; y el cual representa una aceleración comparado con el 2,9% del año anterior para el mismo período (DANE, 15 de agosto de 2019).

De acuerdo con el director del DANE, Juan Daniel Oviedo, los sectores que más contribuyeron a este repunte fueron:

- Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores y motocicletas, transporte y almacenamiento, alojamiento y servicios de comida: 4,8%.
- Administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria, educación, actividades de atención de la salud humana y servicios sociales: 3,1%.

- Actividades profesionales, científicas y técnicas, actividades de servicios administrativos y de apoyo: 3,6%.

Así mismo, en el informe se resalta que es la primera vez que todos los sectores que contribuyen al crecimiento económico del país, presentan un comportamiento positivo.

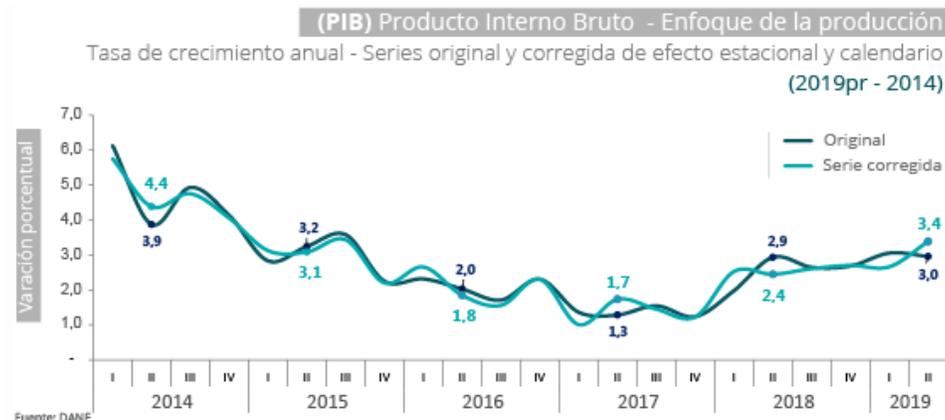


Fig. 8. Series original y corregida del PIB para el segundo trimestre de 2019. (DANE, 15 de agosto de 2019).

### 3.1.8. Inflación e índice de precios al consumidor (IPC)

Respecto al índice de precios al consumidor (IPC) “[...] mide la evolución del costo promedio de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo final de los hogares, expresado con base en un período base [...]”. Dicha información la entrega mensualmente el DANE. En cuanto a la inflación, esta se define como la variación porcentual del IPC entre dos períodos, donde la inflación anual se mide tomando el IPC de un mes y calculando su variación frente al dato del mismo mes del año anterior. (Banco de la República, “índice de precios...”, s.f.).

La inflación en Colombia entre enero y septiembre de 2019, medida por el IPC, fue de 3,26%;0,63 puntos por encima de los registrado en el mismo período del 2018. Dicho comportamiento se explica principalmente por un aumento en los precios de los alimentos y bebidas no alcohólicas (6,29%), la educación (5,72%) y el alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles (2,74%) (DANE, 5 de noviembre de 2019).

**Gráfico 1. IPC Variaciones  
Total IPC  
Octubre 2018 – 2019**

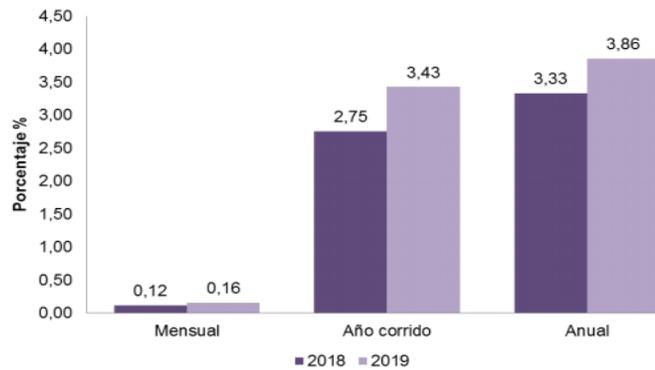


Fig. 9. IPC para el mes de octubre de 2019. (DANE, 5 de noviembre de 2019).

**Gráfico 6. Inflación y meta de inflación**

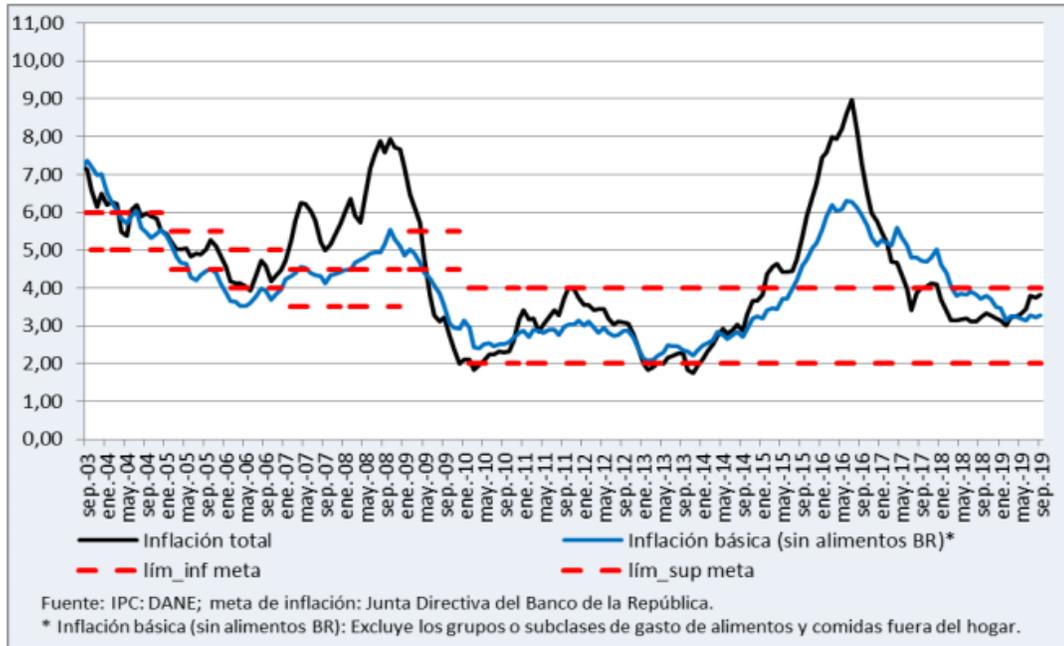


Fig. 10. Inflación y meta de inflación para el 2019. (Banco de la república, 5 de noviembre de 2019).

### 3.1.9. Tasas de interés y regulación

“La tasa de interés de intervención de política monetaria es la tasa mínima de interés que el Banco de la República cobra a las entidades financieras por los préstamos que les hace mediante las operaciones de mercado abierto que se otorgan en las subastas de expansión

monetaria a un día. Esta tasa es el principal mecanismo de intervención de política monetaria usado por el Banco de la República para afectar la cantidad de dinero que circula en la economía.” (Banco de la República, “*Tasas de interés...*”, s.f.).

En rueda de prensa el 31 de octubre del año en curso, el Bando de la República informa que de manera unánime decide mantener la tasa de interés de intervención en 4.25%; donde los principales factores que determinaron la decisión fueron las desviaciones transitorias de la inflación respecto a la meta, la incertidumbre existente frente a la depreciación del peso, el tamaño de los excesos de capacidad productiva y la velocidad con la que se reducen, y los efectos sobre la economía colombiana derivados de las cambiantes condiciones externas (Banco de la República, “*Comunicados de prensa...*”, s.f.).

Respecto a las tasas de interés efectivas anuales activas a corte de 1 de noviembre de 2019, la superintendencia financiera actualizó el listado de las tasas de interés de los diferentes establecimientos de crédito (Superintendencia Financiera, 1 de noviembre de 2019). En particular, para los consumos de crédito, las siguientes entidades son las que facilitan créditos a menor costo o interés:

- Créditos entre 31 y 365 días: Coltefinanciera
- Créditos entre 366 y 1095 días: Banco Santander
- Créditos entre 1096 y 1825 días: Banco Santander
- Créditos a más de 1825 días: BBVA Colombia

### **3.1.10. Patrones de ahorro y deuda en Colombia**

De acuerdo con el DANE, el PIB de Colombia se ubica alrededor de los 920,2 billones de pesos, de los cuales 154,8 billones corresponden al ahorro bruto, representado en un 16,8% del PIB, ubicándolo 2 puntos porcentuales por debajo de la media regional de países latinoamericanos, que es el 18,6% (Semana, 16 de agosto de 2019).

En este sentido, las entidades financieras juegan un papel importante, ya que una estimulación y buen desarrollo en este campo puede hacer no solo que el ahorro bruto se incremente, sino que también pueda ser usado para financiar la inversión en el país.



Fig. 11. Infografía de gastos y ahorro en los hogares colombianos 2019. (Semana, 16 de agosto de 2019).

Se acuerdo con el DANE, la capacidad de ahorro de los hogares colombianos aumentó 8 puntos en la última década, con un ahorro promedio de \$343.000 mensuales.

Según un estudio de la Banca de Oportunidades, Fasecolda, y la Superintendencia Financiera el 18,5% de los hogares tiene ahorros, y la gran mayoría (el 69,8%) se encuentran en cuentas de ahorro o corriente. Sin embargo, casi el 40% utilizan métodos informales de ahorro, como las natilleras o alcancías. Esto supone un reto grande en materia de educación financiera, puesto que el 27,1% de los hogares tienen créditos, indicando una mala percepción de que las deudas son inversión.

### 3.1.11. Tendencia de las importaciones en Colombia.

El comportamiento general de las importaciones, según los análisis mensuales de la DIAN, de acuerdo con las declaraciones sobre este rubro registradas en el mes de agosto de 2019, fueron de US\$4913,1 millones CIF (costo, seguro y flete), y presentaron un crecimiento cercano al 7,3%, en relación con mismo período del 2018, causado principalmente por un aumento en el grupo de combustibles y de industrias extractivas (DIAN, 18 de octubre de 2019).

Respecto a la industria manufacturera, la participación estuvo alrededor del 73,7% del valor CIF total de las importaciones, seguido por alimentos y bebidas (13,9%).

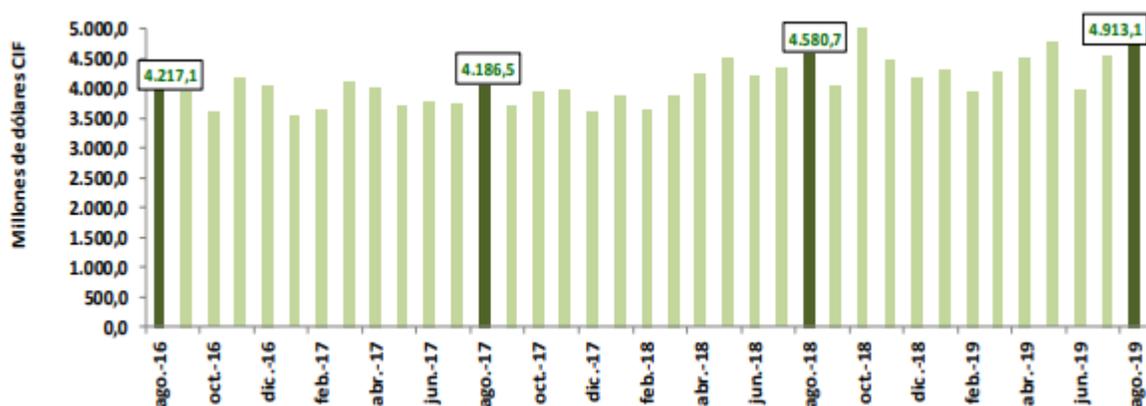
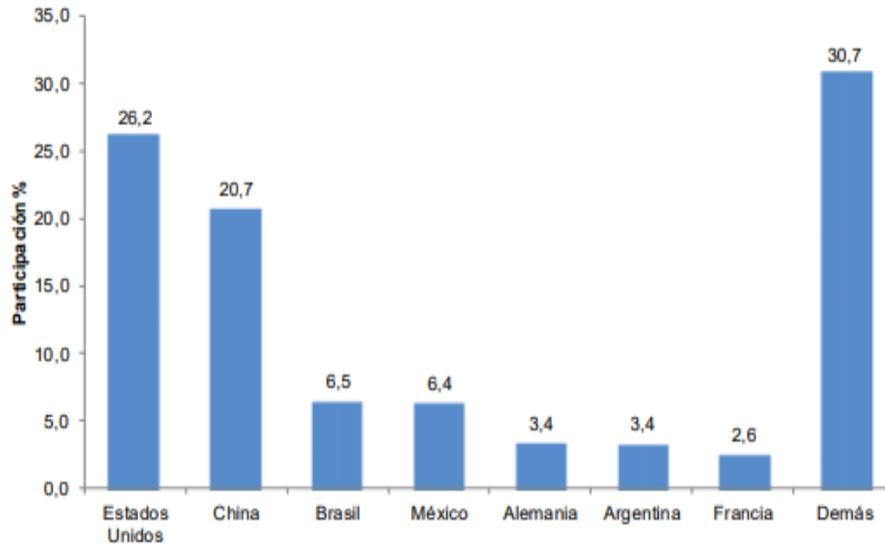


Fig. 12. . Valor CIF de las importaciones – Total Nacional agosto 2019 (DIAN, 18 de octubre de 2019).

En cuanto al país de origen de las importaciones, se observa una gran dependencia de importaciones desde EE. UU. y China principalmente (26,2% y 20,7% respectivamente), donde se presentó un relativo aumento de importaciones desde Estados Unidos debido a mayores compras de gasolina para motores y otros aceites ligeros.



**Fuente:** DIAN - DANE (IMPO)

Ⓐ Cifra preliminar

*Fig. 13. Distribución porcentual del valor CIF de las importaciones según el país de origen para agosto de 2019 (DANE, 18 de octubre de 2019).*

### **3.1.12. Crecimiento de sectores económicos.**

Según el ministro de Hacienda, Alberto Carrasquilla, en el tercer trimestre del 2019 el país creció un 5,6% respecto al mismo período del año anterior. Según lo indicó, el país viene creciendo en los últimos cuatro trimestres a un ritmo promedio del 3%, lo que según afirma es un signo de recuperación económica (Dinero, 9 de octubre de 2019). Dicha afirmación se corrobora con la información más reciente del DANE sobre el crecimiento de la economía en un 3,3% respecto para el tercer trimestre, el cual ha sido su mayor ritmo desde el tercer trimestre de 2015.



Fig. 14. Demanda total energética estimada hasta 2031. (Grupo Bancolombia, 5 de marzo de 2019).

El consumo de energía eléctrica en el país está próximo a alcanzar los 70.000GWh/año, y se espera un crecimiento anual del 2% para los próximos 11 años, que entre otros motivos para dicha demanda se encuentran por ejemplo la expansión de las dinámicas de la industria, la electrificación de la economía y el aumento de carros eléctricos a 400.000 para 2030 (Grupo Bancolombia, 5 de marzo de 2019). Para alcanzar estas cifras de demanda energética, proyectos actuales en ejecución como el de Hidroitango son importantes, ya que, por ejemplo, este aporta casi el 14% de la capacidad total instalada actualmente.

Respecto a las energías limpias, ante la UPME, a febrero de 2019 había registrados 392 proyectos de energía solar que representan 5.339 MW, 19 proyectos de energía eólica que suman 2747 MW y 14 proyectos de biomasa con capacidad de producir 59 MW.

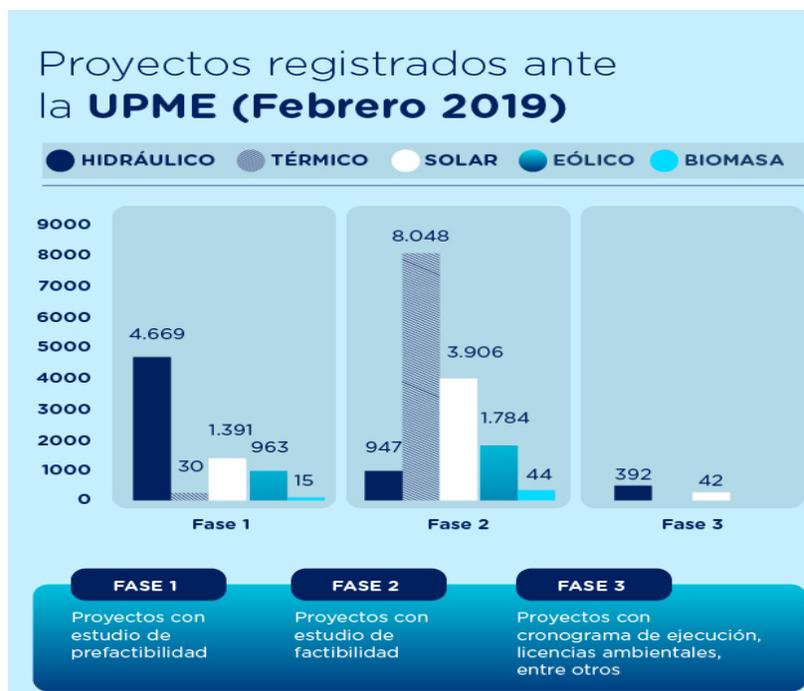


Fig. 15. Proyectos registrados ante la UPME hasta febrero de 2019. (Grupo Bancolombia, 5 de marzo de 2019).

## 3.2. Dimensión social, cultural y demográfica.

### 3.2.1. Crecimiento poblacional y análisis etario.

Según las proyecciones de población por parte del DANE que se estimaron para el año 2014, el municipio de Arjona cuenta con 71.180 habitantes, de los cuales 55.951 (78,6%) personas habitan la cabecera municipal, y 15.229 (21,4%) personas habitan la zona rural (corregimientos y veredas). Haciendo una revisión comparativa con el censo de 2018, ahora la población del municipio se estima en 78.070 habitantes, lo que significa un aumento un aumento del 9,67% respecto al censo llevado a cabo en 2005 (DANE, 2005). Sin embargo, considerando esta desviación, se presenta información con base en esta última fecha, dada que aún no se ha consolidado boletín con un análisis de información secundaria más profundo.

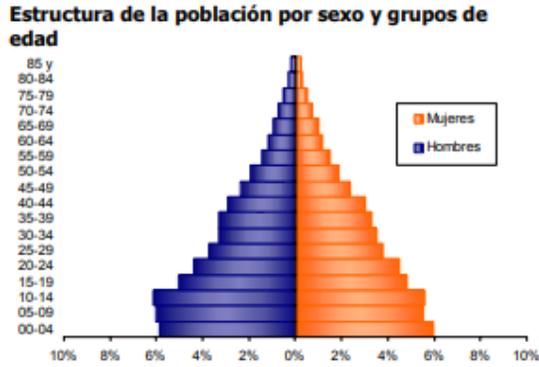


Fig. 16. Estructura poblacional por sexo y grupos de edad en Arjona-Bolívar. (DANE, 2005).

### 3.2.2. Ingresos per cápita (nacional y regional)

A nivel nacional, el panorama no es ajeno a la devaluación de la moneda local frente al dólar, lo que representa también una afectación directa sobre el PIB per cápita, alcanzando una pérdida de US\$1.000. Según el DANE, el PIB en Colombia sumo \$978,48 billones de pesos, que al dividirlo entre una población de 48'258.494 según estimaciones del DANE, resulta en un PIB per cápita de \$20,28 millones de pesos (La República, 13 de agosto de 2019 b). Pese a ello, la tendencia en Colombia ha sido de una proyección creciente del PIB per cápita que en los últimos 15 años se ha duplicado, gracias en general a un sostenido crecimiento del PIB



Fig. 17. PIB-real per cápita en Colombia (La República, 31 de mayo de 2019).

Respecto al PIB per cápita del departamento de Bolívar, cabe resaltar que este aportó un 3,59% del PIB nacional, y con las estimaciones proyectadas del DANE para el 2019 en el departamento, la población total es de 2'171.280 habitantes. Luego la estimación del PIB per cápita del departamento de Bolívar es de US\$5.704 (Ministerio de Comercio [MinComercio], 2019).

### **3.2.3. Desempleo (nacional y regional).**

A nivel nacional, para el mes de septiembre la tasa de participación se ubicó en el 68,8%, lo cual indica una reducción de 1,6 puntos respecto a septiembre de 2018. La tasa de ocupación fue del 56,3%, que así mismo representa una reducción de 2,0 puntos respecto al año 2018 (DANE, 31 de octubre de 2019).

Según estos indicadores divulgados por el DANE, la tasa de desempleo para septiembre se ubicó en 10,1%. Según varios analistas, la economía colombiana no está creciendo lo suficiente para atender el crecimiento de la población, pero a su vez, es el resultado del deterioro de varios indicadores laborales, donde sectores que tienen la mayor concentración de ocupación, son las que registran las mayores disminuciones en tasas de contratación. Este es el caso de sectores como el hotelero y el de la construcción. De lo que dicen los expertos, se desprende que uno de los factores es el crecimiento insuficiente de la económica, el cual debería registrar cifras del 4% o 4,5%, para atender el crecimiento de la oferta laboral. Así mismo, el salario mínimo es otro factor para analizar, ya que un aumento de 1% en este, puede destruir 18.000 puestos de trabajo (El Espectador, 1 de octubre de 2019).

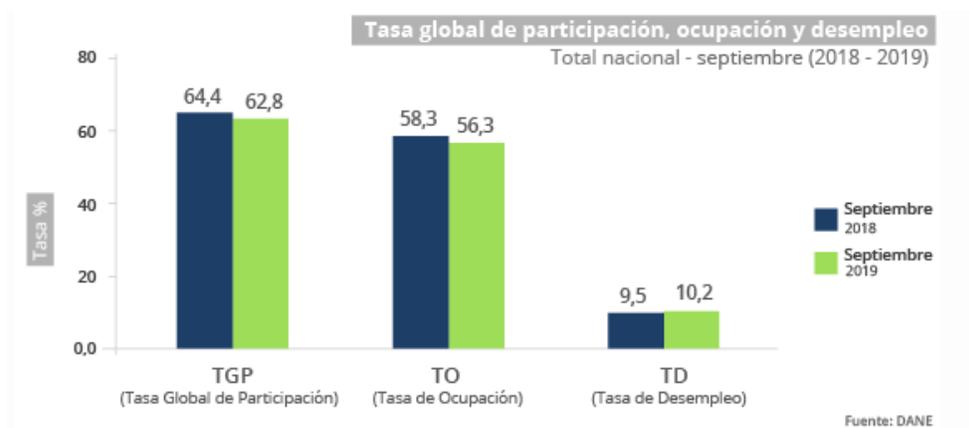


Fig. 18. Tasa global de participación, ocupación y desempleo septiembre 2019 (DANE, 31 de octubre de 2019)

Por otra parte, cabe destacar en cuanto a la tasa de ocupación regional, haciendo una radiografía con la capital del departamento de Bolívar, haciendo un comparativo entre las 13 principales ciudades del país, Cartagena registró una tasa de ocupación del 6,5%, la cual corresponde a una reducción de 1,5 puntos porcentuales respecto al año anterior. El número de personas ocupadas en Cartagena en el período son 423.000 repartidos en: 205.000 trabajadores independientes, 170.000 empleados particulares, 20.000 empleados domésticos, 18.000 empleados de gobierno, patronos 6.000 y trabajadores domésticos sin remuneración 4.000 (DANE, 31 de octubre de 2019).

### 3.2.4. Transporte Marítimo

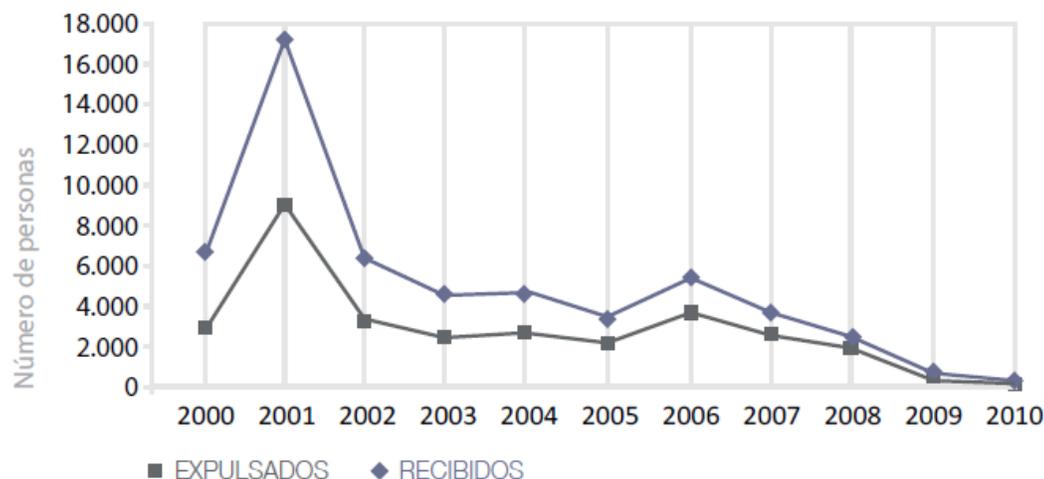
En materia de transporte marítimo, el departamento de Bolívar tiene a Cartagena como uno de los puertos más importantes del país, donde se maneja casi el 40% de la carga del país, donde la proveniente y con destino a los centros industriales del sector del Mamonal, se movilizan por muelles privados concesionarios dichas industrias. Es sin duda, un puerto ubicado estratégicamente por su cercanía al Canal de Panamá, y representa una ventaja de alcance para los mercados europeos y de América del Norte (Gobernación de Bolívar, 2016).

Es de destacar que la actividad portuaria es de las más eficientes de la región, con una movilización a fecha de 2016 de 10'035.799 contenedores, lo que representa más del 70% de los contenedores transportados en el país (Gobernación de Bolívar, 2016). Según un informe del CEPAL y Naciones Unidas, la terminal Bahía de Cartagena es el cuarto que más mercancía por volumen recibió en toda Latinoamérica durante el 2018, representados en más de 2,8 millones de contenedores, con un incremento del 6,7% respecto al 2017; donde 18 de sus 54 muelles se dedican a comercio exterior (La República, 4 de abril de 2019).

### **3.2.5. Desplazamiento y conflicto armado.**

En el contexto del conflicto armado en Colombia, desde el año 2002 ha habido una reducción en toda la zona del Canal del Dique, de personas expulsadas de sus territorios a causa de la violencia (2,1% anual). Esta reducción, también se corresponde con el número de personas que son desplazadas de otros sectores y llegan allí, generalmente, de zonas como los Montes de María (J. A. Sáenz et ál, 2014).

Durante este período, el mayor número de desplazamientos se produjo en María la Baja, principalmente en el corregimiento de Mampuján, Santa Rosa y Calamar, en el departamento de Bolívar. Principalmente el departamento de Bolívar ha sufrido el accionar paramilitar y la violación de derechos humanos (territorios aún controlados por grupos al margen de la ley derivados del conflicto armado), y que han generado dichos desplazamientos en los últimos años.



Fuente: Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial (SIGOT).

Fig. 19. Desplazamiento forzado en el Canal del Dique y zona costera (J. A. Sáenz et ál, 2014).

### 3.3. Dimensión del entorno físico y medioambiental

#### 3.3.1. Geografía de la región.

El municipio de Arjona se encuentra ubicado al norte del departamento de Bolívar, en la Zona de Desarrollo Económico y Social (ZODES) Dique. El municipio de Arjona limita al norte con el municipio de Turbaco, al sur con el municipio de María la Baja, al este con los municipios de San Estanislao de Kostka y Mahates, y al oeste con el municipio de Turbana. Su extensión territorial es de 616,5 Km<sup>2</sup>, a una altura promedio de 63 m.s.n.m, y una distancia de 33 Km de la capital, aproximadamente a 40 min por la carretera Troncal de Occidente.

Una característica del municipio es que es considerado de sexta categoría, y su cercanía a la ciudad de Cartagena lo beneficia, ya sirve de alojamiento y dormitorio a la población que de allí se desplazan para trabajar. Esto también impacta en otros beneficios, como el acceso a educación y salud en la capital de Bolívar, e incluso, le da apertura de mercado al sector agrícola en la región. Sin embargo, esta misma dinámica de desplazamiento al distrito de Cartagena, le dificulta a su vez, sus procesos de desarrollo rural y urbano (Jalilie, 2016).

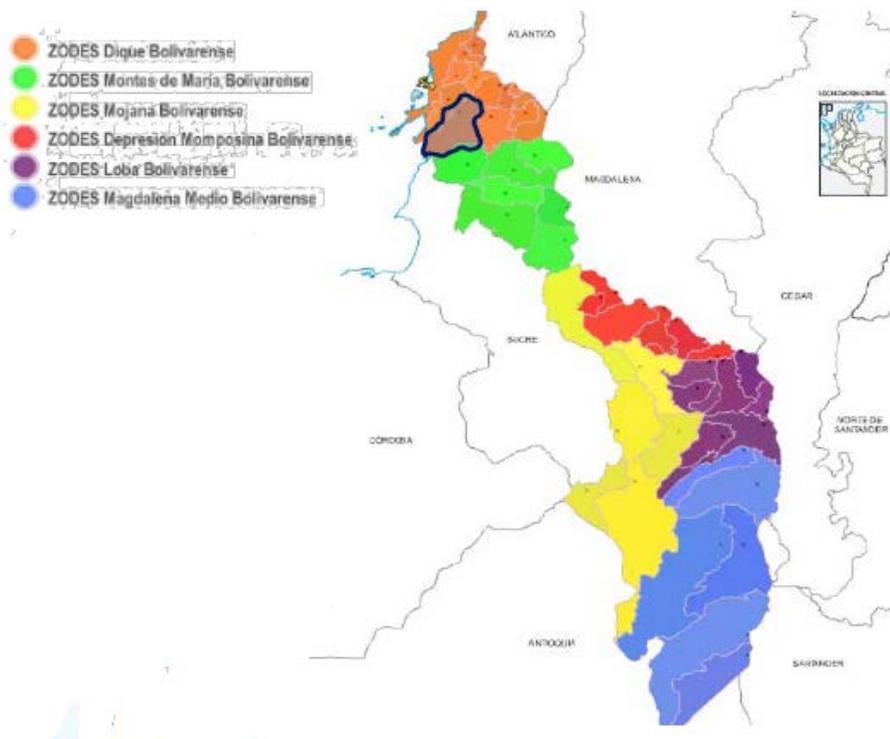


Fig. 20. Zodes del departamento de Bolívar y ubicación en mapa del municipio de Arjona (Jalilie, 2016).

Respecto a la topografía, su relieve es ligeramente ondulado, alcanzando alturas que no sobrepasan los 200 m sobre el nivel del mar (por ejemplo, las serranías de Jinetes y las Mellas). Por su parte, el uso del suelo tiene una serie de reglamentaciones y usos, de acuerdo con la Modificación Excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial, y que se resume en el cuadro siguiente (Jalilie, 2016).

Uso del suelo municipal	Clasificación del suelo municipal
Portuario y de reserva de la biodiversidad	Suburbano
Recreativa	
Mixto	Expansión urbana
Industrial	
Residencial y comercial	Urbano
Manejo especial paisajístico	
Equipamiento colectivo	
Institucional	

Tabla 2. Clasificación y usos del suelo municipal (Jalilie, 2016).

Para referenciar la geomorfología e hidrografía de la zona, debemos considerar el municipio de Arjona como un espacio integrado a un sistema de mayor complejidad, denominado Subregión Canal del Dique; el cual es más cercano hacia la zona costera, el cual es un caso de zona de erosión, con una altura entre 75 y 100 m denominada Turbana-Arjona (Sáenz & Mendoza & Barraza & Paredes, 2014).

“Hablando en términos generales, la cuenca del Canal del Dique está ubicada sobre la región dominada por las estructuras del cinturón fragmentado de San Jacinto y cinturón del Sinú, que son cadenas montañosas separadas por el corredor bajo del canal. [...] El territorio presenta extensas llanuras de inundación, con un complejo de zonas de ciénagas” (Ahumada & Penso, 2014).



Fig. 21. Principales ciénagas que componen la Zona del Canal del Dique y sus zonas costeras (Sáenz et ál, 2014)

### 3.3.2. Ecología y biota regional.

Como parte de la interacción entre sistemas bióticos con su entorno, como lo estudia la ecología, las condiciones ambientales son bastante importantes por el impacto directo que,

desde el punto de vista técnico, y como se verá más adelante, involucran factores como los vientos y el clima.

Lo que puede decirse en referencia a las condiciones climáticas para la subregión del Canal del Dique, es que “[...] esta región presenta climas cálido árido y cálido semiárido, y su comportamiento obedece a la modulación de la zona de convergencia de los vientos alisios en sus dos tránsitos por la línea del ecuador, junto con la ocurrencia de las ondas del Este y la presencia de frentes fríos del hemisferio norte” (Ahumada & Penso, 2014). La temperatura promedio anual en esta región es de 27,8°C; alcanzando una media mínima de 21,9°C en enero y una máxima de 35,2°C en marzo. En particular para el municipio de Arjona, la humedad relativa es de 83,31, y cuenta con un promedio de 6,09 h/día de brillo solar.

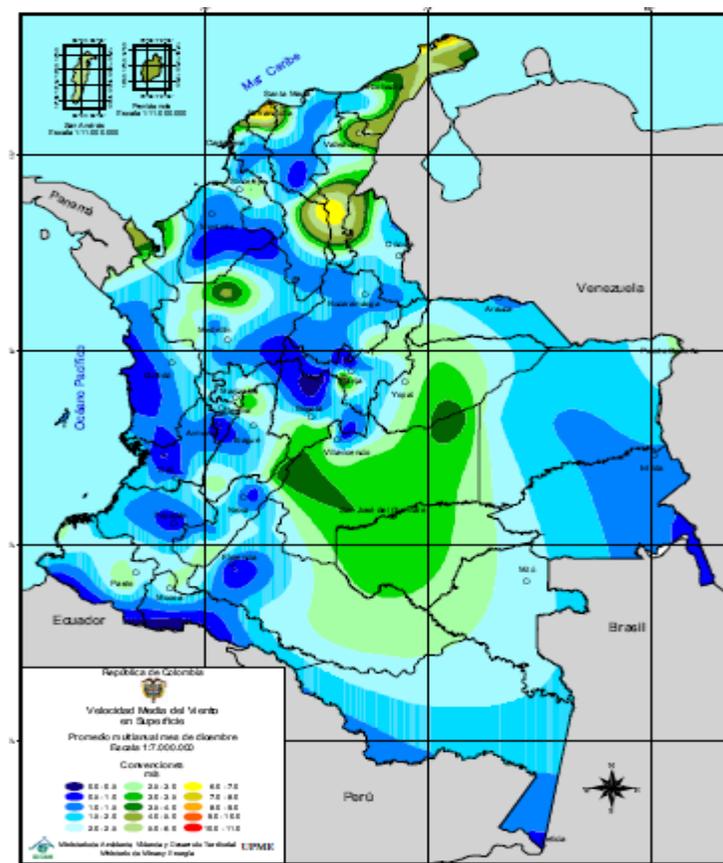


Fig. 22. Mapa de velocidad media del viento en superficie (UPME, 2006).

Con relación a los vientos en la región, es importante hablar particularmente sobre la velocidad del viento en superficie. El viento es el movimiento del aire, y se considera de superficie cuando esta variable meteorológica se mide a una altura de 10 m, que es la norma que establece la Organización Meteorológica Mundial (OMM), como estándar para la medición y seguimiento del viento. Según la estación de medición de Galerazamba en el departamento de Bolívar, en esta zona del Dique la velocidad promedio del viento anual es de 5,9 m/s, con una desviación estándar máxima de 1,8 m/s al año. Esto pone a la región, junto con la península de La Guajira, como una de las mejores para el aprovechamiento de los vientos.

Limitando con el municipio de Arjona, y desde San Onofre en Sucre, se encuentra un área protegida de flora y fauna llamado El Corchal “El Mono Hernández”, adscrita a Colparques, el cual es un albergue de gran diversidad de aves como el chavarrí (especie en peligro de extinción), la garza real, el pato barraquete, y el canario manglero; las cuales son aves nativas de la zona.

### **3.4. Estudio del Microentorno**

#### **3.4.1. Tendencia mundial hacia el uso de energías renovables.**

Uno de los objetivos del milenio propuestos por las Naciones Unidas, más concretamente el objetivo 7, busca el uso de la energía asequible y no contaminante. El panorama en cifras revela que entre el 2000 y el 2016, a nivel mundial el número de personas con acceso a energía eléctrica aumentó de 78% a 87%, y el número de personas sin energía a nivel mundial bajó a menos de 1000 millones. Se debe tener en consideración, que a medida que crece la población mundial, también lo hará su demanda por energía eléctrica accesible, y a tal ritmo, el uso sostenido de combustibles fósiles genera cambios drásticos en el clima, cuyos efectos ya se están sintiendo (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

De modo que para alcanzar el ODS7 (Objetivo para el Desarrollo Sostenible 7) para 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpias, como la solar, eólica y termal, y mejorar la productividad energética. Esto permitirá reducir el consumo de electricidad en edificios e industrias un 14%, reducir los efectos que aumentos el cambio climático por la producción de electricidad.

#### **4. ESTUDIO DE MERCADOS**

La importancia de un estudio de mercado radica en la posibilidad de definir la demanda e ingresos operacionales de un servicio o producto. Si bien los análisis de precios y sensibilidad en Colombia para el sector energético están regulados por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), hay otros factores como la comercialización del servicio, la oferta de otros productos similares en el mercado, la caracterización de los clientes y los proveedores que impactan en los costos, los planes y estrategias de ventas y las oportunidades de crecimiento. (N. Sapag & R. Sapag, 2008).

Mediante el uso de la matriz DOFA, se analiza el ambiente externo al proyecto, con el fin de ordenar y calificar los factores externos e internos determinantes para el éxito del sector energético (UPME, Agosto, 2017). por medio de la tecnología eólica.

## Matriz DOFA

Matriz DOFA	Oportunidades	Amenazas
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evidencia de casos exitoso de energía eólica.</li> <li>2. Demanda Energética insatisfecha.</li> <li>3. Oportunidad para analizar y mejorar la calidad de vida de las personas en la región donde se instala el sistema.</li> <li>4. Esta tecnología se está desarrollando a nivel Mundial.</li> <li>5. Facilidad de acceso a la tecnología disponibilidad de suministros)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nuevos competidores (generación de energía eléctrica a partir del viento).</li> <li>2. Alteraciones en las velocidades del viento debido a los cambios climáticos.</li> <li>3. El abuso de la instalación de numerosos aerogeneradores puede crear un rechazo social hacia los mismos.</li> <li>4. Escases en las zonas óptimas para la construcción de esta tecnología.</li> </ol>
Fortalezas	Estrategias F.O.	Estrategias F.A.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La velocidad del viento en esta zona atlántica permite que el aerogenerador sea rentable.</li> <li>2. Energía limpia compatible con el medio ambiente.</li> <li>3. El difícil acceso de energía eléctrica en la zona.</li> <li>4. Apoyo por parte del estado en proyectos de desarrollo.</li> <li>5. Alta vida útil de este tipo de tecnología y bajo costo de mantenimiento.</li> <li>6. Única materia prima (viento) cero costos.</li> <li>7. Creación de empleos directos e indirectos.</li> <li>8. Puede convivir con otros usos del suelo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aprovechar las altas velocidades de viento que se pueden obtener en la zona.</li> <li>2. Generación de empleo con el montaje y puesta en marcha del proyecto.</li> <li>3. Aceptación y gusto por el proyecto de tal forma que el proyecto sea atractivo para otras zonas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brindar un excelente y duradero servicio de energía eléctrica a los habitantes de la zona Atlántica.</li> <li>2. Optimizar el diseño de equipos, para el mejor aprovechamiento de la velocidad del viento.</li> <li>3. Instalación de quipos en sitios adecuados cerca de la o las viviendas conectadas a los mismos.</li> </ol>
Debilidades	Estrategias D.O.	Estrategias D.A.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daño en el ciclo de vida de las aves de la zona.</li> <li>2. Produce alteraciones sobre el paisaje.</li> <li>3. Baja implementación de la tecnología eólica.</li> <li>4. Poca uniformidad de la velocidad del viento anual.</li> <li>5. Alta inversión del capital inicial.</li> <li>6. Capacidad técnica (Mano de obra especializada).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema de iluminación de tal manera que las aves puedan percatarse de la presencia de los aerogeneradores.</li> <li>2. Evidenciar el buen desempeño que esta tecnología ha tenido en diferentes partes del mundo.</li> <li>3. Buen almacenamiento de energía en baterías en caso de que las velocidades de viento no sean las necesitadas.</li> <li>4. Capacitaciones a gente interesada en este tipo de tecnología.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar algún tipo de prueba piloto para estimar que tan grande seria la tecnología en el ciclo de vida de las aves.</li> <li>2. Las pruebas piloto sirven para mostrar los buenos resultados que esta tecnología brinda, y de tal manera promocionar la misma.</li> <li>3. Por medio de las pruebas piloto realizar las capacitaciones para las personas de la comunidad o zona interesadas en trabajar con esta tecnología.</li> </ol>

*Tabla 3. Matriz DOFA. Elaboración Propia*

Según la clasificación de la CIIU, adaptada para Colombia (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2002) [4], el proyecto se enmarca en una actividad económica del sector de servicios, considerando las secciones E (Suministro de electricidad, gas, vapor y agua) clase 4010, F (Construcción) clases 4542 y 4543, G (Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos) clases 5165, 5169, 5170 y K (Actividades inmobiliarias, de alquiler y empresariales) clase 7129. Lo anterior se muestra en la siguiente tabla de clasificación de actividades económicas.

<b>CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO SEGÚN CIIU Rev. 3.1</b>				
<b>Sección</b>	<b>División</b>	<b>Grupo</b>	<b>Clase</b>	<b>Motivo clasificación</b>
E - Suministro de electricidad, gas, vapor y agua	40 - Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente	401 - Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	4010 - Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	La explotación de las instalaciones de generación de energía ya sean nucleares, hidroeléctricas, de turbina de gas, de Diésel o renovables.  La comercialización de electricidad a los usuarios.  Las actividades de los agentes que venden electricidad a través de sistemas de distribución de energía que operan terceros.
F - Construcción	45 - Construcción	454 - Acondicionamiento de edificaciones y de obras civiles	4542 - Trabajos de electricidad	También se incluyen los trabajos especializados de instalación de alumbrado y señalización eléctrica en carreteras, y los trabajos de instalación de centrales de energía, de transformadores, de estaciones de telecomunicación y radar, etc.
F - Construcción	45 - Construcción	454 - Acondicionamiento de edificaciones y de obras civiles	4543 - Trabajos de instalación de equipos	También se incluyen los trabajos de aislamiento: eléctrico, hídrico, térmico y sonoro.
G - Comercio al por mayor y al por menor; reparación	51 - Comercio al por mayor y en comisión o por contrata,	516 - Comercio al por mayor de todo	5165 - Comercio al por mayor de partes y equipos	El comercio al por mayor de dispositivos semiconductores.

de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas; mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	tipo de maquinaria y equipo, excepto comercio de vehículos automotores	electrónicos y de comunicaciones	El comercio al por mayor de circuitos impresos.
G - Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	51 - Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas; mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	516 - Comercio al por mayor de todo tipo de maquinaria y equipo, excepto comercio de vehículos automotores	5169 - Comercio al por mayor de maquinaria y equipo ncp	El comercio al por mayor de cables y conmutadores y otros tipos de equipo de instalaciones para uso industrial; el comercio al por mayor de otros aparatos eléctricos como motores eléctricos, transformadores, etc. El comercio al por mayor de instrumentos y equipo de medición, etc.
G - Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	51 - Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas; mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	517 - Mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	5170 - Mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	Las actividades de los talleres que realizan todo tipo de mantenimiento y reparación a la maquinaria y/o equipo: agropecuario, minero, de la construcción e industrial (excepto cuando dicho mantenimiento o reparación se realiza en la misma unidad donde se fabrica la maquinaria o equipo).
K - Actividades inmobiliarias, de alquiler y empresariales	71 - Alquiler de maquinaria y equipo sin operarios y de efectos personales y enseres domésticos	712 - Alquiler de otros tipos de maquinarias y equipos	7129 - Alquiler de otros tipos de maquinaria y equipo ncp	El alquiler y el arrendamiento operativo, sin operarios, de maquinaria, eléctrica o no, utilizada en general por las industrias en sus actividades de producción tales como motores y turbina, máquinas herramienta; maquinaria y equipo para la explotación de minas; maquinaria y equipo para la exploración y extracción de petróleo.

Tabla 4. Clasificación de actividad económica para el proyecto según CIIU, (DANE, 2002, p.44 – 64).

#### **4.1. Análisis estratégico**

Dentro de este estudio, por ejemplo, se involucra el análisis de la competencia de otros actores en el mercado eléctrico colombiano, los cuales pueden ofrecer un servicio similar u otros que suplan de igual manera las necesidades de los clientes potenciales. Es así como se identifica siguiendo los lineamientos del modelo Canvas (Ver Anexo 1.)

#### **4.2. Fuerzas de Porter aplicadas al proyecto**

##### **4.2.1. Poder de Negociación con los clientes**

El proyecto debe adaptarse a las necesidades de los clientes a través de las ofertas a la bolsa de energía a largo plazo, aumentando la rentabilidad en la operación, además de cumplir con las garantías establecidas, por la calidad y funcionamiento de los equipos.

##### **4.2.2. Rivalidad entre las empresas**

Los competidores directos son todos aquellos que satisfagan las necesidades de energía eléctrica o que puedan hacerlo potencialmente del mismo mercado objetivo. De esta manera, el competidor directo de la empresa es Electrificadora del Caribe S.A (SIEL, 2019), la cual atiende el mercado del caribe colombiano, que se encuentra dentro de las zonas con mayor potencial eólico.

##### **4.2.3. Amenazas de los nuevos entrantes**

El uso e integración de energías renovables al mercado colombiano, y la regulación ambiental para el control de la contaminación, se convierte en el perfecto escenario para impulsar las tecnologías no convencionales e implementar un modelo de energía sostenible y limpia, como lo es la energía eólica (M. E. Porter, 2009) Permitiendo el desarrollo de nuevos proyectos con la llegada de nuevos competidores, haciendo más dinámico el mercado, y con esto la empresa se enfrenta a tener que evolucionar para poder seguir generando

rentabilidad, además de analizar cuantitativa y cualitativamente cada uno de los factores que afectan su cadena de valor, presentando un mayor control de costos operación, inversiones y gastos, optimización de procesos y el uso de nuevos avances en la generación de energía eléctrica.

#### **4.2.4. Poder de Negociación de nuevos proveedores**

Establecer relaciones de confianza entre los proveedores como aliados estratégicos, fortaleciendo los servicios obteniendo beneficios en cuanto a un canal de comunicación centrado en la optimización de los recursos e integración de sistemas operativos, además tener constantemente el personal capacitado para alcanzar los propósitos estratégicos del proyecto.

#### **4.2.5. Amenazas de productos indirectos**

En el informe de capacidad efectiva neta. (XM E.S.P, 2015 - 2016) encontramos los competidores indirectos con mayor capacidad de energía en el Sistema de Interconexión Nacional. De esta tabla podemos decir que la oferta de energía eléctrica está determinada por tres principales tecnologías como son la hidráulica, térmica y eólica, convirtiendo la hidráulica como la principal en la generación de energía en nuestro país, del pequeño porcentaje que hace parte la energía eólica 0.11% (XM E.S.P, 2015 - 2016), se le está apostando a los parques de turbinas eólicas, las cuales pueden ayudar a disminuir el gran déficit de energía que aún existe en las zonas rurales, principalmente en la costa atlántica (XM E.S.P, 2016 - 2017)

Las energías alternativas en la última década han presentado un crecimiento interesante como solución de la demanda energética a nivel mundial, y en particular en Colombia, hay regiones que presentan una posición geográfica y climática que le favorecen para un potencial enorme en cuanto a la generación de energías alternativas se refiere (particularmente energía solar, eólica, geotérmica, entre otras), (UPME, 2015). Sin embargo, actualmente en Colombia, sigue predominando la generación eléctrica a partir de energías no renovables, como lo son la hidráulica y la térmica. Esto puede visualizarse en la siguiente tabla.

Generadores activos, tecnologías y potencia instalada efectiva en MW periodo 2016 - 2017					
CAPACIDAD EFECTIVA NETA DEL SIN					
Recursos	Capacidad MW		Participación %		Variación en % 2016 - 2017
	Año 2016	Año 2017	Año 2016	Año 2017	
Hidráulicos	10.963,00	10.943,00	66,07%	65,22%	-0,18%
Térmicos	4.728,00	4.729,00	28,49%	28,18%	-0,02%
Gas	2.128,00	2.129,00	12,82%	12,69%	-0,05%
Carbón	1.329,00	1.329,00	8,01%	7,92%	0,00%
Fuel – Oil	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
Combustóleo	187,00	187,00	1,13%	1,11%	0,00%
ACPM	774,00	774,00	4,66%	4,61%	0,00%
Jet1	46,00	46,00	0,28%	0,27%	0,00%
Gas - Jet A1	264,00	264,00	1,59%	1,57%	0,00%
Recursos no despachados Centralmente					
Menores	771,52	948,35	4,65%	5,65%	22,92%
Hidráulicos	648,10	779,13	3,91%	4,64%	20,22%
Térmicos	105,00	141,00	0,63%	0,84%	34,29%
Eólica	18,42	18,42	0,11%	0,11%	0,00%
Solar	0,00	9,80	0,00%	0,06%	100,00%
Cogeneradores	99,60	122,50	0,60%	0,73%	22,99%
Autogeneradores	32,00	36,00	0,19%	0,21%	12,50%
<b>Total SIN</b>	<b>16.594,12</b>	<b>16.778,85</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>1,11%</b>

Tabla 5. Capacidad efectiva neta. (XM E.S.P, 2015 - 2016)

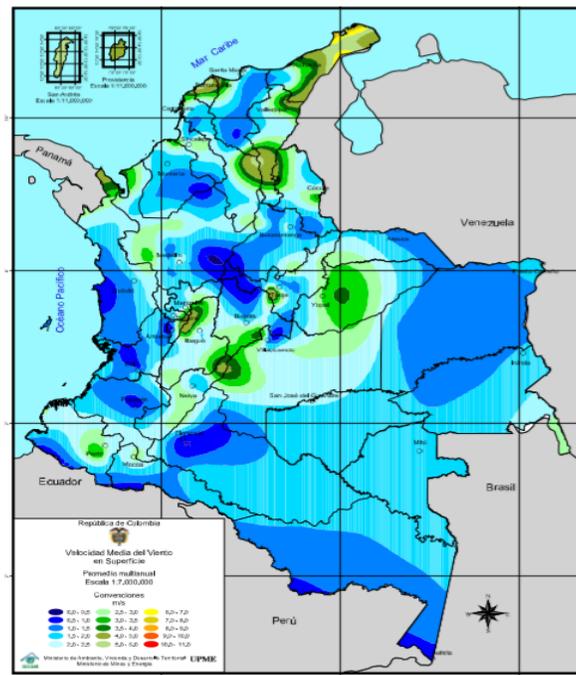


Fig. 23. Mapa de velocidad del viento en superficie para Colombia, (UPME, 2017, p.33).

En contexto de lo anterior, surge la idea de plantear un proyecto que considera la implementación de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica, con un alcance residencial y en zonas rurales apartadas con difícil acceso al sistema interconectado nacional (SIN). Según la Fig. 23, dicho proyecto podría ser técnicamente viable en algunas zonas de la costa atlántica, Quindío o norte del Huila donde se evidencia un mayor potencial eólico.

#### 4.2.6. Amenazas competidores directos

##### 4.2.6.1. Precio de venta competidores directos

Se realiza la cotización de un sistema de energía solar para suministrar una potencia requerida de 10 KW, suministro e instalación de la empresa Ambiente Soluciones Energía Solar, con el fin de identificar el precio objetivo de los competidores que pueden implementar el modelo de negocios a en la zona, teniendo una mayor rentabilidad y una mejor aceptación por parte de los clientes en cuanto al precio del suministro e instalación de los equipos.

Panel Solar 300 W ASE0119		
Especificaciones	Observaciones	Presupuesto
Proveedor	Ambiente Soluciones Energía Solar	
Cantidad paneles	34	
Precio Unitario Panel solar 300W	\$ 928.200,00	
Inversor a Red 10 Kw Monofásico	\$ 6.590.000,00	
Controlador de carga	\$ 1.890.000,00	
Banco de Baterías	\$ 7.800.000,00	
Panel controlador	\$ 4.600.000,00	
Inversión Inicial	\$ 52.438.800,00	\$ 52.438.800,00
Transporte	Desde Medellín hasta el Municipio de Arjona	\$ 3.800.000,00
Instalación	\$ 4.500.000,00	
Mantenimiento		\$ 1.500.000,00
<b>Total Presupuesto</b>		<b>\$ 57.738.800,00</b>

Tabla 6. Precio de Venta Panel solar.

En el análisis financiero estableceremos este precio como objetivo, para verificar nuestra rentabilidad frente a los otros competidores, además, de ver si nuestra alternativa es viable condicionándola a los diferentes escenarios económicos que afectan directamente el precio.

#### 4.2.7. Amenazas Productos sustitutos

##### 4.2.7.1. Precio de venta productos Sustitutos

Se considera el costo de la planta eléctrica, los mantenimientos que se realizan con periodicidad semestral, y además el costo del combustible que es consumido durante la operación de las plantas eléctricas, estimando 9 horas de uso. Planteando con dos suministros de potencias diferentes, condicionándola a la potencia requerida por las herramientas y electrodomésticos requeridos para consumo energético de la vivienda.

Planta Eléctrica ASTROMACK 10 KVA / 10W PEA-10LA		
Especificaciones	Observaciones	Presupuesto
Proveedor	Astroquijos	
Inversión Inicial	\$ 6.890.000,00	\$ 6.890.000,00
Transporte	Desde Bogotá hasta el Municipio de Arjona	\$ 150.000,00
Mantenimiento semestral de las plantas Eléctricas	se realizan cambios de filtros y empaques, Inspección de embobinado, limpieza interna, verificación de Voltaje	\$ 300.000,00
Volumen de operación M3 de combustible	0,23	
Potencia en Hp	15	
Galones: 0.00378541 M3	60,75960068	
Gasolina MC (\$/galón)	\$ 9.409,00	
Costo de operación Diario (9 Horas)	\$ 63.520,79	
Costo de operación Mensual	\$ 1.905.623,61	
Costo de Anual	\$ 22.867.483,31	\$ 22.867.483,31
<b>Total Presupuesto</b>		<b>\$ 30.207.483,31</b>

Tabla 7. Precio de Venta Planta Eléctrica ASTROMACK 10 KVA / 10W PEA-10LA

Planta Eléctrica Honda Inverter de 4500 a 4,5Kw		
Especificaciones	Observaciones	Presupuesto
Proveedor	Barnes de Colombia S.A.S	
Inversión Inicial	\$ 3.800.000,00	\$ 3.800.000,00
Transporte	Desde Bogotá hasta el Municipio de Arjona	\$ 150.000,00
Mantenimiento semestral de las plantas Eléctricas	se realizan cambios de filtros y empaques, Inspección de embobinado, limpieza interna, verificación de Voltaje	\$ 300.000,00
Capacidad Litros de combustible	24	
Consumo total en Horas	9,1	
Galones: 0.264172 Litros	6,340128	
Gasolina MC (\$/galón)	\$ 9.409,00	
Costo de operación Diario (9 Horas)	\$ 59.654,26	
Costo de operación Mensual	\$ 1.789.627,93	
Costo de Anual	\$ 21.475.535,17	\$ 21.475.535,17
<b>Total Presupuesto</b>		<b>\$ 25.725.535,17</b>

Tabla 8. Precio de Venta Planta Eléctrica Honda Inverter de 4500 a 4,5Kw

### 4.3. Tamaño del mercado (Mercado Potencial)

La calidad de vida está determinada principalmente por las necesidades básicas insatisfechas (NBI) que tiene cada región del país, en este caso el municipio de Arjona ha disminuido su porcentaje de pasar de un 61,10% a un 58,75% entre 1993 y 2005 según datos del último censo del DANE realizado en 2019, representando así un 61,31% en la zona urbana en donde se ve una población con mayores carencias con respecto a su calidad de vida (CORPORACIÓN GRUPO ZILA, 2018).

Dentro de las necesidades básicas insatisfechas que presenta este municipio están las de salud, educación, infraestructuras y servicios públicos básicos. En nuestro caso nos interesa saber la distribución de servicios públicos en este municipio más específicamente el de energía eléctrica, ya que de acuerdo con la micro-localización realizada encontramos que este municipio presenta un déficit de energía eléctrica tanto en la zona urbana como en la rural. El 49,37% de la población rural no posee el servicio de energía eléctrica a diferencia de la

zona urbana con un 98,52% de cubrimiento en cuanto a este servicio. Claramente se puede observar el grave problema del déficit de energía en esta zona del país. (DANE, 2012)

La población en el municipio de Arjona para el año 2019, de acuerdo a las proyecciones poblacionales del DANE, es de 78.070 habitantes, que corresponden a 61.380 de las personas que habitan la cabecera municipal, representando un 78,62% de la población total, y 16.690 habitantes, para las personas presentes en el área rural (Corregimientos, veredas y rural disperso), que corresponde al 21,38% de la población total.

Área	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Cabecera Municipal	58.087	59.175	60.282	61.380	62.484
Rural	15.804	16.096	16.394	16.690	16.988
<b>Total</b>	<b>73.891</b>	<b>75.271</b>	<b>76.676</b>	<b>78.070</b>	<b>79.472</b>

*Tabla 9. Población Municipal período 2016 – 2020 DANE (2010)*

Los principales sectores económicos del municipio de Arjona, son la Ganadería, la agricultura y la pesca (J. G. Esther, 2016-2019), determinando un potencial de mercado para las zonas rurales, que además de no contar en un 49,37%, con sistema de interconexión eléctrica, representa el 75% de la explotación del área total de Arjona.

Sectores Económicos	Explotación de Tierras	Potencial	Productores
Ganadería	61,90%	42,00%	2.500
Agricultura y pesca	12,80%	37,00%	
<b>Total</b>	<b>75%</b>	<b>79%</b>	<b>2.500</b>

*Tabla 10. Sectores económicos Municipio de Arjona (J. G. Esther, 2016-2019)*

Según la entrevista telefónica con el coordinador de la Unidad de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA, Arjona cuenta con 2.500 productores, entre pequeños medianos y grandes en los sectores económicos de la región entre Ganadera, Agrícola y de pesca. Además, se considera el 8 % del Mercado Potencial que serían el porcentaje respectivo a los

grandes productores en el municipio de Arjona, teniendo así un mercado potencial de 200 productores en la región.

$$\mathbf{Mercado}_{Potencial} = 0,08 * 2500 = 200 \quad (\mathbf{Ec. 1})$$

Se realiza el cálculo de la cobertura del mercado, teniendo en cuenta la capacidad instalada, que podemos obtener del proyecto, de la que dependemos principalmente del tiempo de instalación que tomaría aproximadamente 15 días calendario, no se considera el tiempo de importación dentro de este contexto, porque se puede determinar como una planeación establecida en un cronograma de actividades, que se ajuste a los tiempos de entrega. Además, se pretende alcanzar un 70% de la cobertura máxima para el plazo proyectado, beneficiando a la población de este municipio, en principio el proyecto está planeado para abastecer a una sola vivienda que tiene 4 personas, y se espera a mediano plazo que si el proyecto es financieramente viable poder cubrir el total de viviendas en las zonas rurales sin sistema de interconexión nacional.

## 5. ESTUDIO DEL TÉCNICO

La energía eólica tiene su origen del sol, ya que este es el responsable de que se produzca el viento. Este se forma cuando la atmosfera de la tierra absorbe la radiación solar de forma irregular. En las zonas de mayor impacto solar el aire se calienta más, ocasionando que este se dilate y ascienda, formando bolsas de aire. En las zonas con mejor radiación el aire asciende menos y se concentra en bolsas sometidas a altas presiones, mientras que el aire caliente queda sometido a bajas presiones en bolsas más altas. Esta diferencia de presión hace que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión a las de baja, más altas. Este movimiento del aire es lo que llamamos “viento”. Esta es nuestra principal e inagotable fuente de energía y/o materia prima.

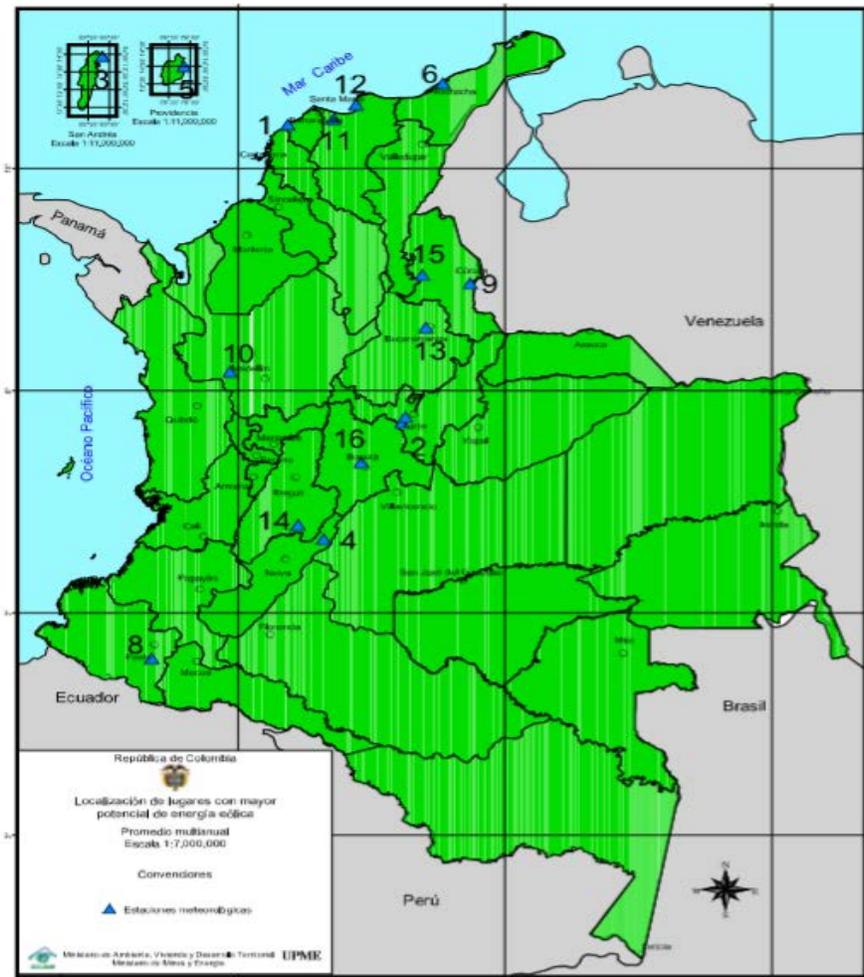


Fig. 24. Estaciones meteorológicas del IDEAM en puntos de potencial eólico (UPME, 2017, p.64).

Gracias a su geografía, Colombia tiene un potencial de interés energético para el aprovechamiento de las dinámicas atmosféricas. Concretamente el departamento de Bolívar ofrece un promedio de velocidad de viento anual de 5,9 m/s; lo que lo convierte en uno de los departamentos más privilegiados según las mediciones meteorológicas del IDEAM a lo largo del territorio nacional (UPME, 2017, p.64). No obstante, las mediciones son tomadas a una altura de 10 m de la superficie. Por tanto, considerando que la altura del aerogenerador a implementar tendrá de una altura entre 12 y 15 m, deberán extrapolarse los datos, ya que la velocidad del viento no se mantiene constante a medida que hay desplazamientos verticales (M. J. Cuesta, M. Pérez & J. A. Cabrera, 2008, p. 1 – 37).

VELOCIDAD DEL VIENTO EN ZONAS CON MAYOR APROVECHAMIENTO DE POTENCIAL EÓLICO					
ID	LONGITUD	LATITUD	ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO
1	75°16'W	10°47'N	GALERAZAMBA	BOLÍVAR	5.9
2	73°33'W	05°26'N	GACHANECA	BOYACÁ	5.5
3	81°43'W	12°35'N	AEROPUERTO SESQUICENTENARIO	ISLA DE SAN ANDRÉS	5.1
4	74°44'W	03°20'N	LA LEGIOSA	HUILA	4.1
5	81°21'W	13°22'N	AEROPUERTO EL EMBRUJO	ISLA DE PROVIDENCIA	4.0
6	72°56'W	11°32'N	AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA	LA GUAJIRA	4.0
7	73°30'W	05°32'N	VILLA DEL CARMEN	BOYACÁ	3.9
8	77°18'W	01°11'N	OBONUCO	NARIÑO	3.5
9	72°31'W	07°56'N	AEROPUERTO CAMILO DAZA	NORTE DE SANTANDER	3.3
10	76°07'W	06°20'N	URRAO	ANTIOQUIA	3.0
11	74°36'W	10°53'N	AEROPUERTO ERNESTO CORTISSOZ	ATLÁNTICO	2.9
12	74°14'W	11°08'N	AEROPUERTO SIMÓN BOLIVAR	MAGDALENA	2.9
13	73°11'W	07°08'N	AEROPUERTO PALONEGRO	SANTANDER	2.8
14	75°08'W	03°35'N	ANCHIOQUE	TOLIMA	2.7
15	73°14'W	08°05'N	ÁBREGO CENTRO ADMINISTRATIVO	NORTE DE SANTANDER	2.5
16	74°09'W	04°43'N	AEROPUERTO EL DORADO PISTAS 1 - 2	CUNDINAMARCA	2.2

Tabla 11. Velocidad promedio del viento en zonas con potencial eólico en Colombia (UPME, 2017, p.64).

No obstante, las mediciones son tomadas a una altura de 10 metros de la superficie, y considerando que la altura del aerogenerador a implementar será de unos 12 a 15 metros, deberá extrapolarse los datos, ya que la velocidad del viento no se mantiene constante a medida que hay desplazamientos verticales (M. J. Cuesta, M. Pérez, & J. A. Cabrera, 2008, p. 1 - 37).

### **5.1. Análisis de alternativas tecnológicas consideradas.**

Debido al grado general de experiencia en esta área, se inclinó por seleccionar el método de Ponderación Lineal (Scoring), el cual aborda situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información.

Etapas del modelo del Scoring. (F. A. Cortes, 2005)

Las etapas del método son las siguientes:

- (1) Identificar la Meta General del Problema.
- (2) Identificar las Alternativas.
- (3) Listar los criterios a emplear en la toma de decisión.
- (4) Asignar una ponderación para cada uno de los criterios.
- (5) Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
- (6) Calcular el Score para cada una de las alternativas. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar.

Aplicación de los pasos:

(1) Meta: Seleccionar la mejor alternativa de energía sostenible para los municipios de Bolívar con potencial eólico.

(2) Alternativas: Aerogenerador Horizontal, Aerogenerador Vertical

## Aerogenerador Horizontal

Este tipo de aerogeneradores debe su nombre a que tienen los ejes principales paralelos al suelo, y por lo general, necesitan un sistema de control de orientación al viento. Sus elementos de conexión se encuentran ubicados cerca al rotor, en lo alto de la estructura.

Respecto a sus palas, pueden estar de frente al viento (barlovento) o detrás del viento (sotavento). La ventaja de una posición de palas en barlovento es que evita el abrigo tras la torre, pero como desventaja, el rotor ha de ser lo más rígido posible. Para el caso de las palas en sotavento, el flujo de viento se distorsiona por entrar en contacto con la góndola antes de incidir sobre las palas; lo que puede crear fluctuaciones de potencia y, en consecuencia, cargas de fatiga.

También es importante considerar, que este tipo de aerogeneradores se pueden clasificar también de acuerdo con el número de palas; las cuales pueden ser con perfil de ala o multipala. Las primeras se denominan turbinas rápidas, que constan de dos o tres palas (lo cual no influye en la potencia del proporcionada) con aplicación en generación de energía eléctrica. En el caso de las multipala, están constituidas por múltiples placas metálicas de perfil no aerodinámico y poseen un par de arranque proporcional al número de palas y al diámetro. Ésta últimas son más utilizadas en aplicaciones de baja potencia.



*Fig. 25. Aerogenerador de 3 palas (izquierda) y turbina multipala (derecha)*

## Aerogenerador Vertical

Estos se caracterizan por tener sus ejes principales perpendiculares al suelo. Su principal ventaja es que captan el viento en cualquier dirección, por lo que no necesitan control de orientación. Las conexiones se realizan en el suelo, que representa mayor sencillez y menores costos; sin embargo, tienen una eficiencia mucho menor que los aerogeneradores de eje horizontal.



*Fig. 26. Aerogenerador vertical de rotor Darrieux*

### (3) Criterios:

- Vida útil
- Menor costo de implementación
- Eficiencia energética
- Calidad del servicio
- Aprovechamiento del Potencial Eólico
- Riesgo para aves endémicas o migratorias
- Bajo nivel de Riesgo industrial
- Tamaño de equipos
- Impacto Ambiental

(4) Asignación de una ponderación para cada criterio mediante el empleo de una escala de 5 puntos.

1 = muy poco importante; 2 = poco importante; 3 = importancia media; 4 = algo importante; 5 = muy importante.

Criterios	Ponderación
Vida útil	5
Menor costo de implementación	5
Eficiencia energética	4
Calidad del servicio	4
Aprovechamiento del Potencial Eólico	4
Riesgo para aves endémicas o migratorias	3
Baja Emisión de Gases Contaminantes	3
Bajo nivel de Riesgo industrial	3
Tamaño de equipos	3
Impacto Ambiental	5

Tabla 12. Criterios de análisis de alternativas tecnológicas consideradas

(5) Establecer el rating de satisfacción para cada Alternativa empleando una escala de 9 puntos.

1 = extra bajo; 2 = muy bajo; 3 = bajo; 4 = poco bajo; 5 = medio 6 = poco alto; 7 = alto; 8 muy alto; 9 = extra alto.

Establecer el rating de satisfacción para cada Alternativa empleando una escala de 9 puntos.

Criterios	Aerogenerador eje Horizontal	Aerogenerador eje Vertical
Vida útil	7	7
Menor costo de implementación	7	8
Eficiencia energética	8	6
Calidad del servicio	8	6
Aprovechamiento del Potencial Eólico	8	6
Riesgo para aves endémicas o migratorias	6	6
Baja Emisión de Gases Contaminantes	9	9
Bajo nivel de Riesgo industrial	6	6
Tamaño de equipos	7	7
Impacto Ambiental	8	8

Tabla 13. Criterios de Aerogenerador Horizontal y Vertical

(7) Calcular el Score para cada alternativa

Criterios	Ponderación	Aerogenerador eje Horizontal	Aerogenerador eje Vertical
Vida útil	5	7	7
Menor costo de implementación	5	7	8
Eficiencia energética	4	8	6
Calidad del servicio	4	8	6
Aprovechamiento del Potencial Eólico	4	8	6
Riesgo para aves endémicas o migratorias	3	6	6
Baja Emisión de Gases Contaminantes	3	9	9
Bajo nivel de Riesgo industrial	3	6	6
Tamaño de equipos	3	7	7
Impacto Ambiental	5	8	8
<b>Score o puntuación</b>		<b>290</b>	<b>271</b>

Tabla 14. Criterios de Ponderación Aerogenerador Horizontal y Vertical

El aerogenerador eje Horizontal obtiene el Score más alto de  $S = 290$ . Es la mejor alternativa a elegir.

## 5.2. Estudio energético de la vivienda

El estudio de potencia consiste en sumar la potencia que consumen todos los elementos eléctricos de la casa, no obstante, como todos estos elementos no funcionaran a la misma vez, se encontrara un coeficiente de simultaneidad del 60% es decir, como máximo se consume el 60% de la potencia instalada.

La energía eólica tiene su origen del sol, ya que este es el responsable de que se produzca el viento. Este se forma cuando la atmosfera de la tierra absorbe la radiación solar de forma irregular. En las zonas de mayor impacto solar el aire se calienta más, ocasionando que este se dilate y ascienda, formando bolsas de aire. En las zonas con mejor radiación el aire asciende menos y se concentra en bolsas sometidas a altas presiones, mientras que el aire caliente queda sometido a bajas presiones en bolsas más altas. Esta diferencia de presión hace que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión a las de baja, más altas. Este

movimiento del aire es lo que llamamos “viento”. Esta es nuestra principal e inagotable fuente de energía y/o materia prima.

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia (Kw)	Potencia total (Kw)	Horas consumo (h/día)	Total (Kw.h/día)
Refrigerador	1	0,30	0,30	24,00	7,20
Lavadora	1	0,20	0,20	0,25	0,05
Televisión	2	0,07	0,14	6,00	0,84
DVD	1	0,10	0,10	1,00	0,10
Plancha	1	0,80	0,80	0,15	0,12
Computador	2	0,30	0,60	0,90	0,54
Ventilador	2	0,12	0,24	15,00	3,60
Aire Acondicionado	1	1,25	1,25	12,00	15,00
Herramientas	1	0,80	0,80	3,00	2,40
Iluminación	Cantidad	Potencia (Kw)	Potencia (Kw)	Horas consumo (h/día)	Total (Kw.h/día)
Cocina	1	0,09	0,09	2,50	0,23
Baño	1	0,08	0,08	1,50	0,12
3 habitaciones	3	0,06	0,18	1,50	0,27
Salón	1	0,06	0,06	5,00	0,30
<b>Total</b>		<b>4,23</b>	<b>4,84</b>	<b>72,80</b>	<b>30,765</b>

Tabla 15. Consumo de potencia de electrodomésticos (Edenor, 2019)

De aquí se calcula la potencia mínima requerida para abastecer los requerimientos para el consumo de energía en la vivienda:

$$P_{mínima} = F * P_{Instalada} \text{ (Ec. 2)}$$

$$P_{mínima} = 0,5 * 4,84 \text{ Kw} = 2,904 \text{ Kw}$$

### 5.3. Desarrollo Técnico para el aerogenerador eje Horizontal

#### 5.3.1. Velocidad del viento

Según Cuesta y Pérez (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16) el método utilizado para realizar esta extrapolación, se supone que el viento sigue una evolución exponencial con la altura, sigue una ecuación expresada por la fórmula:

$$V_h = V_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^a \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde

$V$ : Velocidad a la altura  $h$

$V_0$ : Velocidad a la altura  $h_0$

$a$ : Coeficiente de rugosidad del terreno

Nivel de Rugosidad del Terreno	Coeficiente de Rugosidad (b)
No rugoso (arena, nieve mar)	0,10 - 0,13
Poco Rugoso (hierba, Campo de cereales)	0,13 - 0,20
Rugoso (Bosque, Casas Pequeñas)	0,20 - 0,27
Muy Rugoso (Edificios Grandes)	0,27 - 0,40

Tabla 16. Niveles de rugosidad del terreno (M. J. Cuesta, M. Pérez, & J. A. Cabrera, 2008, p. 1 - 37)

Se realiza el supuesto de que el aerogenerador se ubicara entre 12 m y 15 m de altura, además la zona donde se ubicara es Rugosa ( $b = 0,25$ ), de acuerdo a esto procedemos a calcular la velocidad corregida en las Ec.4 y Ec.5 respectivamente.

$$V_{12} = 5,9 * \left( \frac{12}{10} \right)^{0,25} = 6,18 \text{ m/s} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$V_{15} = 5,9 * \left( \frac{15}{10} \right)^{0,25} = 6,53 \text{ m/s} \quad (\text{Ec. 5})$$

### 5.3.2. $C_p$ Coeficiente de potencia

El coeficiente de potencia es conocido como límite de Betz. Esta ley dice que solo puede convertirse menos del 0,593 de energía cinética del viento en energía mecánica, es decir cómo máximo puede extraerse un 59,3% de la energía cinética total del viento. Parece algo bastante bajo, pero en realidad la gran mayoría de aerogeneradores operan por debajo de este límite.

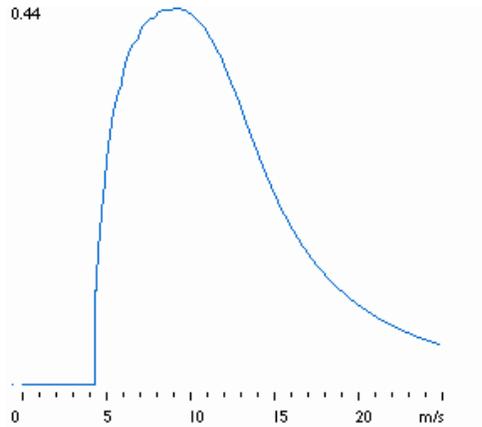


Fig. 27. Coeficiente de Potencia (DWIA, 7 de mayo de 2003).

Suponiendo un rendimiento aerodinámico de 50%, ya que como observamos en la figura 4, en este rango se encuentra el aerogenerador de tres alabes, muy utilizado en aerogeneradores de baja potencia.

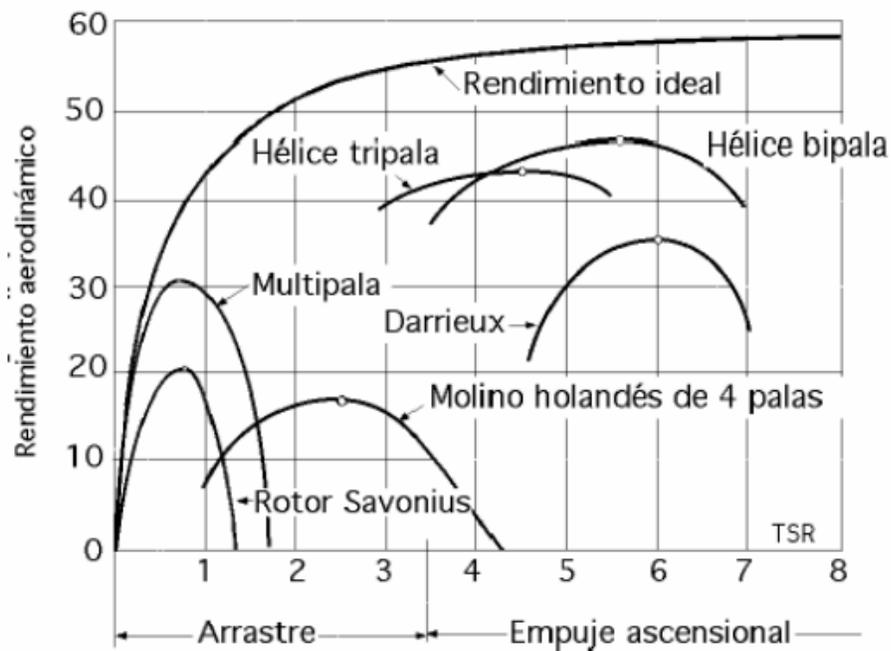


Fig. 28. Rendimiento aerodinámico de varios aerogeneradores (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16)

### 5.3.3. Variación del viento

Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de la velocidad del viento. Esto es así ya que los proyectistas necesitan la información para optimizar el diseño de los aerogeneradores y poder minimizar sus costes. Un modelo utilizado para describir la variación del viento en un emplazamiento dado es la Distribución de Weibull.

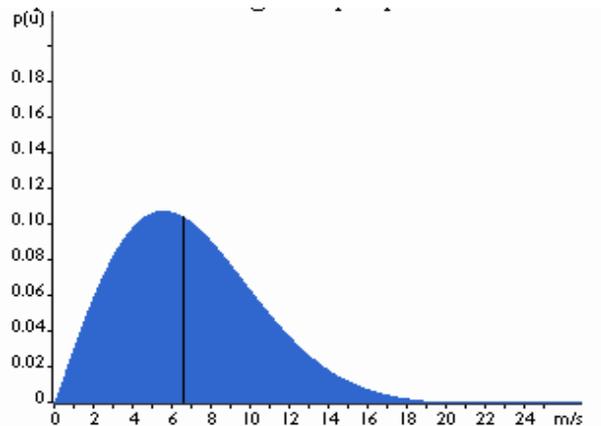


Fig. 29. Distribución Weibull (DWIA, 7 de mayo de 2003).

El gráfico de la Fig. 4 muestra una distribución de probabilidad. El área bajo la curva siempre vale exactamente 1, ya que la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, incluyendo el cero, debe ser del 100 %. La distribución de Weibull indica que la probabilidad de que sople el viento a bajas velocidades es más alta que en el caso de que sople a altas velocidades; si mide las velocidades del viento a lo largo de un año se puede observar que en la mayoría de áreas los fuertes vendavales son raros, mientras que los vientos frescos y moderados son bastante comunes.

La distribución estadística de las velocidades del viento varía de un lugar a otro del globo, dependiendo de las condiciones climáticas locales, del paisaje y de su superficie.

Un aspecto a destacar en el momento de diseñar un aerogenerador es que no basta con tomar datos de las velocidades y después utilizar la velocidad media para los cálculos, hay

que ponderar la probabilidad de cada velocidad del viento con la correspondiente cantidad de potencia que es capaz de extraer a esa velocidad.

#### **5.3.4. Emplazamiento**

A la hora de seleccionar un emplazamiento correcto para instalar un aerogenerador no es suficiente hacer un estudio de los mapas eólicos ni tomar medidas de viento en el lugar. Además de esto hay que tener en cuenta otros factores que pueden influir mucho en el futuro comportamiento del aerogenerador.

Las velocidades del viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre. En general cuanto más pronunciada sea la rugosidad del terreno mayor será la ralentización que experimente el viento. Las turbulencias disminuyen la posibilidad de utilizar la energía del viento de forma efectiva en un aerogenerador. Las turbulencias producen mayores roturas y desgastes en la turbina eólica.

Los obstáculos que se encuentra el viento tales como edificios, árboles, formaciones rocosas, etc. Pueden disminuir la velocidad del viento de forma significativa y a menudo crean turbulencias en torno a ellos. Así pues, lo mejor es evitar grandes obstáculos cerca de turbinas eólicas y en particular si se encuentran situados justo en frente.

Cada aerogenerador crea un abrigo en la dirección en la que sopla el viento, es lo que se conoce como efecto estela. De hecho, se crea una estela tras la turbina, es decir, una larga cola de viento bastante turbulenta y ralentizada. Por esto en los parques eólicos para evitar este efecto, se debe mantener una distancia mínima entre turbinas.

Otro efecto a considerar es el efecto túnel que consiste en situar el aerogenerador en un paso estrecho entre montañas. De esta manera el aire se comprime en la parte de la montaña que está expuesta al viento y su velocidad aumenta considerablemente. Otra forma corriente de emplazar aerogeneradores es situarlos en colinas. En las colinas se aprecian velocidades de vientos superiores que en las zonas circundantes.

Así pues, es importante ubicar los aerogeneradores en la dirección de los vientos dominantes, con mínimos obstáculos y una rugosidad lo más baja posible en esa dirección teniendo en cuenta efectos colinas y túnel.

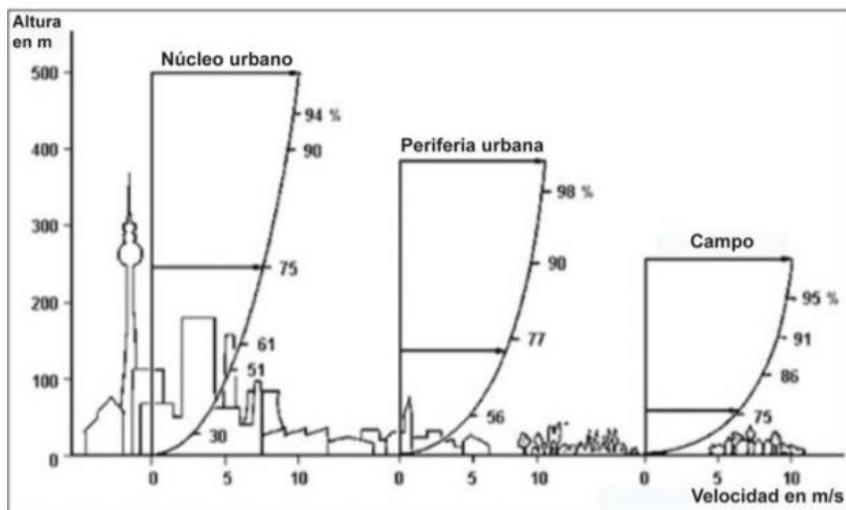


Fig. 30. Variación Velocidad del viento con la altura (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16)

### 5.3.5. Diámetro de la turbina

Se realizará el cálculo de la potencia, teniendo en cuenta varios tipos de diámetro para la turbina. Los diámetros con los que se realizarán el cálculo de potencia serán de 2,3,4,5 y 6 metros.

Diámetro (m)	Radio (m)	Área (m <sup>2</sup> )
2	1	3,1416
3	1,5	7,0686
4	2	12,5664
5	2,5	19,635
6	3	28,2744

Fig. 31. Diámetros y áreas de turbinas,

## 5.4. Estudio eólico

La ecuación que nos indica la energía cinética que tiene una masa, viene dada por.

$$E_c = 1/2 m * v^2 \text{ (Ec. 6)}$$

Donde:

$E_c =$  Energía cinética

$m =$  Masa de aire móvil

$v =$  Velocidad de la masa del aire

Pero el caso que nos interesa, no es la energía cinética de un objeto, sino de un flujo de aire que atraviesa el área que cubre las aletas de un aerogenerador. La potencia disponible en el aire es:

$$P = \frac{\rho * A * v^3}{2} \text{ (Ec. 7)}$$

Donde:

$P =$  Potencia disponible en el aire

$A =$  Superficie que cubre el aerogenerador

$v =$  Velocidad del viento

$\rho =$  Densidad del aire  $1,225 \text{ kg/m}^3$

Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Coefficiente de potencia Cp	Área (m)	Potencia total (Kw) $P = \frac{\rho * A * v^3}{2}$	Potencia extraída (Kw) $P * Cp$
2	6,18	0,5	3,1416	0,454	0,227
3	6,18	0,5	7,0686	1,021	0,510
4	6,18	0,5	12,5664	1,817	0,908
5	6,18	0,5	19,635	2,839	1,419
6	6,18	0,5	28,2744	4,088	2,044
8	6,18	0,5	50,2656	7,267	3,633

Fig. 32. Variables para la obtención de la potencia extraída para una velocidad de 6.18 m/s. Elaboración propia.

Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Coefficiente de potencia Cp	Área (m)	Potencia total (Kw) $P = \frac{\rho * A * v^3}{2}$	Potencia extraída (Kw) $P * Cp$
2	6,53	0,5	3,1416	0,536	0,268
3	6,53	0,5	7,0686	1,206	0,603
4	6,53	0,5	12,5664	2,143	1,072
5	6,53	0,5	19,635	3,349	1,674
6	6,53	0,5	28,2744	4,822	2,411
8	6,53	0,5	50,2656	8,573	4,286

Fig. 33. Variables para la obtención de la potencia extraída para una velocidad de 6.53 m/s. Elaboración propia.

### 5.5. Tamaño de aerogeneradores

En las últimas décadas, el tamaño de las turbinas eólicas ha aumentado significativamente. Las turbinas eólicas terrestres alcanzaron un punto donde el tamaño depende en gran medida de la posibilidad de transportar las hélices a la ubicación de montaje y el costo de este. No hace falta decir que el transporte de hélices con longitudes superiores 30 metros pueden presentar problemas con el radio de giro y la curvatura de la carretera. Una alternativa sería Llevar estas cuchillas en helicóptero si es posible.

Para nuestro caso, al ser una aplicación doméstica, sin gran demanda de energía se diseña un aerogenerador de 8 m de diámetro de las hélices, para poder cubrir la demanda requerida de 2,904 w con un factor de seguridad del 67,8%, de acuerdo con la capacidad de potencia requerida., además, debe contar con una torre que se levanta sobre el suelo a una altura de 15 metros, para alcanzar la velocidad promedio de 6,53 m/s.

### 5.6. Descripción del proceso

El proceso llevado a cabo para la generación de energía eléctrica y su distribución, consiste en la transformación de energía cinética a energía eléctrica por parte del micro aerogenerador, para luego ser llevada a un regulador, que controla la generación de energía previniendo la sobrecarga y descarga de las baterías, para finalmente ser almacenada en estas. El transporte de esta energía se realiza por medio de cables de alta tensión, para su distribución, generación

y almacenamiento a los hogares, la energía generada es convertida de corriente continua a corriente alterna por medio de un inversor, y así finalmente utilizada domésticamente.

## 5.7. Características de los aerogeneradores

Nuestros insumos en el proyecto se resumen en un equipo general llamado “aerogenerador”, son máquinas que se encargan de capturar la energía del viento y transformarla en energía eléctrica. A continuación, describimos las partes que componen el aerogenerador.

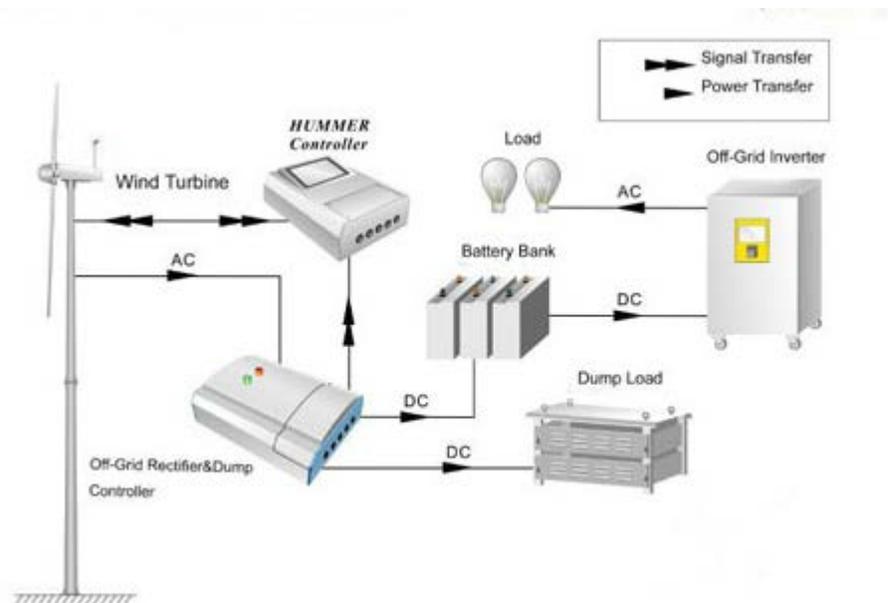


Fig. 34. Componentes de un aerogenerador de eje horizontal (WIND TURBINE H8.0-10KW)

- Las palas son elementos del aerogenerador que capturan la energía cinética del viento.
- El buje es el elemento que realiza todas las palas del aerogenerador.
- El multiplicador permite la multiplicación de velocidad, adaptando el eje de baja velocidad al eje de alta velocidad donde se acopla el generador.
- El generador está formado por una máquina eléctrica encargada de transformar la energía mecánica de rotación en energía eléctrica.
- Algunos aerogeneradores incorporan un controlador electrónico que tiene un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador.

- El bastidor o góndola es la estructura en la cual se montan los distintos componentes de aerogenerador.
- La torre es el componente que sustenta todo el conjunto del aerogenerador y la une al suelo.

Adicional a todo esto, se necesita cableado que transporte la energía eléctrica producida en el aerogenerador a la vivienda donde se le dará posterior uso (CIRCE, 2008, Oct, p.3 – 16).

### ***5.7.1. Dispositivos***

#### **5.7.1.1. Aerogenerador**

Como ya se ha mencionado antes, un aerogenerador es un conjunto de partes electrónicas, eléctricas y mecánicas, que interactúan dentro de un sistema mayor para aprovechar el potencial eólico para la conversión de la energía cinética de los vientos en energía eléctrica. Para el caso particular, se utiliza un aerogenerador horizontal de tres palas, unidas por un disco generador y soportador por un mástil como estructura en fibra de vidrio. Dicho disco se conecta mecánicamente a una góndola, en cuyo interior se encuentran algunas tarjetas de control, sensores, reductores y elementos de conversión de energía.

#### **5.7.1.2. Controlador de turbina eólica**

La corriente eléctrica que proviene del aerogenerador es alterna (AC) trifásica, la cual no es apta para recargar el banco de baterías del sistema. Éste requiere ser alimentado con corriente directa constante (DC); pero para ello, se debe realizar una debida conversión de AC a DC, mediante un inversor de corriente trifásico, dividido en dos partes: una de potencia y otra de control.

Hablando específicamente del control, este debe hacer una identificación de los cruces por cero de cada una de las fases, para activar de manera sincronizada los respectivos elementos

de rectificación de corriente en la etapa de potencia. Por tanto, el controlador se compone de una tarjeta electrónica que no solamente sincroniza el inversor de corriente, sino que también recibe señales del estado del aerogenerador para controlar regular la velocidad del rotor, y también controla el estado de recarga del banco de baterías para evitar picos de voltajes producidos por los efectos inductivos del aerogenerador.

#### **5.7.1.3. Rectificador y derivador de carga**

Como ya se ha mencionado, el aerogenerador alimentará un banco de baterías, que son las que garantizan un suministro de energía sin interrupciones. Sin embargo, dichas baterías deben cargarse con corriente en DC, y para evitar daños en el sistema, se debe interrumpir y desviar la corriente adicional cuando el banco de baterías esté totalmente cargado. Por tanto, el sistema cuenta con un rectificador no conectado a la red eléctrica (Sistema Interconectado Nacional), que realice ambas funciones, y el cual es monitoreado por el controlador, quien le indica cómo realizar el proceso de rectificación de corriente.

#### **5.7.1.4. Banco de baterías**

El sistema cuenta con un conjunto de baterías de recargables de litio, con una capacidad de 2000 A/h (esto significa, que pueden suministrar hasta una corriente de 2000 A en una hora, o un consumo hasta de 20 A en 100 horas), a un voltaje constante (generalmente para Colombia los equipos de hogar se establecen a 110VAC).

La función principal de un banco de baterías es garantizar una disponibilidad continua de energía para los requerimientos y cargas del usuario final. Por tanto, debe contar con un ciclo de al menos 1000 recargas, cuya corriente la obtienen del rectificador del sistema.

#### **5.7.1.5. Carga de desvío**

Para evitar picos de voltaje del sistema a causa de la desconexión de las baterías cuando estén completamente cargadas, la carga de desvío entra para que el sistema no quede con carga de vacío, lo que dificultaría el proceso de recarga de las baterías. Para ello, la carga de

desvío se constituye como una carga Resistiva-Capacitiva-Inductiva (RLC), que ayuda además a la supresión de otros tipos de transitorios o ruidos generados en el sistema.

#### 5.7.1.6. Inversor DC/AC

Inicialmente se utilizó un procedimiento de conversión de corriente alterna a continua para la recarga de las baterías. Sin embargo, es necesario convertir nuevamente a corriente AC monofásica para alimentar las cargas finales del usuario (bombillas, motores, electrodomésticos, entre otros). A diferencia del conversor AC/DC trifásico, no se requiere un controlador, ya que no se necesita hacer una conmutación para generación sincronizada de tres fases, ya que solo se manejará un sistema con salida monofásica.

#### 5.8. Fase de Instalación

Durante la realización de esta fase del proyecto, es donde se hace necesaria la mayor participación de personal, con conocimiento técnico para coordinar y ejecutar cada una de las actividades necesarias para el montaje de los aerogeneradores de baja potencia descritas en la WBS.

MANO DE OBRA	CANT.	RESPONSABILIDADES	SALARIO MENSUAL AÑO 2020
Director de proyectos	1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asesorar al área de mercadeo y/o presupuestos cuando sea requerido, antes de realizar una oferta comercial, en los recursos y el personal necesarios, para controlar y facilitar el buen desarrollo de la obra.</li> <li>2. Apoyar situaciones técnicas, resolver o arbitrar inconvenientes, asistir la planeación (scheduling), crear y monitorear presupuestos, asignar equipos de trabajo, reportar a los niveles superiores de la organización, supervisar la Unidad Estratégica de negocios, procurar los recursos, tomar decisiones críticas asociadas a la gerencia de los proyectos, proveer experiencia y conocimiento, y ayudar a hacer las cosas.</li> <li>3. Asegurar la metodología para la investigación, planeación y ejecución de nuevos productos y servicios, con el fin de que ésta nueva oferta siga un proceso de análisis antes de realizar inversiones que puedan afectar al proyecto</li> <li>4. Garantizar a la gerencia general el incremento de las operaciones utilizando nuevas tecnologías para tener una mejor visibilidad de las ventas, integrar sistemas y tener informes en tiempo real, con el fin de que le permitan tomar decisiones basadas en información verdadera y actual.</li> </ol>	\$ 3.500.000,00

SISOMA – Tecnólogo	1	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1.</b> Planificar, organizar, dirigir, desarrollar y aplicar el SG-SST.</li> <li><b>2.</b> Promover la participación de todos los miembros del proyecto en la implementación del SG-SST.</li> <li><b>3.</b> Coordinar con los jefes de las áreas, la elaboración y actualización de la matriz de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos y hacer la priorización para focalizar la intervención.</li> <li><b>4.</b> Validar o construir con los jefes de las áreas los planes de acción y hacer seguimiento a su cumplimiento.</li> <li><b>5.</b> Gestionar los recursos para cumplir con el plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y hacer seguimiento a los indicadores.</li> <li><b>6.</b> Coordinar las necesidades de capacitación en materia de prevención según los riesgos prioritarios y los niveles de la organización.</li> <li><b>7.</b> Implementación y seguimiento del SG-SST.</li> </ol>	\$ 1.995.000,00
Ingeniero de proyectos Senior	1	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1.</b> Hacer seguimiento a las obras en ejecución, mediante la verificación en campo del avance en ella, los informes del auditor técnico, el contacto directo con el cliente y los resultados de la evaluación de valor ganado, con el fin de obtener información de primera mano para tomar decisiones correctivas o de ajuste presupuestal (adicionales). Consultar la evaluación del servicio proveniente del área de mercadeo revisando periódicamente la información consignada en planes de acción, con el fin de conocer el nivel de satisfacción de los clientes.</li> <li><b>2.</b> Determinar la utilización de los recursos disponibles, a partir del conocimiento de las necesidades reales en obra, para hacer un buen uso de los recursos humanos, técnicos y logísticos según el tipo de proyecto y las habilidades del personal.</li> <li><b>3.</b> Garantizar que las evaluaciones del personal sean realizadas en los tiempos o periodos establecidos con el fin de tener información objetiva para renovación o cancelación de contratos.</li> <li><b>4.</b> Dirigir a los supervisores en los temas referentes a utilización eficiente del recurso humano y técnico, registro de tiempo de trabajadores, medición de tiempos, control de materiales y fungibles, cálculo de los trabajos, con el fin de que éstos transmitan y comuniquen efectivamente las instrucciones a los trabajadores y la obra se lleve a cabo según lo presupuesto.</li> <li><b>5.</b> Definir los productos y servicios según las unidades estratégicas de negocio y el personal disponible a través de su conceptualización dentro del Sistema de Gestión Integral para poder realizar seguimiento, control y mejoras futuras.</li> </ol>	\$ 3.000.000,00
Encargado líder técnico	1	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>1.</b> Garantizar que los proyectos que se ejecuten en la obra y se desarrollen de acuerdo con lo presupuestado el plazo, y calidad exigida, cumpliendo con la rentabilidad esperada.</li> <li><b>2.</b> Apoyar situaciones técnicas, resolver o arbitrar inconvenientes, asistir en la planeación con el ingeniero, crear y monitorear presupuestos tomar decisiones críticas asociadas a los proyectos, proveer experiencia y conocimiento, y ayudar a hacer las cosas</li> <li><b>3.</b> Tomar las medidas disciplinarias referente a las fallas de sus subalternos sugiriendo la acción correctiva a tomar, o el cambio de personal en caso de ser necesario, mediante documentos</li> </ol>	\$ 1.365.000,00

		físicos que ilustren la situación y sirvan de soporte para tomar la decisión más conveniente a la compañía.	
Auxiliar líder técnico	1	1. Responsable de ejecutar los proyectos, procesos y mantenimientos mecánicos y eléctricos que sean designados por el jefe directo o el cliente de acuerdo con las ordenes de trabajo establecidas.	\$ 1.102.500,00
Ayudantes de Primera	1	1. Ejecutor de trabajos de alto riesgo. (trabajos en alturas, espacios confinados y trabajos caliente. 2. Garantizar el perfecto funcionamiento de los equipos con el fin de asegurar el cumplimiento del producto y servicio a los clientes	\$ 997.500,00
Ayudantes Básico	1	1. Ejecutar los montajes, mantenimientos y servicios que le sean asignadas. 2. Seguir con los lineamientos establecidos por el equipo de trabajo. 3. Manejo de Herramienta eléctricas y mecánicas	\$ 828.116,00
Total de Nomina	7		\$ 42.845.232,00

*Tabla 17. Responsabilidades del personal*

La nómina del personal fue establecida de acuerdo al Decreto No 2451 del salario mínimo 30/12/2016, teniendo en cuenta los valores salariales del mercado colombiano (HAYS Recruiting experts worldwide, 2018), además para la proyección de los cinco años establecidos en el proyecto, se estableció el incremento del IPC Anual.

Periodo	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
Índices del precio al consumidor IPC	3,50%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%

*Tabla 18. Índices de precio al consumidor. (Bancolombia Capital Inteligente. Octubre, 2018)*

Cada uno de los salarios incluye el factor prestacional del 51,29%, incluyendo el subsidio de transporte establecido en el Decreto No 2452, además, de constituir los contratos a término fijo por un año, prolongándose hasta el horizonte del proyecto.

### **5.8.1. Maquinaria, equipos y Herramientas**

- Equipos para trabajos en alturas
- Herramientas y elementos de perforación

- Equipos de soldadura
- Equipos de Elevación
- Generadores Eléctricos
- Reflectores
- Remachadoras y Ponchadoras
- Prensas
- Tarrajas y Machuelos
- Cortatubos y Doblatabos
- Sierracopas
- Herramientas Menores



*Fig. 35. Equipos de elevación (Front Generator Wind Turbine, 2019)*

De acuerdo a la LEY 1834 la cual fomenta la economía naranja, se establece que los activos de la empresa tendrán una depreciación acelerada, por lo tanto, las reinversiones en maquinaria, equipos y herramientas podrán ser descontadas del estado de resultados, obteniendo así un mayor beneficio para el modelo de negocio.

### ***5.8.2. Normas técnicas estándar que aplican para el proyecto***

- RETIE: reglamento técnico de instalaciones eléctricas
- NTC 2050 código eléctrico colombiano
- LEY 142 DE 1992 ley de servicios públicos domiciliarios.
- LEY 143 DE 1992 ley eléctrica
- NTC 1057 tercera actualización electrotecnia.
- TRANSFORMADORES. VALORES NOMINALES DE LAS POTENCIAS APARENTES.
- NTC 3704 gestión ambiental.
- AIRE AMBIENTE. Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire ambiente.
- NTC 2416 energía eléctrica
- Vocabulario. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Generalidades
- NTC-IEC 34-9 primera actualización maquinas eléctricas rotatorias.
- Límites de ruido.
- NTC-OHSAS 1800
- Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.
- NTC-ISO 10006 tercera actualización sistemas de gestión de la calidad.
- Directrices para la gestión de la calidad en proyectos.
- GTC 81 GUÍA para el equipamiento electromecánico de pequeñas instalaciones hidroeléctricas. Icontec.

### ***5.8.3. Normas de seguridad industrial***

Un sistema de gestión de seguridad, salud laboral y ocupacional propicia las bases para minimizar los riesgos relevantes a la salud, accidentes e higiene relacionados con las labores. Inclusive pretende reducir litigación por efectos sobre personal externo a la organización. Esta gestión proporciona un mejor desempeño de las actividades y procesos resultando en

reducción de costos la cual favorece la imagen de la organización ante la comunidad y mercado.

1. Uso de EPP-Equipos de Protección Personal:

Protección de cabeza según norma	ANSI Z89.1
Protección de pies	ASTM F2412-05 F2413-05
Protección de ojos y cara	ANSI Z87.1
Protección contra caídas	ANSI Z359.1
Protección respiratoria	Certificados por NIOSH
Protección auditiva	NRR adecuado

2. Protección Auditiva y control de Ruido Ambiental: Los equipos de protección auditiva se seleccionan sobre la base del nivel del ruido existente en el área (reglamento técnico DGNTI-COPANIT 44-2000), considerando que atenúen el nivel de ruido en el oído a 85 dBA o menos. El informe de ruido sobre el control de ruido ambiental debe contener como mínimo la información solicitada en la norma ISO 1996-2.
3. Protección Respiratoria: El respirador se selecciona basándose en la concentración de los contaminantes atmosféricos y el APF (Assigned Protection Factor- factor de protección asignado - por sus siglas en inglés). La concentración medida (CM) dividida entre el APF debe ser menor o igual al CPT o CCT.
4. Trabajo Eléctrico de Alto y Bajo Voltaje: se reglamenta según Resolución No. 711 de 22 de marzo de 2006 (RIE), Resolución No. CDZ 26 de 10 de octubre de 2003 (Licencias electricistas CBP) y Resolución No. 114 de 27 de noviembre de 1974 (Licencias electricistas JTIA).
5. Puesta a tierra: se debe cumplir con lo establecido en la Resolución No. 711 de 22 de marzo de 2006 (RIE).

6. Trabajo en caliente: se evalúa el lugar de trabajo para esas áreas designadas para trabajo en Caliente y se deben evaluar anualmente

#### ***5.8.4. Tiempos de entrega***

- El tiempo de entrega de elementos importados en de 35 días calendario,
- Obra Civil en 2 días calendario
- Montaje de aerogenerador 3 días calendario
- Obras Mecánicas y Eléctricas

El total del tiempo del proyecto para la instalación del aerogenerador de 10 días calendario de acuerdo al Anexo 4.1. Cronograma de Actividades Venta y Mantenimiento de aerogeneradores de Baja Potencia:

Hito No 1: Planeación y preparación del montaje

Hito No 2: Montaje de elementos de procedencia nacional.

Hito No 4: Montaje de elementos importados.

Hito No 5: Arranque y prueba de funcionamiento de los equipos

Hito No 6: Capacitación al personal.

El tiempo de la obra inicia una vez se efectúe el pago del anticipo respectivo y la aprobación de los planos de montaje.

#### **5.9. Fase de Generación de energía**

El proceso de generación de energía, no demanda la contratación de personal permanente, estos se hacen necesarios solo durante las actividades de mantenimiento.

Para el mantenimiento de las instalaciones serían suficientes 2 personas de conocimiento técnico.

### **5.9.1. Mantenimiento anual del sistema**

El mantenimiento del sistema se realizará anualmente. Este servicio solo contempla inspección, mediciones, limpieza y ajustes de partes del sistema. No se incluye la reposición o cambio de partes, salvo la garantía por defectos de fabricación acorde a las políticas de garantía del fabricante.

Después de 4 Años de la puesta en funcionamiento de los equipos se deberá realizar un mantenimiento correctivo de los siguientes elementos de acuerdo a regimentaciones especificadas por el Fabricante:

### **5.9.2. Consideraciones iniciales generales**

Las siguientes son recomendaciones que deben de tenerse en cuenta para el adecuado funcionamiento y rendimiento óptimo del aerogenerador.

- El cuidado y mantenimiento del sistema es fundamental para su buen funcionamiento. Sin una correcta planificación y realización de los programas de mantenimiento aun el mejor sistema puede fallar o disminuir su rendimiento.
- La responsabilidad del funcionamiento y mantenimiento adecuado de los sistemas del aerogenerador está a cargo del propietario y éste deberá proveer accesibilidad a los componentes del sistema que requieran de inspección, prueba o mantenimiento.
- El propietario del sistema deberá poseer registro de todas las inspecciones, pruebas y mantenimiento del sistema y sus componentes y deberán estar disponibles para la autoridad competente cuando ésta los requiera. Los registros deben indicar el procedimiento realizado (inspección, prueba o mantenimiento), la organización que lo realizó, el resultado y la fecha. Éstos registros deberán ser almacenados por el propietario en conjunto con los planos, pruebas de aceptación originales y fichas técnicas de los elementos instalados.
- El sistema que el propietario posee en sus instalaciones ha sido diseñado para otorgar la potencia requerida en cuanto al consumo de los electrodomésticos y herramientas que se identificaron al momento de calcular la capacidad y no debe ser utilizado para

ningún otro propósito.

- El personal para ejecutar estas labores deberá estar calificado y con experiencia en montaje y mantenimiento de turbinas de viento, quien seguirá las instrucciones dadas por el fabricante.
- Antes de ejecutar el trabajo de mantenimiento, el personal técnico debe estar al tanto de la peligrosidad o riesgo asociado a la manipulación de los equipos y trabajar con los respectivos cuidados. Se debe contemplar por tanto equipos de protección personal, verificación de ARL y permisos de alturas y demás permisos aprobados por el supervisor del área a intervenir.

#### **5.9.2.1. Rutina de mantenimiento para el aerogenerador**

El aerogenerador es el equipo del sistema que más componentes mecánicas presenta, y requiere especial énfasis en limpieza y lubricación de sus partes; debido a que es el equipo más expuesto a la intemperie. Los procedimientos para su mantenimiento se describen a continuación:

##### **5.9.2.1.1. Inspección visual**

- Verificación visual y de ruidos de la estructura, identificando golpes, fisuras, fracturas, doblajes o hendiduras en el mástil, las alas y la góndola.
- Inspección de la base y obras civiles adjuntas. Verificación de fisuras, presencia de moho o humedad, inspección de oxidación en pernos.
- Verificar presencia de agua al interior del generador o la góndola.
- Inspección visual de componentes internos (tornillería faltante, estado de sensores, sulfatación de borneras y pistas en tarjetas electrónicas), presencia de hollín, verificación de ajuste de componentes y rotación de la veleta.
- Verificación del estado de los empaques y cauchos.
- Inspección del cableado, verificación del aislamiento y sulfatación en conectores o al interior del cable.

- Inspección de las cajas de paso para identificar inundación por agua o lodo.
- Inspección y excavación de la puesta a tierra, oxidación de varillas y mallas, remoción de material y coloración del suelo.

#### **5.9.2.1.2. Limpieza**

Por ser la estructura en su mayoría en fibra de vidrio, se usarán químicos, esponjas y paños suaves (sin alcohol), así como limpiadores de contactos para los circuitos electrónicos.

- Limpieza de suciedad y excrementos en cubiertas, alas, y mástil.
- Limpieza de contactos, escobillas y tarjetas electrónicas.
- Limpieza de empaques, interior de carcazas, motorreductor, generador y caja de cambios de cualquier mancha y material biológico (insectos, plumas, telarañas, excrementos.)
- Limpieza de la cubierta del cableado, cajas de paso (remoción de hojas, lodo, tierra, roedores, insectos), e interior de tuberías hasta donde sea posible.
- Limpieza de pernos, desoxidación de tornillería, y elementos metálicos del equipo.
- Limpieza de la conexión a tierra, remoción de metales, lodo, y elementos que alteren su conductividad.

#### **5.9.2.1.3. Lubricación**

Dado que el equipo presenta partes móviles, rotatorias, o que requieren de restauración de líquidos, se deben seguir los siguientes procedimientos, usando los lubricantes recomendados por el fabricante:

- Lubricación de caja de engranes.
- Lubricación y engrase de rodamientos del motorreductor.
- Lubricación de rodamientos del rotor del generador.

- Restauración de sales, solutos y conglomerados granulados de la puesta a tierra (realiza procedimiento al tiempo que se hacen mediciones de conductividad y resistividad.)

#### **5.9.2.1.4. Ajustes**

Es importante garantizar que las partes se mantengan unidas y funcionales. Por tanto, es necesario:

- Asegurar y apretar las piezas mecánicas, tornillos empaques, pernos, engranes y fijadores roscados.
- Realizar verificación del ajuste del cableado, asegurar a las canaletas respectivas, y volver a soldar las conexiones débiles.
- Reemplazo y ajuste de partes (reconocidas previamente por la garantía del fabricante), o por deterioro evidente del mismo. Es importante, que se cumpla siempre las especificaciones del fabricante, considerando los diámetros máximos para el calibre en el cableado, de modo que pueda deslizarse sin problemas por las tuberías instaladas.

#### **5.9.2.1.5. Mediciones**

Muchas de las mediciones se realizan con las pruebas de puesta en marcha del equipo (con el sistema completo). Sin embargo, se deben considerar, además:

- Mediciones de resistividad y conductividad de mallas para la puesta a tierra.
- Medición de conductividad o aislamiento del cableado.
- Mediciones de conductividad en las pistas de tarjetas electrónicas.
- Giro manual de las alas para medir inducción de voltaje en el generador.
- Medición de voltajes y corrientes de los sensores para constatar correcto funcionamiento.
- Medición de voltaje de baterías internas.

#### **5.9.2.1.6. Pruebas de funcionamiento**

Las pruebas de funcionamiento se realizan en conjunto con el resto del sistema. Básicamente consiste en verificación de movimiento en las partes mecánicas, y medición de voltaje y corriente hasta la entrada del rectificador AC/DC.

## 6. ESTUDIO LEGAL

Según el marco legal colombiano, existe una jerarquización de normas y estatutos que deben aplicarse tanto a nivel nacional como regional. En primera instancia, el proyecto en sí y sus interesados, deben respetar la constitución política, como carta legítima y base jurídica para las demás disposiciones. Bajo la teoría jurídica de Kelsen, existe una norma fundante basada en la constitución, pero a partir de allí hay estatutos subsecuentes que, en base a la primera, amplían el espectro normativo, sin que dichas normas pierdan su valor (J. Ugarte, 1995, p. 109 -118).



Fig. 36. Pirámide de ordenamiento jurídico de Hans Kelsen (J. Ugarte, 1995, p. 109 -118).

De este modo, el proyecto debe cumplir con lo consignado en la Carta Magna colombiana, las leyes orgánicas, las resoluciones legislativas, los decretos y ordenanzas ejecutivas, los acuerdos municipales y las políticas institucionales. Por tanto, el estudio deberá ser lo suficientemente estructurado, para dar bajo un nivel de prefactibilidad la posibilidad de vislumbrar tropiezos jurídicos para el proyecto.

## **6.1. Marco legal e Institucional de las energías renovables en el País**

El sector de energía eléctrica está dividido en generación, transmisión, distribución y comercialización. La estructura del mercado de energía eléctrica se fundamenta en las Leyes 142 (Ley de Servicios Públicos) y Ley 143 (Ley de Electricidad) de 1994, las cuales establecen al ente regulador CREG los siguientes principios: promover y regular la competencia para desarrollar un mercado competitivo de energía eléctrica, crear un mercado eficiente para la generación, transmisión y distribución con la participación de los sectores público y privado, y establecer criterios de eficiencia económica, normas de calidad y precios de energía. La primera establece los principios directrices de la CREG, que deben garantizar la calidad y confiabilidad del servicio público de energía eléctrica y la eficiencia económica. La segunda define la estructura y la reglamentación del mercado mayorista de energía eléctrica. A continuación, se describirán las leyes pertinentes en cuanto a iniciativas de energía renovable en país, y las instituciones existentes para apoyar su desarrollo. [Nación Colombiana, Constitución Política de Colombia de 1991, 1991]

**Ley 142 de 1994:** por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

**Ley 143 de 1994:** Se establece el ahorro de energía, su conservación y uso eficiente, como uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico.

**Ley 164 de 1994:** Establece la importancia de desarrollar una política de alcance global para enfrentar los retos relacionados a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

**Ley 223 de 1995:** Por la cual se expiden normas sobre racionalización tributaria y se dictan otras disposiciones.

**Ley 629 de 2000:** Mediante esta Ley se aprobó el "Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático".

**Ley 697 de 2001:** El objetivo fundamental es asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción de fuentes de energía no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

La siguiente tabla relaciona los decretos reglamentarios de la Ley 697

Decretos	Descripción
1135 de 2009	Modifica la relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.
3450 de 2008	Se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la energía eléctrica – bombillos ahorradores
2688 de 2008	Modifica el Decreto Reglamentario 3683 de 2003.
2629 de 2007	Promueve el uso de biocombustibles y medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.
2501 de 2007	Promueven prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica – faculta al MME y de Comercio para expedir el reglamento técnico de diferentes equipos y elementos de energía, y obligación para vivienda de interés social en cumplir con reglamento.
1008 de 2006	Ordena a la CREG introducir incentivos tarifarios en distribución de gas natural para el GNVC.
139 de 2005	Modifica los parágrafos 2° y 3° del artículo 23 del decreto 3683 de 2003.
802 de 2004	Establece disposiciones para incentivar el GNVC.
3683 de 200	Reglamenta la Ley 697 de 2001 y crea la Comisión Intersectorial CIURE.

*Fig. 37. Decretos reglamentarios de la Ley 697 de 2001.*

**Ley 788 de 2002:** Se señala que el MME, la CREG y la UPME, en coordinación con las entidades públicas pertinentes, deben identificar e implementar los modelos y fuentes de financiación para la gestión y ejecución del PROURE.

**Decreto 3683 de 2003:** Crea la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía (CIURE).

**Decreto 139 de 2005:** Se definieron los Subprogramas que hacían parte del PROURE y se adoptaron otras disposiciones.

**Ley 885 de 2004:** Por medio de la cual se aprueban el convenio sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.

## **7. ESTUDIO AMBIENTAL**

### **7.1. Impactos ambientales**

Una turbina eólica debe ser dimensionada para soportar la velocidad del viento a la que está expuesta. esto es verdad en todos los casos, excepto en situaciones extremas como un desastre natural.

No son solo las cargas de viento las que afectan el diseño, el diseño y la operación operativa de una turbina eólica, la mayoría de los factores importantes están relacionados con el clima en el que se construirá la turbina eólica. Algunos de estos son:

- Cambios de temperatura.
- Densidad del aire.
- Radiación solar
- Formación de hielo en las palas del rotor.
- Grandes pájaros que golpean las palas del rotor a alta velocidad.
- Rayo
- Terremotos

### 7.1.1. Matriz de análisis por dimensiones

	DIMENSIONES	FÍSICA	BIÓTICA	CULTURAL	ECONÓMICA	POLÍTICA
<b>FÍSICA</b>	Cambio en el uso del suelo	Cambio den las propiedades del suelo	N/A.	Respuesta negativa conforme a las necesidades de la disposición productiva de los suelos.	Disminución de unidades vendidas	N/A.
	No se producen emisiones de CO2	Disminución en la contaminación del aire	Reducción de amenaza de hábitats por polución	Incentivar al uso energías renovables	Disminución en parámetros de control para verificar la calidad del aire.	Incentivos tributarios para los productores.
<b>BIÓTICA</b>	Contaminación auditiva	N/A.	Dispersión de la fauna silvestre,	Aumento de los límites permisibles de ruido	N/A.	N/A.
	Colisión de aves playeras con los aerogeneradores y/o líneas de alta tensión(ISAGEN,2008)	Alteración en el ciclo de vida de las aves playeras	Aumento en el número de especies sensibles o en peligro de extinción	N/A.	Demandas ambientales	Aumento de políticas para la protección y preservación de especies
	Remoción y pérdida de cobertura vegetal	N/A.	Afectación de ecosistemas terrestres de la zona. Desplazamiento de la micro flora del suelo	Cambios en el paisaje.	Gastos en recuperación del suelo	N/A.

<b>CULTURAL</b>	Impacto Visual	N/A.	N/A.	Cambios en el paisaje.	N/A.	N/A.
	Impacto de sombras	N/A.	N/A.	Proyección de las sombras que pueden afectar a vecinos	N/A.	N/A.
	Generación de expectativas	N/A.	N/A.	Campañas de información. Pensamiento social en busca del desarrollo sostenible.	Aumento de las actividades económicas de los habitantes del sector. Atracción de nueva inversión en la zon	N/A.
	Valorización de predios	N/A.	N/A.	Optimismo	Propicia el Intercambio comercial	N/A.
	Adquisición de electrodomésticos	N/A.	N/A.	Cambio en las tendencias de consumo	Disminución en el nivel de las necesidades básicas Insatisfechas	N/A.
<b>POLÍTICA</b>	Seguimiento de la tecnología para realizar proyectos similares	Aprovechamiento de los Recursos Naturales	N/A.	Inclusión y confianza hacia proyectos de energización. Crece la oferta de empleo en el municipio.	Condiciones propicias para el crecimiento económico de la región	Ajustes o cambios en el uso de la tecnología

Tabla 19. Matriz de análisis por dimensiones

## **7.1.2. Sistemas de protección y contingencia**

### **7.1.2.1. Protección Contra Incendios**

La turbina eólica se debe organizar, construir y reparar de acuerdo con las normativas NFPA para la prevención contra incendio, siguiendo los requerimientos planteados en los códigos de esta:

- NFPA 70 “National Electrical Code”,
- NFPA 5000 “Building Construction and Safety Code”
- NFPA 850 “Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations”

Para evitar que surja un incendio y la propagación del fuego, los materiales utilizados para la construcción de la turbina deben ser ignífugos, para permitir que el incendio quede sellado evitando el paso del fuego. Además, la instalación no debe ser un obstáculo para el rescate de humanos o animales y para los trabajos efectivos de extinción. El uso de la brigada de bomberos en otras partes del edificio no puede estar bloqueado, por ejemplo, la obstrucción de las rutas de escape.

### **7.1.2.2. Protección acústica**

Las turbinas eólicas, así como otros sistemas técnicos, emiten ruido por su funcionamiento, que depende principalmente de la turbulencia del viento al pasar el aire sobre las hélices del rotor, y además se puede generar por las cajas de engranajes y los generadores.

Para la aprobación de aerogeneradores, la autoridad responsable de control de ruido, se ha basado en Evaluación del CIA (Clasificación del impacto acústico) para verificar si los requisitos de la ley de protección contra inmisiones, con respecto a las emisiones de ruido son cumplidos.

$$CIA = N - Leq(A) \quad (Ec. 7)$$

*CIA = Clasificación del impacto acústico*

*N = Norma de nivel de presión sonora según el sector y el periodo*

*Leq(A)Inmisión = Dato medido en el nivel equivalente ponderado en A*

El CIA tiene los siguientes estándares de admisión para lugares de admisión fuera de los edificios:

Áreas	Periodo	Inmisión
a) en zonas industriales	Día	70 dB (A)
	Noche	70 dB (A)
b) en zonas Comerciales	Día	65 dB (A)
	Noche	50 dB (A)
c) en zonas urbanas	Día	55 dB (A)
	Noche	45 dB (A)
d) en áreas centrales, áreas de rurales y áreas mixtas	Día	55 dB (A)
	Noche	45 dB (A)
e) en áreas residenciales generales y pequeñas áreas de asentamiento	Día	55 dB (A)
	Noche	40 dB (A)
f) en zonas residenciales puras	Día	50 dB (A)
	Noche	35 dB (A)
g) en áreas de spa, para hospitales y hogares de ancianos	Día	45 dB (A)
	Noche	35 dB (A)

*Tabla 20. Emisión permitida de ruido (RESOLUCIÓN 6918 DE 2010)*

El operador está obligado a instalar los sistemas sin efectos perjudiciales para el medio ambiente, con el fin de evitar cualquier efecto ambiental nocivo como medida de precaución. Una de las formas de reducir el impacto del ruido, es mejorar los diseños de construcción de estas optimizando el número de hélices, configuradas con la misma forma y dimensiones, utilizando además materiales y ensambles que disminuyan la energía cinética residual convertida en ruido, esto hace que los mecanismos trabajen más armónicamente generando una mayor eficiencia y una menor proporción de la energía residual.

También es importante identificar las condiciones de viento en el sitio, ya que puede haber rugosidades que generen turbulencias antes de entrar en contacto con las hélices, y si la velocidad del viento aumenta, de igual manera aumentara la velocidad de rotación del eje transmisor intensificando el ruido, por ende, se deberá seleccionar un aerogenerador con un diseño que regule la velocidad del rotor, para asegurar que el aerogenerador no supere los límites permisibles de ruido.

#### **7.1.2.3. Protección contra rayos para la planta y el edificio.**

Instalaciones estructurales en las que, según su ubicación, construcción o uso, caen fácilmente rayos, y pueden ocurrir o conducir a graves consecuencias, para esto se deberá realizar el montaje de puesto a tierra, que permita la conexión entre la superficie conductora y la lleve como energía potencia a la superficie de la tierra, por medio de una línea de alta tensión que conduzca esta sobre carga y la disipe y descargue en el entorno.

#### **7.1.2.4. Impacto Visual**

Respecto al impacto visual, cabe destacar la dificultad de evaluación del mismo, ya que si es verdad que los aerogeneradores atraen la atención, no es menos cierto que la reacción que provoca en los observadores es subjetiva y difícil de cuantificar.

#### **7.1.2.5. Impacto derivado de las sombras**

Los aerogeneradores, al igual que el resto de estructuras altas, proyectan sombra en las áreas vecinas cuando el Sol esta visible. Si existen personas que vivan cerca de la turbina pueden verse molestados si las palas del rotor cortan la luz solar, causando un efecto de parpadeo cuando el rotor está en movimiento. Si se conoce la zona donde el potencial efecto de parpadeo va a tener un determinado tamaño, se es capaz de situar las turbinas de forma que se evite cualquier molestia para los vecinos.

### 1.1.1.1. Avifauna

En referencia a los efectos sobre la avifauna, existen casos puntuales de colisiones de aves con turbinas eólicas. Aun así, debe tenerse en cuenta las rutas de migración y zonas peculiares con alto número de especies sensibles o en peligro de extinción. De todas formas, al tratarse de un aerogenerador de tamaño pequeño los efectos sobre las aves son mínimos.

## 7.2. Análisis cualitativo de impactos ambientales

Para darle una valoración a cada uno de los impactos ambientales ocasionados por el proyecto, sean tanto impactos positivos como negativos, se sigue la metodología planteada en (J. Arboleda, 2008). Para poder realizar la evaluación correcta de los impactos siguiendo la metodología, primero se deben identificar las actividades que constituyen el proyecto y posteriormente identificar los impactos ambientales asociados a las actividades, una vez determinados los impactos ambientales generados por el proyecto, se proceda a asignarle una calificación ambiental a cada impacto ambiental, siguiendo la fórmula

$$C_a = C * [P * (7.0 * E * M + 3.0 * D)] \quad (Ec. 6)$$

Donde:

$C_a$ : Calificación Ambiental del impacto

$C$ : Clase del impacto

$P$ : Presencia del impacto

$E$ : Evolución del impacto

$M$ : Magnitud del impacto

$D$ : Duración del impacto

Los impactos ambientales del proyecto deberán ser identificados en el contexto ambiental del proyecto utilizando una matriz de análisis por dimensiones, obteniendo una calificación ambiental por cada impacto ambiental y su respectiva valoración cuantitativa.

ALIFICACIÓN AMBIENTAL (PUNTOS)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
$\leq 2.5$	Poco significativo o irrelevante
$> 2.5$ y $\leq 5.0$	Moderadamente significativo o moderado
$> 5$ y $\leq 7.5$	Significativo o relevante
$> 7.5$	Muy significativo o grave

Tabla 21. Evolución y calificación de impactos ambientales (J. Arboleda, 2008)

Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Importancia Ambiental	
Cambio en es uso del suelo	-	0,5	0,4	0,3	0,2	-0,81	Poco significativo o irrelevante
No se producen emisiones de CO2	+	0,8	0,9	0,85	0,6	5,016	Significativo o relevante
Contaminación auditiva	+	0,6	0,9	0,5	0,4	2,46	Moderadamente significativo o moderado
Colisión de aves playeras con los aerogener	+	0,5	0,8	0,4	0,6	2,04	Moderadamente significativo o moderado
Remoción y pérdida de cobertura vegetal	-	0,4	0,2	0,3	0,3	-0,49	Poco significativo o irrelevante
Impacto Visual	+	0,6	0,9	0,8	0,7	3,972	Moderadamente significativo o moderado
Impacto de sombras	+	0,5	0,8	0,7	0,4	2,18	Moderadamente significativo o moderado
Impacto Incendio	+	0,4	0,5	0,7	0,8	2,168	Moderadamente significativo o moderado
Impacto de Rayos	+	0,6	0,5	0,8	0,8	3,588	Moderadamente significativo o moderado

Tabla 22. Clasificación ambiental de los impactos

### 7.3. Plan de monitoreo

El plan de monitoreo consistirá en la verificación del cumplimiento de las acciones encaminadas a prevenir, mitigar, compensar o corregir los impactos negativos sobre el medio

ambiente y la comunidad aledaña al proyecto. La autoridad ambiental correspondiente a la zona Atlántica podrá auditar dando cumplimiento al cronograma de actividades.

#### **7.4. Plan de contingencia**

Dentro de las acciones peligrosas que pudieran ocurrir, se encuentran principalmente las que ponen en riesgo la seguridad de las personas beneficiarias del proyecto, tales como un corto circuito al momento de entrar a operar el proyecto o un accidente laboral durante la instalación del mismo. Para estos eventos se tendrá, por ejemplo, la cobertura de seguros que minimicen el impacto financiero, y planes alternativos de emergencia para el manejo de las eventualidades.

## **8. ESTUDIO DE RIESGOS**

### **8.1. Análisis Cualitativo**

#### **8.1.1. Herramientas y técnicas para la identificación de riesgos:**

Para el proyecto, y en particular la identificación de los riesgos, se usan como técnicas los diagramas de causa y efecto (diagramas de Ishikawa y corbatín); los cuales se combinan con técnicas de causa raíz, matriz DOFA y tormenta de ideas. Estos muestran un enriquecimiento de la información, analizando desde varios puntos de vista el origen de cada riesgo planteado (considerando el contexto del proyecto) y cuáles pueden ser las consecuencias.

En el archivo adjunto de Excel, se muestra la matriz DOFA para el proyecto, y un análisis de causa raíz para los diferentes riesgos identificados, y la cual alimentará la lista de riesgos identificados y de respuestas potenciales.

#### **8.1.2. Fuentes de datos**

Para este proyecto, las principales fuentes de datos con proporcionadas por los diversos estudios (del entorno, técnico, legal, de mercados, entre otros), y juicios de expertos; los cuales marcan un panorama amplio para identificar riesgos que puedan impactar el proyecto, y que, si bien son dinámicos, se espera que muchos de ellos se mantengan en el corto y mediano plazo.

Además, la línea base del proyecto proporciona el estado actual de las áreas afectadas por el riesgo, en termino de los objetivos, cronograma y costos; de manera que el plan resultante para la gestión de riesgos debe ser consistente con los planes secundarios de gestión dentro del plan para la dirección del proyecto.

### 8.1.3. Roles y responsabilidades

De acuerdo con el contexto organizacional, las personas interesadas que juegan un papel trascendente en el proyecto también ayudan a definir para cada actividad del plan de riesgos, un conjunto de roles y funciones (responsabilidades) acorde a su cargo.

### 8.1.4. Presupuesto

Basados en el plan de gestión de los costos, se cuenta con unos recursos de inversión y operación del proyecto. Pero también deben incluirse en la línea base de costos lo debido en reservas para las contingencias y la gestión, así como el protocolo de aplicación de los mismo.

Según el flujo de inversiones contemplado para el proyecto, en la siguiente tabla se muestra lo correspondiente a la inversión total del primer año, más las inversiones (y reinversiones) durante el horizonte del proyecto, y lo correspondiente a los gastos de primas de pólizas (incluyendo la de responsabilidad civil), e imprevistos (en millones de pesos). Cabe aclarar que las pólizas se pagan anticipadamente, por lo que, al último año del horizonte del proyecto, no se destina pago de este rubro

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CapEx	\$ 111.5 M	\$ 36.5 M	\$ 56.8 M	\$152.2 M	\$131.1 M	\$100.8 M
OpEx	\$ 0 M	\$ 187.4 M	\$ 2.9 M	\$ 12.9 M	\$ 4.5 M	\$ 0.44 M
Poliz. R.C.	\$ 0,33 M	\$ 0.4 M	\$ 0,42 M	\$ 0.45 M	\$ 0.56 M	\$ 0 M
Otras Poliz.	\$ 0.15 M	\$ 0.31 M	\$ 0.33 M	\$ 0.34 M	\$ 0.36 M	\$ 0 M
Imprevistos	\$ 0 M	\$ 11.1 M	\$ 13.2 M	\$ 14.1 M	\$ 15.1 M	\$ 18.7 M

Tabla 23. CapEx, OpEx y reservas para imprevistos del proyecto (en millones de pesos)

Lo dispuesto para pólizas siempre se pagará anticipadamente para transferir los riesgos que puedan ser cubiertos por las mismas. Esto implica que, ante la materialización de un riesgo, lo primero es hacer una recopilación de información (auditorías) y evaluación para identificar en que se falló, de modo que pueda establecerse los criterios suficientes para reclamo o apelación de las pólizas que apliquen.

De igual manera, para la gestión de los riesgos se cuenta con unas reservas que serán priorizadas de acuerdo con el nivel de riesgo (la probabilidad de concretarse, por el impacto que produce en el proyecto), de manera que se logre, mitigar los riesgos o implementar acciones para cuando ya se han materializado.

#### **8.1.5. Calendario**

De manera similar al control de los objetivos y el presupuesto del proyecto, es importante mantener un monitoreo del cronograma, y una revisión del plan de gestión de los riesgos a lo largo de este. (ver Anexo 4.)

Se definirán los hitos del proyecto, ilustrados en el diagrama de hitos de la figura siguiente, como puntos de control para la gestión de los riesgos, así como una frecuencia mensual para la revisión de estos, considerando que la gran mayoría de los riesgos identificados en el proyecto no tienen cambios rápidos en el impacto a través del tiempo. (ver Anexo 4.3)

#### **8.1.6. Categorías de riesgos**

Con base en las técnicas y herramientas descritas anteriormente, se logra establecer una estructura de desglose de riesgos (RBS). Esto permite priorizar y agrupar los riesgos que se identifiquen de acuerdo con sus fuentes. De esta manera, en particular para el proyecto se muestra el RBS de la tabla 3.

##### **8.1.6.1. Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos**

Las actitudes de riesgo que se tengan para el proyecto se ven reflejadas en los niveles de probabilidad e impacto que se definan, donde básicamente el objetivo cualitativo se mide como la ocurrencia del riesgo respectivo durante el horizonte del proyecto, y la rentabilidad del proyecto son las variables u objetivos que se quieren gestionar.

Si bien es de entenderse que para cada riesgo existe unos niveles de probabilidad e impacto diferentes, en términos prácticos implementaremos dentro de una medida razonable, las mismas escalas para ellos; que para la particularidad del proyecto se establece como una escala ordinal, ilustrada en la tabla 4.

Criterios de valoración de probabilidad Cualitativa					
Clasificación	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto Riesgo Calidad	Interpretación por Año/Mes	Impacto Riesgo Financiero	Interpretación por COP \$
Muy alto	Mayor del 80%	Mayor del 80%	El Evento ocurre aproximadamente cada 3 Meses	Mayor del 85%	(- \$ 164.280.077,4) Hasta (- \$ 229.992.108,3)
Alto	(60% - 80%)	(60% - 80%)	El Evento ocurre aproximadamente cada 6 Meses	(67% - 85%)	(- \$ 98.568.046,43) Hasta (- \$ 164.280.077,4)
Medio Alto	(40% - 60%)	(40% - 60%)	El Evento ocurre aproximadamente cada 1 Año	(50% - 67%)	(- \$ 32.856.015,48) Hasta (- \$ 98.568.046,43)
Medio Bajo	(25% - 40%)	(20% - 40%)	El Evento ocurre aproximadamente cada 1 Año	(33% - 50%)	(\$ 0) Hasta (- \$ 98.568.046,43)
Bajo	(5% - 25%)	(5% - 20%)	El Evento ocurre aproximadamente cada 3 Años	(25% - 33%)	(\$ 3.256.015,48) Hasta (\$ 0)
Muy bajo	Menor del 5%	Menor del 5%	El Evento ocurre aproximadamente cada 10 Años	Menor del 25%	(\$ 65.712.030,95) Hasta (\$ 3.256.015,48)

Tabla 24. Definición de escalas de impacto y probabilidad del proyecto

### 8.1.6.2. Matriz de probabilidad e impacto

En la vinculación de la probabilidad de ocurrencia con su riesgo, se obtiene una cuadrícula que permite comprender visualmente la actitud que en el papel de inversionistas se tiene frente a los riesgos. Se han establecido, a criterio, cuatro niveles que ayudarán a priorizar dichos riesgos y a su vez considerarlos y gestionarlos en el proyecto, acorde a la información presentada en las tablas 5, 6 y 7.

SIGNIFICADO DEL RIESGO	
	<b>Inadmisible:</b> Se debe dar atención inmediata para eliminar o disminuir el riesgo.
	<b>Inaceptable:</b> Se requiere desarrollar acciones prioritarias a corto plazo para tratar el riesgo.
	<b>Tolerable de prioridad alta:</b> Se deben desarrollar acciones para retener el riesgo a corto plazo, pero su gestión está por debajo de las inaceptables.
	<b>Tolerable de prioridad media:</b> Las acciones a realizar para retener el riesgo son de mediano plazo, y están en un nivel inferior a las tolerables de prioridad alta.
	<b>Tolerable de baja prioridad:</b> Las acciones a realizar para retener el riesgo son de largo plazo, y están en un nivel inferior a las tolerables de prioridad media.
	<b>Aceptable:</b> No se manejan acciones más allá de los establecidos para los objetivos del proyecto, ni requieren inversión para tratar el riesgo.

Tabla 25. Significado de los niveles de riesgo del proyecto

	Rango Inferior	Rango Superior	MATRIZ CUALITATIVA					
			Probabilidad	80%	99%	0-0,0495	0,04-0,198	0,16-0,396
60%	80%	0-0,04		0,03-0,16	0,12-0,32	0,24-0,48	0,36-0,64	0,48-0,8
40%	60%	0-0,03		0,02-0,12	0,08-0,24	0,16-0,36	0,24-0,48	0,32-0,6
25%	40%	0-0,02		0,0125-0,08	0,05-0,16	0,1-0,24	0,15-0,32	0,2-0,4
5%	25%	0-0,0125		0,0025-0,05	0,01-0,1	0,02-0,15	0,03-0,2	0,04-0,25
0%	5%	0-0,0025		0-0,01	0-0,02	0-0,03	0-0,04	0-0,05
			5%	20%	40%	60%	80%	100%
			0%	5%	20%	40%	60%	80%
			Impacto del riesgo					

Tabla 26. Matriz de riesgo cualitativa

	Rango Inferior	Rango Superior	MATRIZ FINANCIERA					
			Probabilidad	80%	99%	0-0,2475	0,2-0,3267	0,264-0,495
60%	80%	0-0,2		0,15-0,264	0,198-0,4	0,3-0,536	0,402-0,68	0,51-0,8
40%	60%	0-0,15		0,1-0,198	0,132-0,3	0,2-0,402	0,268-0,51	0,34-0,6
25%	40%	0-0,1		0,0625-0,132	0,0825-0,2	0,125-0,268	0,1675-0,34	0,2125-0,4
5%	25%	0-0,0625		0,0125-0,0825	0,0165-0,125	0,025-0,1675	0,0335-0,2125	0,0425-0,25
0%	5%	0-0,0125		0-0,0165	0-0,025	0-0,0335	0-0,0425	0-0,05
			25%	33%	50%	67%	85%	100%
			0%	25%	33%	50%	67%	85%
			Impacto del riesgo					

Tabla 27. Matriz de riesgo financiero

## **8.2. Análisis cuantitativo**

### **8.2.1. Plan de Administración del riesgo**

Con base en la información obtenida del análisis de riesgos, se deberá estructurar el plan de contingencia, de tal manera que incluya el diseño de los planes estratégico, operativo e informativo correspondientes.

El plan estratégico contemplará: objetivo, alcance, cobertura del mercado potencial, infraestructura y características físicas de la zona, análisis del riesgo, organización, asignación de responsabilidades y definición de los niveles de respuesta del Plan de Contingencia. Además, en éste se harán las recomendaciones para las acciones preventivas que minimizarán los riesgos.

El plan operativo establecerá los procedimientos básicos de la atención o plan de respuesta a una emergencia. En él se definen los mecanismos de notificación, organización y funcionamiento para la eventual activación del plan de contingencia.

En el plan informativo se establecerá lo relacionado con los sistemas de manejo de información, a fin de que los planes estratégico y operativo sean eficientes.

El plan de contingencia además deberá:

- Determinar las prioridades de protección
- Definir los sitios estratégicos para el control de contingencias, teniendo en cuenta las características de las áreas sensibles que puedan verse afectadas.
- Presentar el programa de entrenamiento y capacitación previsto para el personal responsable de la aplicación del plan.
- Reportar los equipos de apoyo para atender las contingencias.

### 8.3. Plan de Contingencia de los Riesgos

El plan de contingencia se elaborará a partir del análisis de riesgos asociado con el proyecto y la incidencia de los mismos sobre el área de influencia. Este plan debe contemplar la información necesaria sobre medidas de prevención y control, personal e instituciones participantes, jornadas de capacitación, características de los sistemas de alarma de los equipos y procedimientos de respuesta, seguimiento y evaluación de los incidentes. Su alcance tendrá en cuenta circunstancias que incrementen la posibilidad de riesgo y factores de vulnerabilidad como comunidades sensibles o áreas ambientales susceptibles.

Riesgos	Ranking	Causas		Consecuencias	
		Lista de posibles respuestas que previenen	Lista de posibles respuestas que protegen	Estrategia	
TRM en tendencia al alza	0,9900	* Compra de partes y fabricación nacional. * Aumento de inventarios cuando la TRM está en rangos aceptables.	* Proyectar y monitorear la TRM acorde a lo estimado por entidades financieras o instituciones serias.	<b>PREVENIR</b>	
Retraso en la fabricación de los sistemas importados	0,6400	* Definir la ruta crítica del proyecto, para e identificar el suministro de materiales claves, que en caso de un retraso, afectarían la consecución del proyecto, y con esto tomar las medidas de prevención necesarias para la antelación de dicho suceso.	* Tener un proveedor de respaldo en caso del incumplimiento, del aliado clave.	<b>TRANSFERIR</b>	
No contar con dinero o crédito para compra de Materia prima	0,5100	Determinar tiempo máximo de operación sin abastecimiento de materias primas	Determinar stock mínimo para garantizar la operación del flujo del proyecto durante al menos dos meses	<b>MITIGAR</b>	
Variación en los costos de la materia prima	0,5100	* Proyectar los incrementos del suministro de materiales importados, con referencia a las entidades financieras.	Establecer Alianzas estratégicas con los proveedores y la cadena de valor del producto para llegar a los clientes e impulsar el proyecto:	<b>PREVENIR</b>	

Conato de Incendio	<b>0,5100</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar que los materiales con los cuales este construido el aerogenerador, sean ignífugos para permitir que el incendio quede sellado evitando el paso del fuego.</li> <li>* Rotular los contenedores de materiales químicos , identificándolos y separándolos en el espacio de almacenamiento, según la clasificación de sustancias peligrosas.</li> <li>* Capacitar a uno de cada 15 trabajadores, en brigadas de emergencia, que sean promotores de la vigilancia e inspección de casos inseguros, y en caso de una emergencia actúen, con los protocolos para controlar y manejar el fuego.</li> <li>* Al momento de utilizar equipos de trabajo en caliente se debe inspeccionar el área de trabajo, ya que pueden provocar incendios al generar calor, chispas o llama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tener al alcance del personal, extintores multipropósito para sofocar el fuego.</li> <li>* Utilizar Tomas de energía adecuadas, de acuerdo a los requerimientos de los equipos eléctricos, con el fin de que no generen sobrecargas de tensión.</li> <li>* Tener identificadas las rutas de evacuación, y los puntos de encuentro.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Accidentes laborales	<b>0,4800</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Disponer en obra de un personal de seguridad y salud en el trabajo, el cual informara al personal operativo de los riesgos y peligros a los que está expuesto, con un seguimiento a las evaluaciones médicas con enfoque osteomuscular, y pausas activas</li> <li>* Inducción y reinducción en seguridad y salud en el trabajo, en donde se informa a los empleados los riesgos a los que están expuestos y los métodos de control.</li> <li>* Contratación de personal competente e idóneo para realizar actividades de alto riesgo.</li> <li>* Diseñar e implementar un programa de orden y aseo</li> <li>* Levantar estándar de seguridad para manejo de herramientas corto punzantes; equipos de trabajo en caliente y condiciones seguras para trabajo en alturas.</li> <li>* Implementar actividades motivacionales, para asegurar que los empleados mantiene actitud positiva y de atención frente a las tareas asignadas.</li> <li>* Reportar y gestionar activamente las condiciones de inseguridad en el lugar de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mantener al alcance del personal, Botiquín y camilla de primeros auxilios.</li> <li>* Dotación de calzado con suela antideslizante, dieléctrico y puntera de seguridad.</li> <li>* Dotación de Casco, Guantes, protectores auditivos, Gafas y demás epps que requieran para realizar la actividad con los estándares seguridad impuestos.</li> <li>* Mantener los equipos y herramientas en óptimas condiciones de operación.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>

Condiciones climáticas adversas	0,4800	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evaluación de las rutas críticas del proyecto.</li> <li>* Acondicionamiento del terreno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicación de chashing y fast tracking en el proyecto, para alcanzar los tiempos fijados en el cronograma.</li> <li>* Adquisición de equipos de bombeo.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>
Actos intencionados de terceros (AMIT)	0,4020	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Generar empleo en la Zona con el proyecto para generar ganancias al municipio.</li> <li>* Implementar medidas sancionatorias reguladas por entidades judiciales a personas ajenas al proyecto, que afecten las actividades económicas de la compañía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* En caso de extorsiones y amenazas denunciar frente a la autoridad competente.</li> </ul>	<b>TRANSFERIR</b>
Sobrecostos del proyecto	0,4020	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estudio previo de la zona, frete a posibles fallas y condiciones del suelo.</li> <li>* Gestión para toma de muestras y análisis de suelos</li> <li>* Expedir licencias ambientales para tratamiento de suelos.</li> </ul>	Intervenir en la estructura Mecánica y bilógica del suelo sin afectar sus características.	<b>PREVENIR</b>
Reprocesos en las actividades	0,4020	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisión y ajustes del plan de gestión de las comunicaciones del proyecto.</li> <li>* Implementación de directrices sencillas y concretas.</li> <li>* Evaluación de rutas críticas del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicación de fast tracking y crashing con miras a la recuperación de tiempos del proyecto.</li> <li>* Implementación de mejoras para el dinamismo de la comunicación entre integrantes del grupo de trabajo.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Cambio en las condiciones tributarias	0,3400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificación desde la evaluación exante la rentabilidad del proyecto, eliminando los beneficios tributarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reducción de la rentabilidad hasta valores aceptables, por encima del costo de oportunidad.</li> <li>* Transferencia de parte de los costos al cliente final</li> </ul>	<b>ACEPTAR</b>

Exceder el presupuesto definido	0,3400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evaluación en el 10% de ejecución del proyecto del EAC (Estimate at Completion), en relación al índice de costo planeado (CPI).</li> <li>* Control y auditoría sobre la eficiencia en los gastos, cotizaciones y tiempos de entrega del proyecto.</li> <li>* Convenios de compra con los proveedores para la aplicación de descuentos.</li> <li>* Analizar en base a la evaluación ex ante la rentabilidad del proyecto en este escenario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Asumir rentabilidad por encima de la tasa de oportunidad, pero por debajo de estimada inicialmente.</li> <li>* Ahorros a través de la aplicación de la gestión del proyecto.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>
Liquidez	0,2680	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Análisis exhaustivo de los estudios de factibilidad para decisión de ejecutar o no el proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reestructuración de deuda</li> <li>* Aplicación de ley de insolvencia</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Daños en maquinarias, equipos y herramientas	0,2680	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar actividades de motivación y sensibilización sobre la importancia de cuidar y mantener en buen estado las máquinas y herramientas</li> <li>* Implementar un sistema de monitoreo que permita observar puntos clave del proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identificar puntos vulnerables del proceso e implementar medidas de mitigación</li> <li>* Establecer una política clara de sanciones ante comportamientos de estas características</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Nuevos competidores (generación de energía eléctrica a partir del fuentes alternativas).	0,2680	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejora continua con la búsqueda incesante de mejoras en los costos, la calidad del producto, nuevos desarrollo de productos, procesos de fabricación y distribución.</li> <li>* La innovación de precios incluyendo mejores condiciones de venta y otros incentivos.</li> <li>* Buscar nuevos canales de distribución, haciendo que los canales existentes sean más efectivos y buscando alianzas estratégicas con los proveedores existentes o nuevos proveedores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Establecer el Programa de benchmarking</li> <li>* Garantizar niveles y parámetros de calidad del producto y la instalación.</li> <li>* Destinar presupuesto de comunicación y publicidad del producto según sean las necesidades del mercado</li> </ul>	<b>ACEPTAR</b>

Daño en el ciclo de vida de las aves de la zona.	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Implementar un sistema de iluminación de tal manera que las aves puedan percatarse de la presencia de los aerogeneradores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Realizar algún tipo de prueba piloto para estimar que tan grande seria el impacto de la implementación tecnológica en el ciclo de vida de las aves.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>
Fraude	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Controlar la administración de los negocios verificando las cuentas Bancarias comerciales.</li> <li>* Restringir el acceso a los datos de la cuenta financiera, el acceso al inventario, establecer la aprobación de varias personas para reembolsos de gastos, horas extras, todas las funciones de emisión de facturas y otras funciones de contabilidad o nómina.</li> <li>* Capacitar a los empleados para prevenir el fraude, conociendo las señales de advertencia del fraude, las habilidades de prevención y cómo informar comportamientos o acciones sospechosas por parte de compañeros de trabajo y clientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Revisión y auditoría más extensa de la empresa ' libros y procesos de control.</li> <li>* Disponer de dos personas que manejen estas indistintamente las funciones de contabilidad, como cuentas por cobrar de clientes, procesar pagos de clientes, pagar facturas, administrar efectivo y registrar estas funciones en su sistema contable., mantener el manejo del efectivo y las funciones de contabilidad totalmente separadas, o que las funciones se realicen a través de una relación de un outsourcing virtual con una empresa de contabilidad.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Hurto de muebles, enseres, maquinaria, herramientas, mercancías e información.	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Emparejar regularmente los Inventarios físicos con los registrados.</li> <li>* Generar y restaurar copias de seguridad (Back-up) de la información institucional misional y administrativa de la compañía para evitar su pérdida ante posibles hurtos.</li> <li>* Limitar el Acceso a distintos núcleos de información en los proyectos.</li> <li>* Consolidar la trazabilidad de las materias primas en cada una de las etapas del proceso de Instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Asegurar la reposición o reemplazo de los bienes de mayor valor de la compañía.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>

Corrupción	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evaluar internamente (y externamente) el nivel de riesgo de corrupción en el país.</li> <li>* Capacitar a los empleados sobre las políticas anticorrupción (los estándares globales y de la compañía). Estas sesiones de capacitación se llevan a cabo normalmente una vez al año.</li> <li>* Realizar pruebas de rendimiento periódicas (auditorías), así como informes de la industria pública que se entregarán a las autoridades públicas y otras partes relevantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar de cerca el historial de proveedores externos, agentes locales, distribuidores o intermediarios. En caso de condenas por delitos de corrupción, estas empresas deberán ser excluidas de la lista de proveedores.</li> <li>* Proporcionar un sistema y mecanismo de seguimiento para verificar que las políticas se sigan correctamente, incluidos los contratos con terceros.</li> </ul>	<b>TRANSFERIR</b>
Incumplimiento contractuales	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Definir el Alcance estableciendo las responsabilidades de las partes implicadas en el proceso.</li> <li>* Administrar las cláusulas del contrato con los términos del código de comercio, y las condiciones estipuladas por la entidad jurídica o natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Crear canales de comunicación para la solución de conflictos y velar por el cumplimiento de las obligaciones.</li> <li>* Asegurar la Inversión frente al incumplimiento de las obligaciones</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Incumplimiento en la entrega oportuna de la metodología y/o parámetros de detalle.	0,2400	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Buena comunicación con el cliente.</li> <li>* Auditorias para la revisión del levantamiento de requerimientos.</li> <li>* Desde el proceso de selección, contratar personal altamente calificado, certificado y con experiencia en el tema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de una logística para corrección a la menor brevedad de la información, y con participación de un segundo diseñador.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>

Perdida de Créditos	0,2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Determinar los niveles máximos de endeudamiento</li> <li>* Establecer políticas de pago a proveedores</li> <li>* Establecer políticas efectivas de recaudo de cuentas por cobrar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Búsqueda de financiación a bajas tasas de interés</li> <li>* Diseñar estrategias para el apalancamiento operativo.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>
Daños a terceros	0,2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Trazar la ruta proyectada de los entregables del proyecto.</li> <li>* Ajustar a normatividades y aplicaciones de sistemas de gestión de riesgos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Disponer de una póliza de responsabilidad civil que asegure a la víctima o beneficiario de la indemnización, sin afectarlo por los gastos que deba cubrir el asegurado.</li> <li>* Evaluación de daños e indemnizar a los afectados.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Tecnología inadecuada	0,1675	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Adaptarse a las necesidades de los clientes.</li> <li>* . Optimizar el diseño de equipos, para el mejor aprovechamiento de la velocidad del viento.</li> <li>* Convenio con proveedores para cambio de los equipos.</li> <li>* Revisión y auditoría de diseños y levantamiento de criterios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Instalación de quipos en sitios adecuados cerca de la o las viviendas conectadas a los mismos.</li> <li>* Re manufactura y adaptaciones hasta donde las limitaciones físicas lo permitan.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Rechazo de la tecnología implementada.	0,1320	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Subsidios del estado para inversión en energías renovables.</li> <li>* Convenios con entidades financieras para facilidades de crédito al cliente final.</li> <li>* Realización de un buen estudio de mercados y de factibilidad para la evaluación ex ante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Modificación del plan de marketing.</li> <li>* Cambio de nicho de mercado.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>
Cambios en los requisitos	0,1250	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mejorar los procesos de comunicación con los stakeholders del proyecto.</li> <li>* Evaluación de cambios en los diseños, planeación de ejecución y riesgos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicación de chashing y fast tracking en el proyecto, evaluando el valor ganado del mismo.</li> </ul>	<b>MITIGAR</b>

Producir alteraciones sobre el paisaje.	0,1250	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reuniones anticipadas para la socialización de la problemática planteada con comunidades afectadas.</li> <li>* Revisión de la evaluación ex ante en términos del estudio del entorno y ambiental.</li> </ul>	* Compensaciones económicas	<b>MITIGAR</b>
Pérdida de información contable	0,1000	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verificar que las cifras existentes se encuentren en los estados financieros, informes y en los reportes contables, los cuales deben estar soportados con el documento idóneo correspondiente.</li> <li>* Diseñar una estructura contable de acuerdo a las necesidades de la compañía, optimizando los procesos y permitiendo que esta información pueda ser entendida por los entes regulatorios, directivos de la compañía e inversores</li> <li>* Mantener actualizados los libros contables y tenerlos en inventario durante 5 años para entidades administrativas del estado y por 10 años para contratos comerciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Contar con personal especializado para interiorizar en los aspectos contables de la compañía, contando con la legislación tributaria.</li> <li>* Evidenciar que toda la información exógena se encuentre en el marco normativo de la ley tributaria.</li> <li>* Tener un Backup de la información contable, como respaldo en caso de pérdida o robo.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>
Alteraciones en las velocidades del viento debido a los cambios climáticos.	0,1000	* Optimizar el diseño de equipos, para el mejor aprovechamiento de la velocidad del viento.	* Mayor almacenamiento de carga en el banco de baterías, para mitigar los tiempos de intermitencia del viento.	<b>MITIGAR</b>
Exceder el tiempo estimado de la duración del montaje	0,1000	* Capacitar al personal para mejorar el rendimiento y desempeño del mismo siendo polivalentes en varias áreas de acuerdo a las competencias y a los perfil requeridos, y esto a su vez redundará en una mejora de la calidad y atención al cliente y además permite remplazar al personal de baja sin incrementar los gastos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reducir los tiempos muertos de los empleados, maquinarias y actividades.</li> <li>* Optimizar procesos, referente a solicitar el suministro de materiales nacional e importado justo a tiempo.</li> </ul>	<b>PREVENIR</b>

Tabla 28. Matriz de Priorización de los riesgos

#### 8.4. Matriz de clasificación de los riesgos

		MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS					
Probabilidad	Mayor del 80%						R1
	(60% - 80%)		R16 ; R17 ; R18 ; R19 ; R20 ; R21				
	(40% - 60%)				R6 ; R7 ; R8 ; R9; R10	R3 ; R4 ; R5	R2
	(25% - 40%)	R28 ; R29 ; R30	R25	R22 ; R23	R13 ; R14 ; R15	R11 ; R12	
	(5% - 25%)			R26 ; R27	R24		
	Menor del 5%						
	Impacto Riesgo Financiero	Menor del 25%	(25% - 33%)	(33% - 50%)	(50% - 67%)	(67% - 85%)	Mayor del 85%
	Impacto Riesgo Cualitativo	Menor del 5%	(5% - 20%)	(20% - 40%)	(40% - 60%)	(60% - 80%)	Mayor del 80%
		Impacto del riesgo					

Tabla 29. Matriz de Clasificación de los Riesgo

## 8.5. Análisis de Escenarios

Se seleccionan dos variables con las que el proyecto es muy sensible con respecto a sus cambios, como lo son la TRM y la cobertura del mercado, los cuales se proyectan en diferentes escenarios con el fin de evaluar la pre factibilidad del proyecto frente a estos.

Resumen del escenario						
	Valores actuales:	Escenario Pesimista	Escenario Optimista	Escenario Proyectado	Escenario muy malo	
<b>Celdas cambiantes:</b>						
Año_2019	3100	3327,08	3000	3000	3500	
TRM_Año_2020	3230	3327,08	3000	3230	3500	
TRM_Año_2021	3290	3327,08	3000	3290	3500	
TRM_Año_2022	3350	3327,08	3000	3350	3500	
TRM_Año_2023	3400	3327,08	3000	3400	3500	
TRM_Año_2024	3400	3400,3	3000	3400	3800	
<b>Celdas de resultado:</b>						
VPN_Inversionista	\$ 169.741.676,07	-\$ 38.074.182,97	\$ 256.634.896,24	\$ 257.355.628,78	-\$ 227.451.175,20	
TIR_Inversionista	91,98%	-23,54%	121,57%	121,60%	#¡NUM!	

Tabla 30. Escenario TRM - VPN y TIR Inversionista

A medida que aumenta la TRM, tanto el VPN como la TIR van disminuyendo hasta alcanzar valores negativos.

Resumen del escenario						
	Valores actuales:	Escenario Pesimista	Escenario Optimista	Escenario proyectado	Escenario muy Bajo	
<b>Celdas cambiantes:</b>						
Cobertura del Mercado	60,00%	40,00%	80,00%	60,00%	30,00%	
<b>Celdas de resultado:</b>						
VPN_Inversionista	\$ 169.741.676,07	\$ 6.547.903,63	\$ 303.148.994,99	\$ 169.741.676,07	-\$ 56.557.733,72	
TIR_Inversionista	91,98%	18,02%	115,16%	91,98%	#¡NUM!	

Tabla 31. Escenario Cobertura del Mercado - VPN y TIR del Inversionista.

A medida que disminuye el porcentaje de cobertura del mercado, tanto el VPN como la TIR van disminuyendo hasta alcanzar valores negativos. Según el estudio financiero realizado, solo bajo un escenario de una TRM por debajo de los \$3200, con una participación en el mercado de más del 30% y con un descuento en el precio solo hasta un 4% del valor actual, el proyecto sería financieramente viable. Sin embargo, es una competencia bastante apretada frente a otras alternativas de energías renovables como la solar.ware @RISK.

## 8.6. Gráficos de Probabilidad

### 8.6.1. Variables de Entrada

A continuación, se especifican los datos de entrada para realizar los gráficos de probabilidad para determinar lo que ocurre con los datos de salida, el VPN(i) y la TIR, ante los cambios previsto en un escenario pesimista y optimista.

Entradas	Gráfico Distribución	Función	Desviación Estándar	Mínimo	Media	Maximo
Inversión Total		<b>RiskDiscrete(289109418,084415\335246286,634281\368411858,458281);{0,5\0,3\0,3};RiskStatic(299764818,084415))</b>	\$ 18.123.674,77	\$ 289.109.418,08	\$ 306.535.564,05	\$ 368.411.858,46
Ingresos		<b>RiskNormal(\$D\$31;\$D\$32;RiskStatic(E16);RiskName("Total de Ingresos"))</b>	\$ 176.080.974,50	- ∞	\$ 1.412.064.030,70	+ ∞
Tasa Representativa del Mercado		<b>RiskTriang(\$I\$8;\$M\$8;\$N\$8;RiskStatic(3100);RiskName("Tasa Representativa del Mercado Dólar"))</b>	\$ 81,65	\$ 3.200,00	\$ 3.400,00	\$ 3.600,00

Descripción	Gráfico Distribución	Función	Desviación Estándar	Mínimo	Media	Maximo
Precio de Venta Aerogenerador		RiskNormal(\$E\$31;\$E\$32;RiskStatic(E13);RiskName("Precio de Venta unitario Aerogenerador"))	\$ 3.988.249,06	- ∞	\$ 69.875.458,82	+ ∞
Costos		RiskTriang(\$L\$19;\$M\$19;\$N\$19;RiskStatic(1042875993,01004);RiskName("Costos anuales Aerogeneradores de baja potencia"))	\$ 20.987.549,64	\$ 1.022.630.733,01	\$ 1.088.848.929,42	\$ 1.123.857.033,01
Cobertura del Mercado		RiskTriang(0,3;0,4;0,8;RiskStatic(0,6);RiskName("Cobertura del Mercado"))	10,801%	20%	40,00%	80%
Unidades de Venta Aerogenerador		RiskTriang(15;21;25;RiskStatic(19);RiskName("Unidades de venta aerogeneradores"))	2,0550	13	19	25

Descripción	Gráfico Distribución	Función	Desviación Estándar	Mínimo	Media	Maximo
Inflación promedio anual	<p>Gráfico de distribución triangular para 'Inflación promedio anual'. El eje horizontal muestra valores de 2,9% a 3,7%. El eje vertical muestra densidad de probabilidad de 0 a 350. El triángulo tiene un mínimo de 2,9%, un máximo de 3,7% y una media de 3,3%. El área bajo la curva está sombreada en azul. Hay una leyenda que indica: Triang(0,03,0,033,0,034).</p>	RiskTriang(\$L\$5;\$M\$5;\$N\$5;RiskStatic(0,034);RiskName("Inflación promedio anual"))	0,12247%	3,0%	3,3%	3,6%
Endeudamiento	<p>Gráfico de distribución triangular para 'Endeudamiento'. El eje horizontal muestra valores de 0% a 100%. El eje vertical muestra densidad de probabilidad de 0,0 a 3,0. El triángulo tiene un mínimo de 10%, un máximo de 90% y una media de 50%. El área bajo la curva está sombreada en azul. Hay una leyenda que indica: Triang(0,1,0,8,0,9).</p>	RiskTriang(L24;M24;N24;RiskStatic(0,45);RiskName("Endeudamiento"))	16,330%	10,0%	50,0%	90,0%

Tabla 32. Distribuciones de Probabilidad

## 8.6.2. Variables de Salida

A continuación, se presentan los gráficos de la simulación Montecarlo con variables de entrada unidades de Venta aerogeneradores, TRM, precio de venta unitario aerogenerador, endeudamiento, Inflación promedio anual e inversión total, y las variables de salida son el VPN y la TIR, la simulación fue realizada para 100 valores. Se puede observar que estas variables tienen un fuerte impacto de riesgo en el proyecto, la amplitud que arroja la prueba es muy alta. Además, se presentan las variaciones de cada una de las variables, igualmente con 100 valores y se muestran sus gráficas, las cuales siendo analizadas se pueden observar los impactos que tienen en el proyecto.

### 8.6.2.1. Probabilidad de que el VPN del Inversionista sea mayor a cero

El análisis demuestra que se tiene un 54% de probabilidad

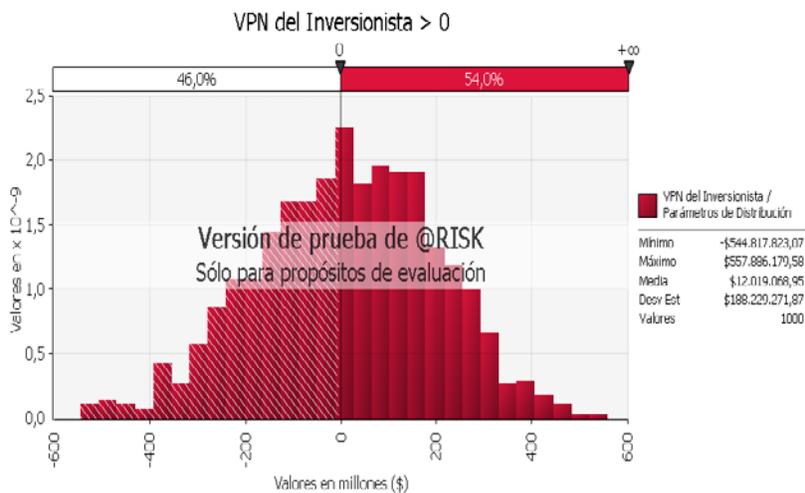


Fig. 38. Probabilidad que el VPN del inversionista sea mayor a cero

### 8.6.2.2. TIR del Inversionista mayor al Máximo WACC al 13,16%

Se cuenta con una probabilidad del 57,6%

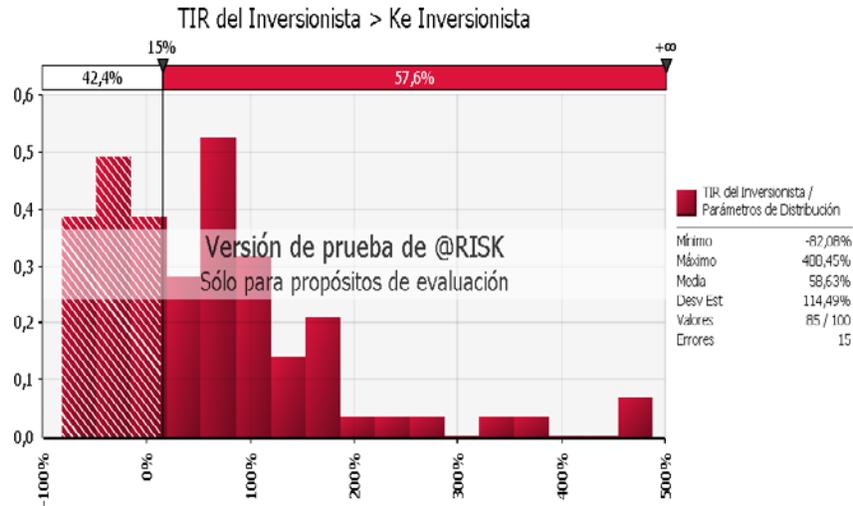


Fig. 39. Probabilidad que la TIR del proyecto sea mayor al máx. WACC

### 8.6.2.3. Probabilidad de que el VPN del proyecto sea mayor a cero

El análisis demuestra que se tiene un 65,4% de probabilidad

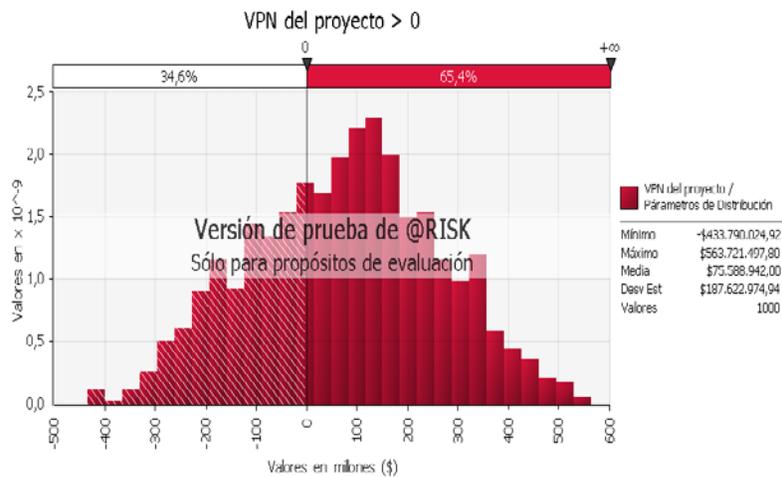


Fig. 40. Probabilidad de que el VPN del proyecto sea mayor a cero

### 8.6.2.4. Probabilidad de que la TIR del proyecto sea superior al Max. WACC

Se cuenta con un 64% de probabilidad que la TIR del proyecto sea mayor al CK

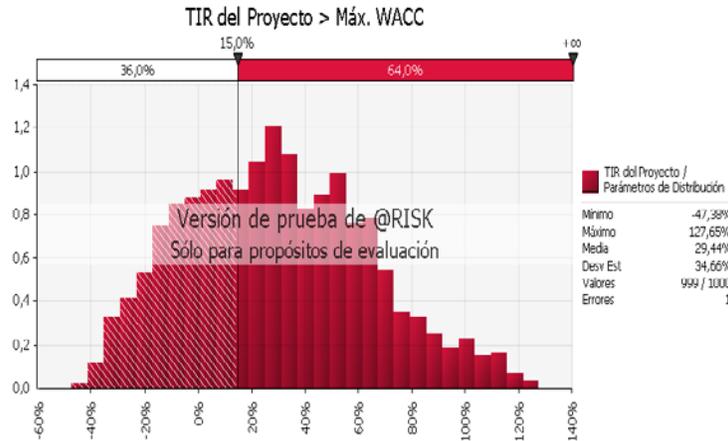


Fig. 41. Probabilidad de que la TIR del proyecto sea superior al Max. WACC

### 8.7. Gráficos tornado

Posteriormente, se obtuvieron los gráficos de tornado, lo que nos permite identificar las variables de entrada más riesgosas para el modelo o, dicho de otra forma, las entradas cuya variación afecta en mayor medida los indicadores de viabilidad financiera (VPN y TIR del proyecto).

También se encontró la probabilidad de que el proyecto sea financieramente viable, lo que permitiría a un inversionista tomar la decisión de acuerdo a su sensibilidad ante el riesgo:

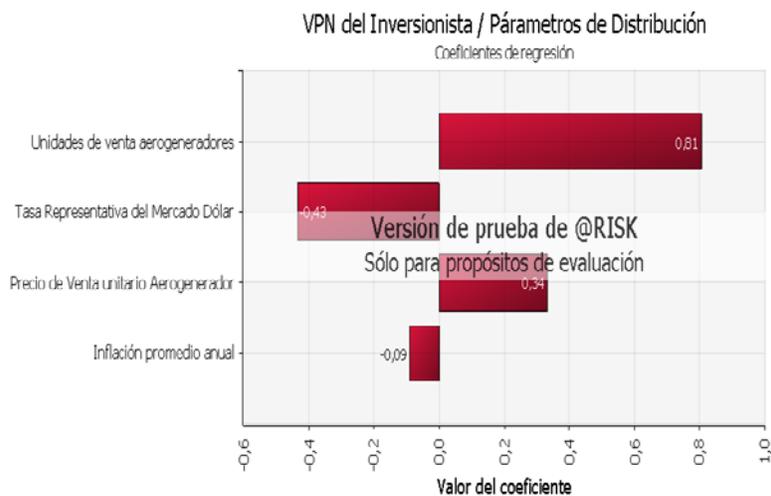


Fig. 42. Gráfico de tornado de la VPN Inversionista Variables más sensibles para el proyecto.

Se puede observar en el siguiente gráfico tornado para la VPN del Inversionista que las variables que más afectan negativamente al proyecto es la variación de la TRM y la inflación, y la más sensible al proyecto son las unidades de ventas que lo afecta positivamente.

El gráfico de tornado para la TIR del Inversionista, muestra que las variables que más afectan negativamente al proyecto es la variación de la TRM y el endeudamiento, y la más sensible al proyecto son las unidades de ventas que lo afecta positivamente.

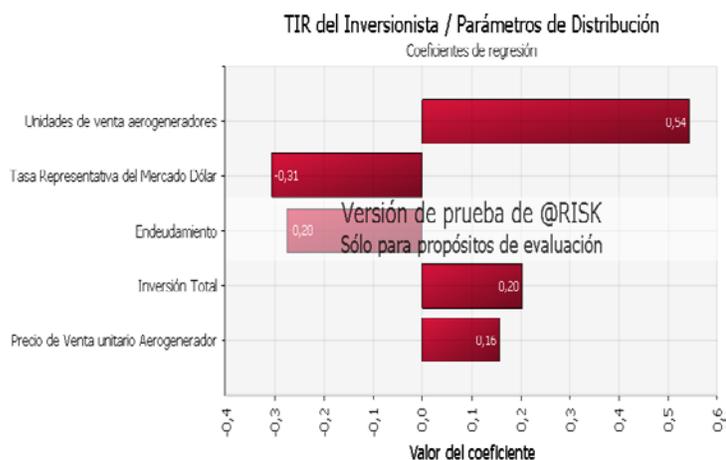


Fig. 43. Gráfico de tornado de la TIR del Inversionista Variables más sensibles para el proyecto.

El gráfico de tornado para la VPN del proyecto, muestra que las variables que más afectan negativamente al proyecto es la variación de la TRM, la inflación y la inversión total, y la más sensible al proyecto son las unidades de ventas que lo afecta positivamente.

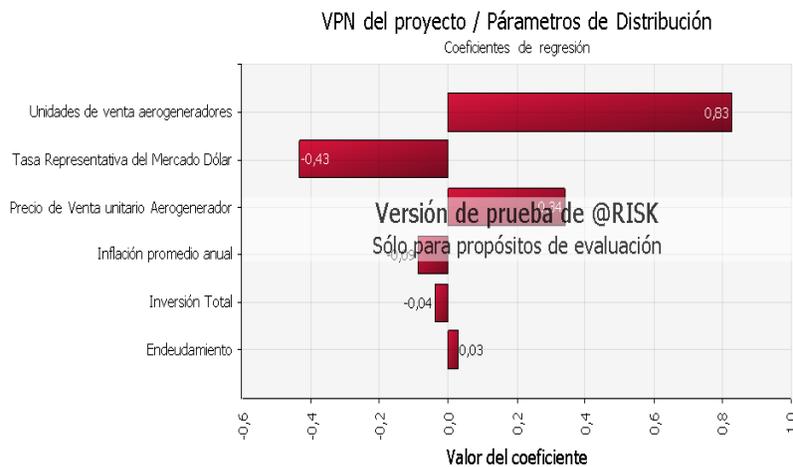


Fig. 44. Gráfico de tornado de la VPN del proyecto Variables más sensibles para el proyecto.

El gráfico de tornado para la TIR del proyecto muestra que las variables más sensibles para el proyecto son la TRM y la inflación, y la más sensible al proyecto son las unidades de ventas que lo afecta positivamente.

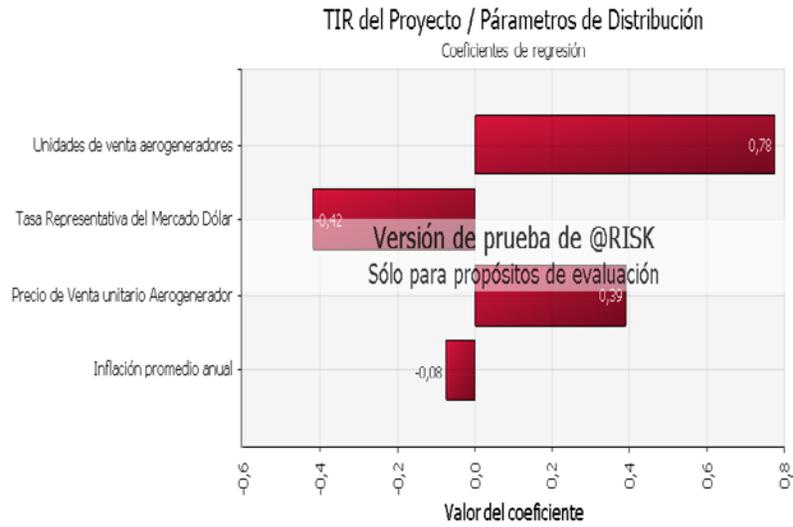


Fig. 45. Gráfico de tornado de la TIR del proyecto Variables más sensibles para el proyecto.

## 9. ESTUDIO FINANCIERO

Para la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto, se establecerán los flujos de egresos e ingresos pre-operativos y operativos, centrándose en la identificación de la propuesta de negocio, la cual permita medir cuantitativamente la información recolectada de las proyecciones del proyecto, tanto con financiación (inversionistas) como sin financiación (proyecto puro).

### 9.1. Horizonte del proyecto

El criterio para la elección del horizonte de planificación fueron los activos de mayor contribución a la inversión inicial, es decir, la maquinaria y equipos necesarios para la correcta instalación de los aerogeneradores. Además, adaptándose a los nuevos requerimientos de las Normas Internacionales de Información Financiera, se considerarán 5 años de vida útil de la maquinaria adquirida, siendo este el tiempo por el cual se analizará el proyecto.

Presente		Futuro				
Pre-operación		Operación				Valor Terminal
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2,024
Periodo	0	1	2	3	4	5
<i>Capital de trabajo</i>		<i>Inversiones Operativas</i>				<i>Liquidación</i>
<i>Inversiones Activos Fijos</i>		<i>Costos y gastos</i>				<i>Valor comercial</i>
<i>Inversiones Activos Diferidos</i>		<i>Servicio a la deuda</i>				
<i>Prestamos de Inversión</i>						

Tabla 33. Horizonte de planificación del proyecto.

### 9.2. Proyecciones de indicadores financieros

Son los indicadores que se utilizarán para la realización de las proyecciones financieras a lo largo del horizonte de planificación establecido para el proyecto, entre los cuales se

encuentran la Tasa representativa del mercado, índice del precio al consumidor IPC, inflación interna, interés del préstamo crediticio, cargas impositivas, indicadores de crecimiento del sector, y ventas (Cobertura del mercado. La construcción de dichos parámetros posee sustento en el Estudio de Entorno (sección 1). Son mostrados en la Tabla 20.

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Periodo	0	1	2	3	4	5
Inflación promedio anual	3,40%	3,20%	3,10%	3,00%	3,00%	3,00%
Índices del precio al consumidor IPC	3,50%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%	3,40%
Escenario proyectado Tasa Representativa del Mercado Dólar	\$ 3.100	\$ 3.230	\$ 3.290	\$ 3.350	\$ 3.400	\$ 3.400
Crecimiento del Sector potencial energía eléctrica referencia Planeta Rica	1,71%	2,02%	1,98%	2,27%	2,22%	2,17%
Crecimiento del Sector potencial energía eléctrica referencia Guaviare	1,85%	3,64%	1,75%	1,72%	3,39%	1,64%
Promedio crecimiento del sector potencial de energía eléctrica	1,78%	2,83%	1,87%	1,99%	2,80%	1,90%
Crecimiento del sector agropecuario	1,80%	2,90%	2,90%	2,90%	2,90%	2,90%
Cobertura del mercado		9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%

Tabla 34. Indicadores Financieros proyectados al horizonte del proyecto.

### 9.3. Rentabilidad Promedio del Mercado Rm

De acuerdo al Boletín técnico del (DANE,2019, P. 25) la economía colombiana creció 5,7% en 2019 respecto a 2018. A su turno, el valor agregado de la rama del Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado creció en 14,3%.

#### 9.4. Rentabilidad Libre de Riesgo Rf

La rentabilidad libre de riesgo se obtuvo según los valores del bono del tesoro (TES) del banco de la república con un valor de 6,254%. Subastada el 23 de agosto de 2019 (Banco de la Republica. 2019).

**Colocación no competitiva de TES en pesos colombianos**

Fecha de la subasta: Agosto 23 de 2019  
 Fecha de cumplimiento: Agosto 23 de 2019

Plazo (años)	Fecha de vencimiento (dd/mm/aaaa)	Valor nominal aprobado (pesos colombianos)	Tasa efectiva mínima	Tasa efectiva máxima	Tasa efectiva de corte	Precio correspondiente
8	26/11/2025	0,00	-	-	0,000%	0,000
16	18/10/2034	37.187.600.000,00	6,254%	6,254%	6,254%	115,683
	28/04/2028	0,00	-	-	0,000%	0,000

**Distribución de las ofertas presentadas**

Tipo de participante	Valor nominal por grupo de intermediario (pesos colombianos)
Creadores de mercado	37.187.600.000,00
<b>Total</b>	<b>37.187.600.000,00</b>

Fig. 46. Valores en Bonos del tesoro

#### 9.5. Beta desapalancado

Para el Beta desapalancado se selecciona el mercado emergente de suministro de energía, teniendo un riesgo sistemático en este mercado de 0,52 (Damoradan, 2019, January 5)

Industry Name	Number of firms	Average Unlevered Beta	Average Levered Beta	Average correlation with the market
Power	360	0,52	0,85	17,57%

Fig. 47. Beta desapalancado

## 9.6. Impuestos

Estableciendo que el proyecto va a ser constituido como persona jurídica se tienen la obligación de realizar el pago de tributos al estado, DIAN. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el pago del impuesto a la renta, impuesto de industria y comercio.

De acuerdo a los lineamientos de la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014 y Ley 1834 del 23 de mayo de 2017, establecidas para impulsar a las empresas que estén direccionadas en los sectores de la economía Naranja, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en fuentes alternativas con tecnologías renovables, tendrán derecho a reducir anualmente su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que se hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50 %) del valor total de la inversión realizada. El proyecto presentara la exclusión de bienes y servicios de IVA, sin embargo, se debe considerar los costos que implica el IVA en el valor del suministro de los materiales para consolidarlos con la declaración a la DIAN. Además, cuenta con una exención del derecho arancelario, lo cual se transfiere a menor costo de nacionalización de los productos, y por último el proyecto gozara con una declaración de la depreciación acelerada en los activos fijos, aumentando así la utilidad para mayores inversiones a la estructura del negocio.

Descripción	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
Impuesto de renta Tasa Nominal	32%	31%	30%	30%	30%
Incentivos a la generación de energías no convencionales Ley 1715 Artículo 11. Reducción del 50% del impuesto de renta	16%	16%	15%	15%	15%
Industria y Comercio (ICA) 7 X 1000 de acuerdo a la actividad económica	\$ 8.224.510	\$ 9.658.478	\$ 10.335.790	\$ 11.046.167	\$ 11.788.756
Impuesto FIC Decreto 2375 de 1974 (0,25% del valor del proyecto)	\$ 2.937.325	\$ 3.449.457	\$ 3.691.354	\$ 3.945.060	\$ 4.210.270

Fig. 48. Impuestos establecidos para el modelo de negocio.

## 9.7. Inversiones

### 9.7.1. Inversiones en Activos fijos

Para el desarrollo se requiere una inversión en activos fijos cercana a los \$ 111 millones de pesos, distribuidos en su mayoría entre máquina y equipo como el activo de mayor inversión, seguida por la inversión en equipos de oficina y por último la dotación técnica del personal. Dichos valores se representan en la Fig. 17, esta inversión se realizará en su totalidad para el año 2019, la cual será anticipada al año de implementación. Posteriormente se tienen previstas otras reinversiones para activos de maquinaria y equipos maquinaria en un mayor porcentaje que serán necesarias para la correcta instalación y disposición de los aerogeneradores, en total la inversión restante en el horizonte de planeación es cercano a los 100 millones.

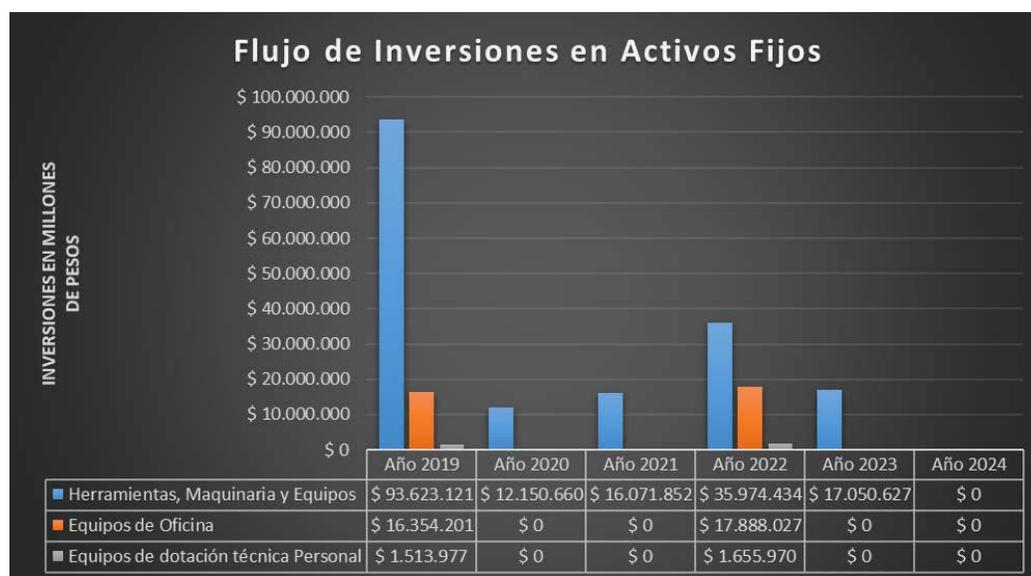


Fig. 49. Flujo de Inversiones Activos Fijos

## **9.7.2. Capital de trabajo por el Método del déficit acumulado máximo**

Se establece que, dados los ciclos de negociación identificados en este sector de la industria, el capital de trabajo necesario para llevar a cabo la operación del proyecto corresponde a 1 año de los costos y gastos de la misma. Además, se identificaron las siguientes condiciones, para proyectar el máximo déficit presente en los años en los que esta estipulado el horizonte del proyecto.

### **9.7.2.1. Escenarios de Máximo Déficit acumulado para el proyecto**

- Cuentas por cobrar Ventas Aerogenerador se cobra a 90 días
- Cuentas por pagar elementos importados (50% Anticipo - 50% contra entrega 30 días)
- Cuentas por pagar Equipos de obra eléctrica se paga a 30 días
- Cuentas por pagar Obra Civil (50% Anticipo - 50% contra entrega 30 días)
- Cuentas por pagar consumibles se paga a 30 días
- Mano de Obra Mensual Instalación de aerogeneradores
- Elementos de protección personal Cada 4 meses se suministra la dotación al personal
- Transporte Mensual de materiales y equipos a obra por aerogenerador
- Gastos de Alquiler por mes
- Gastos de Papelería por mes
- Gastos de Servicios Generales por mes
- Gastos Póliza Responsabilidad Civil (Tasa de interés 0,15% sobre el 20% del contrato)
- Gastos de Prima Póliza cada vez que se Instala un aerogenerador
- Gastos Imprevistos cada vez que se Instala un aerogenerador
- Gastos Impuesto FIC Decreto 2375 de 1974 al liquidar la instalación de cada aerogenerador
- Gastos Industria y Comercio (ICA), al liquidar la instalación de cada aerogenerador

- Incentivos a la generación de energías no convencionales Ley 1715 Artículo 11. Reducción del 50% del impuesto de renta, al finalizar el año
- Impuesto ingreso no operativo
- Reinversión de Herramientas, Maquinaria y Equipos Se paga a 30 días
- Reinversión Equipos de Oficina Se paga a 30 días
- Reinversión Equipos de dotación técnica Personal Se paga a 30 días

Se requiere un capital de trabajo inicial aproximadamente de \$ 188 millones de pesos para cubrir los gastos del primer año.



*Fig. 50. Flujo de Capital de Trabajo*

El proyecto requiere de una Inversión Total de **\$ 299.764.818,08** para iniciar las poder cumplir con los ciclos de operación para el primer año de consecución del proyecto.

## 9.8. Financiación y estructura de Capital

Se plantea una estructura de financiación 55% para los pasivos y 45% para el patrimonio, la cual se distribuye \$ 134.894.168 como capital propio y \$ 164.870.650 serán financiados

por un crédito bancario con una tasa de 14,25%, representados en puntos EA DTF adicionales al Capital de trabajo y consolidación de pasivos Crédito Bancoldex del 8% adicionando el Spread Efectivo Anual de 6,25%, para un periodo de 5 años. En la siguiente grafica se representa el servicio a la deuda con respecto al prestamo establecido por la entidad Bancaria.



Fig. 51. Servicio a la deuda Crédito Bancoldex

### 9.9. Flujo de Ingresos

Para el primer año de operación se esperan ventas del 60% de la cobertura del mercado potencial, que equivale a un total de 19 aerogeneradores, esperando para el último año una incremento del mercado potencial de grandes productores del 45%, y un incremennto en las ventas del 21% de la cantidad total producida para dicho año lo cual equivale a un total de 23 aerogeneradores. Estas proyecciones en ventas tienen como base la participación en el mercado, población objetivo y el crecimiento de la misma, según el estudio de mercado.

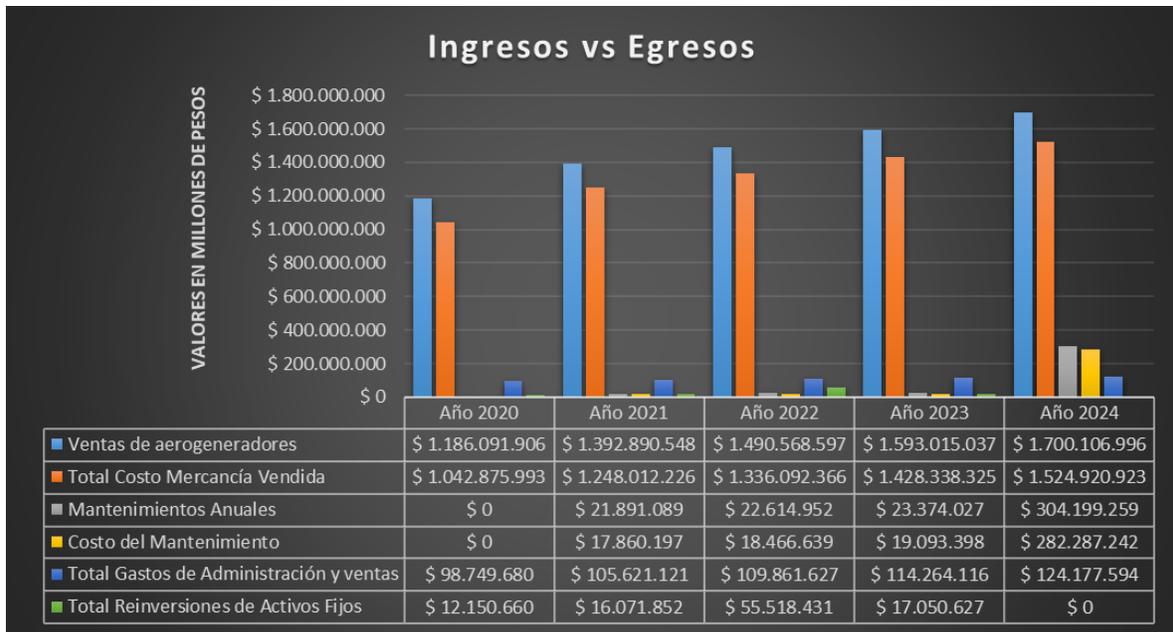


Fig. 52. Ingresos vs Egresos

#### 9.10. Porcentaje de participación costos y gastos de operación

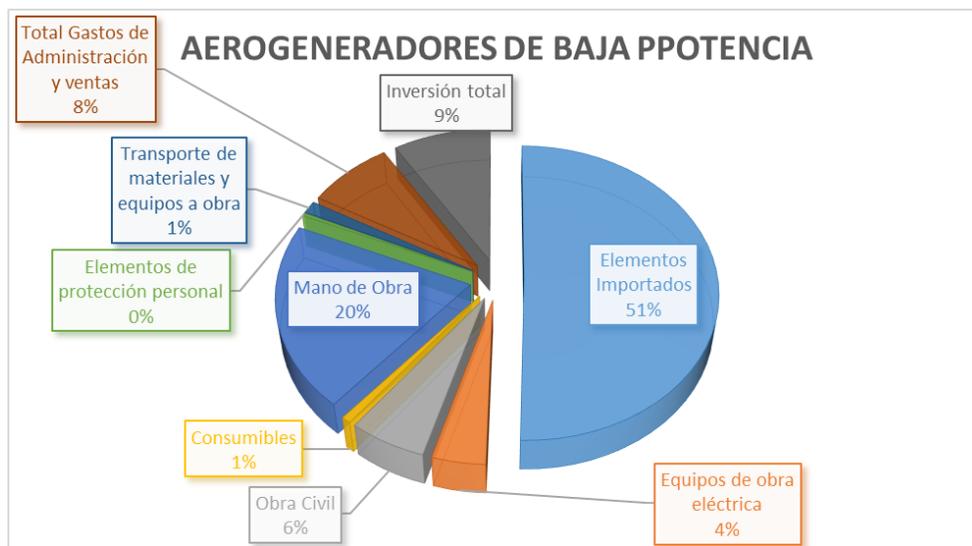


Fig. 53. Porcentaje de participación costos y gastos de operación

Para la Instalación de los aerogeneradores, el costo asociado a los elementos de importación es del 51% del costo total de la obra. Esto es muy crítico dado a que las importaciones dependen principalmente de la tasa de cambio, la cual tiene un alto riesgo de volatilidad, que puede beneficiarnos o generar grandes pérdidas de acuerdo a las proyecciones macroeconómicas establecidas.

También tenemos la mano de obra que representa el 20% del costo total de la obra, puede resultar como una ventaja ya que podemos optimizar los tiempos de instalación y de administración de los recursos.

**9.11. Flujo de Caja del Proyecto**

Mediante los flujos de caja se determinará la viabilidad desde el punto de vista del inversionista y del proyecto, el flujo de caja del proyecto representado en la Fig. 42, muestras que para el primer año es un flujo de caja negativo, lo que implica que el capital necesario iniciar el proyecto debe ser mayor al asignado inicialmente.

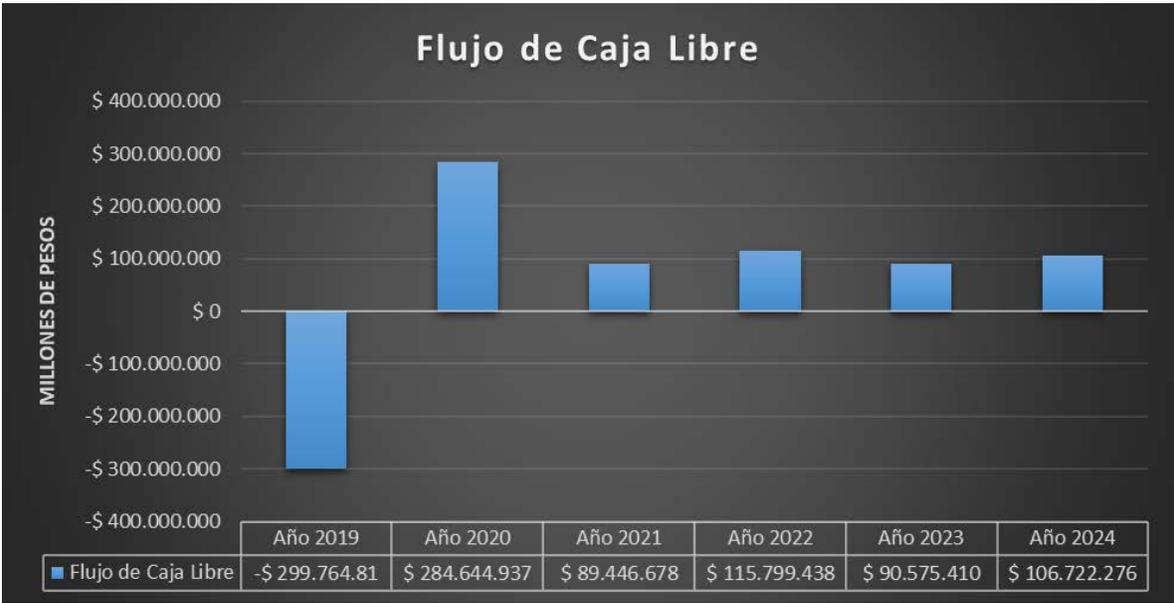


Fig. 54. Flujo de Caja del Proyecto.

El flujo de caja del proyecto presenta una tasa interna de retorno (TIR) de 48.85 %, superior al costo del capital calculado para todos los períodos excepto el quinto año de evaluación, (13.16 %), y un valor presente neto (VPN), descontando los flujos hasta el período pre-operativo a su WACC correspondiente, mayor a cero, indicando que el proyecto es viable bajo el escenario proyectado.

Evaluación del Proyecto sin Financiación	
VPN Proyecto	\$ 221.113.757,44
TIR Proyecto	48,85%
Beneficio /Costo	1,71
Costo de capital WACC	13,16%

Tabla 35. Evaluación del proyecto sin financiación

**9.11.1. Payback o período de recuperación del proyecto**

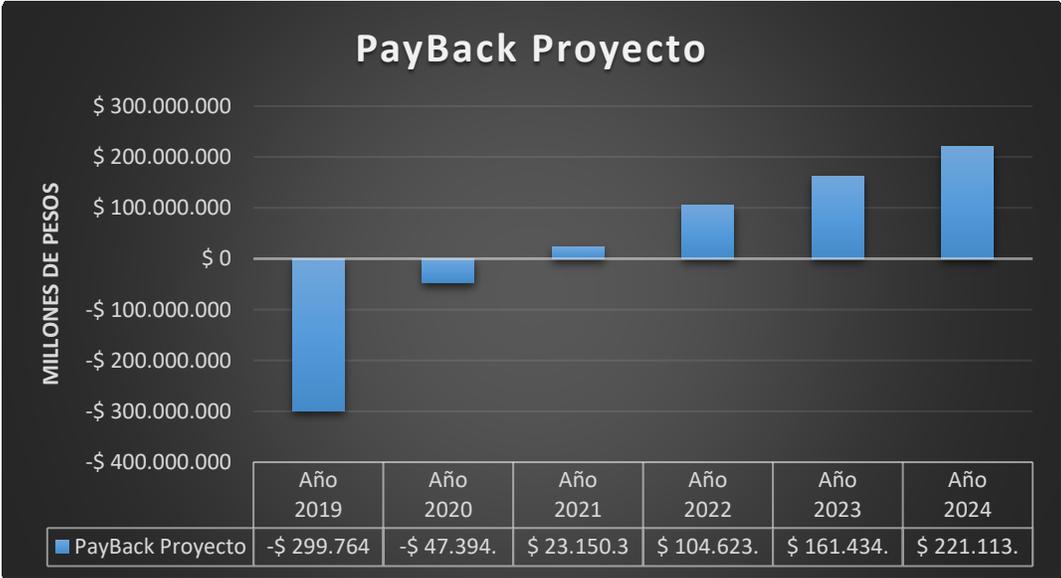


Fig. 55. PayBack del Proyecto

Este flujo permite determinar que el quinto período de operación es aquel en el cual se da la recuperación de la inversión inicial, tal como se muestra en la Fig. 55. Vale la pena mencionar que los flujos fueron descontados al WACC determinado para cada período.

**9.12. Flujo de Caja del Inversionista**

Para el flujo de caja del inversionista se evidencia perdidas igualmente en el primer año de operación como se puede observar en el Fig. 56., sin embargo, se puede diferenciar con respecto al flujo de caja del proyecto que para el primer año la inversión es menor con un valor de \$ 134.894.168 aunque el retorno de la inversión en el ciclo de operación es menor.



Fig. 56. Flujo de Caja del Inversionista

El flujo del Inversionista presenta una tasa interna de retorno (TIR) de 91.98 %, superior al costo del patrimonio de los socios ( $k_e = 14.71\%$ ), y un valor presente neto (VPN), descontando los flujos hasta el período preoperativo a la tasa del costo de capital de los socios, mayor a cero, indicando que el proyecto es viable bajo el escenario proyectado.

Evaluación del Proyecto con Financiación	
VPN Inversionista	\$ 169.741.676,07
TIR Inversionista	91,98%
Beneficio /Costo	2,19
Ke Inversionista	14,71%

Tabla 36. Evaluación del proyecto con financiación

### 9.12.1. Payback o período de recuperación del inversionista

Este flujo permite determinar que el tercer período de operación, es aquel en el cual los inversionistas consiguen recuperar la inversión inicial, tal como se muestra en la Fig. 57. Vale la pena mencionar que los flujos fueron descontados al  $k_e$  establecido para el costo de capital de los socios.

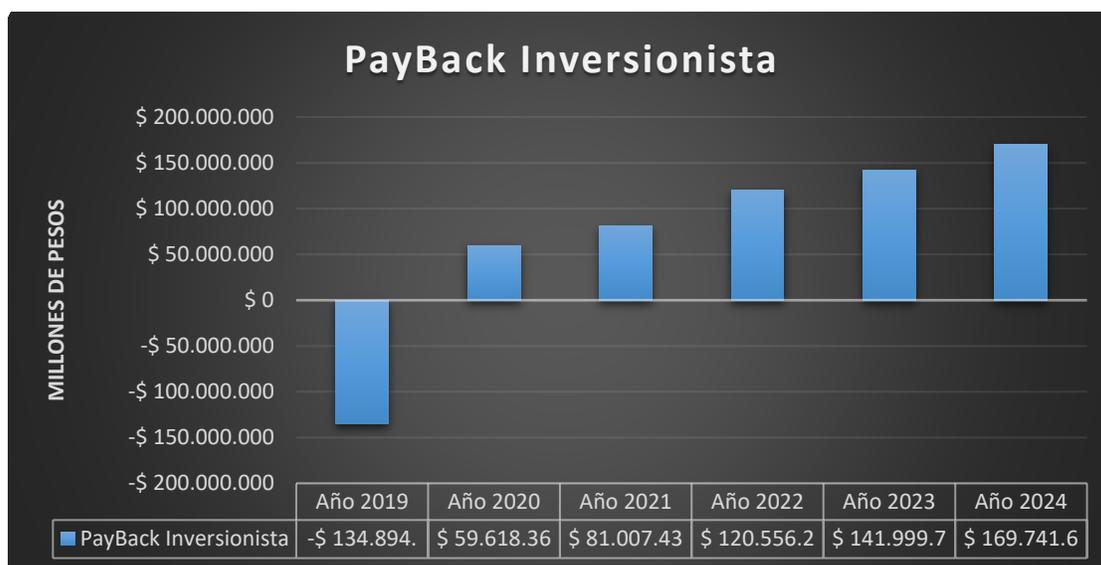


Fig. 57. PayBack Inversionista

### 9.13. Razones financieras

En la tabla 38 se muestran las razones financieras obtenidas a partir de la información de los flujos registrados anteriormente. Es posible observar que todos los indicadores

financieros evaluados sufren incrementos al pasar el primer periodo hasta el tercer período de proyección. Los indicadores de rentabilidad sobre recursos propios (ROE) y retorno sobre las ventas (ROS) disminuyen a partir del tercer año, el rendimiento sobre los activos (ROA) y retorno de la inversión (ROI) disminuyen a partir del cuarto año, efecto que puede atribuirse al incremento de la depreciación acelerada y el aumento de la TRM en los elementos importados, este último, afecta directamente los costos del proyecto, y debido a que el precio de venta permanece fijo al año, el proyecto es el que deberá respaldar estos sobre costos.

	1	2	3	4	5
RAZONES (RATIOS)	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
ROA (Ebit/Activos Totales)	23,63%	22,52%	20,79%	16,31%	14,95%
ROE (Utilidad Neta / Capital Social Acumulado)	22,63%	23,68%	24,90%	23,17%	19,74%
ROI (Utilidad Neta / Inversión Total)	10,18%	10,66%	11,21%	10,42%	8,88%
ROS (Utilidad Neta / Ventas Netas)	2,54%	2,26%	2,23%	1,67%	1,57%

Tabla 37. Razones Financiera

#### 9.14. Relación flujo de caja libre/servicio a la deuda

Este flujo permite determinar la capacidad del proyecto para cubrir las obligaciones con las fuentes de los préstamos realizados para financiar la operación.

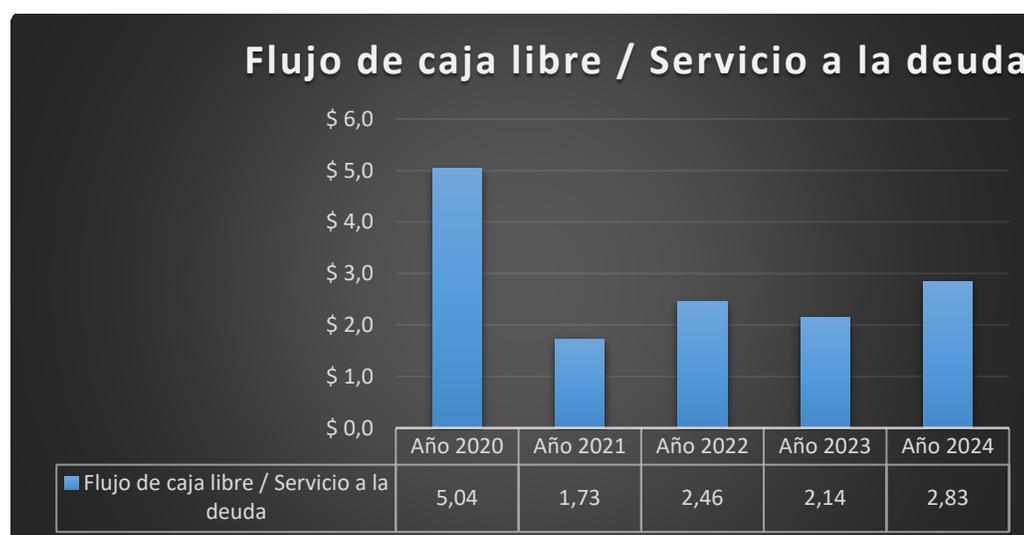


Fig. 58. Flujo de caja libre / Servicio a la deuda

### 9.15. Análisis de Sensibilidad Punto de equilibrio

De acuerdo al análisis se tiene el punto de equilibrio, tanto para las unidades proyectadas como para el precio de venta, los cuales son los mínimos para no generar pérdida en el proyecto, teniendo una rentabilidad promedio de 4,78% en el periodo de evaluación.

Periodo	Año 2020	Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024
Unidades proyectadas	19	20	21	22	23
Precio de Venta Aerogenerador	\$ 62.425.890	\$ 69.644.527	\$ 70.979.457	\$ 72.409.774	\$ 73.917.695
Costo Variable Unitario Aerogenerador	\$ 54.888.210	\$ 62.400.611	\$ 63.623.446	\$ 64.924.469	\$ 66.300.910
Cantidad Punto de Equilibrio	11	11	11	12	12
Precio de Venta Mínimo del Aerogenerador	\$ 57.234.484	\$ 68.501.953	\$ 70.813.636	\$ 67.029.031	\$ 69.261.064

Tabla 38. Ventas y unidades en Punto de equilibrio



Fig. 59. Ingresos proyectados vs Punto de equilibrio

## 10. CONCLUSIONES

- Según el estudio financiero realizado, solo bajo un escenario de una TRM por debajo de los \$3200, con una participación en el mercado de más del 30% y con un descuento en el precio solo hasta un 4% del valor actual, el proyecto sería financieramente viable. Sin embargo, es una competencia bastante apretada frente a otras alternativas de energías renovables como la solar.
- Al momento de analizar el proyecto frente a diversos escenarios, se puede evidenciar la inviabilidad financiera del mismo, debido a la volatilidad de la TRM y la dependencia que tiene el proyecto con esta; dado que las importaciones representan más del 50% de los costos asociados a las ventas.
- Una solución para ser competitivos podría ser la de estudiar la factibilidad de producir los aerogeneradores en el país, reduciendo o eliminando la dependencia con la TRM. Sin embargo, este sería otro estudio el cual queda fuera del alcance inicialmente planteado.
- Para lograr ser competitivos, es importante considerar el precio de venta objetivo respecto a otras alternativas. Así, considerando el IPC y el efecto inflacionario, lo ideal es estar debajo de \$61,7 millones al primer año, y llegar al último año por debajo de los \$79.7 millones.
- Si bien la TRM es uno de los factores del entorno económico que representa un riesgo en el proyecto, no se pueden descuidar otros aspectos como los retrasos en la fabricación/importación de equipos, o la compra de materias primas. De ahí, que estrategias directas y el apoyo con el/los proveedores, sean fundamentales a la hora de mitigar (o transferir) el impacto de dichos riesgos.

- Desde el análisis técnico, el municipio de Arjona y gran parte de la zona costera y del Canal del Dique, presenta unos factores climáticos benéficos para la implementación de los aerogeneradores como solución a la demanda de energía eléctrica. Sin embargo, queda claro que, al ser un municipio pequeño, se debe hacer un esfuerzo especial en el plan de marketing, puesto que se debe alcanzar una buena cuota del mercado objetivo para mantener la viabilidad del proyecto.
- Al realizar la simulación de la tasa de endeudamiento con respecto al Ke del inversionista, se evidencia que hay estructuras financieras en las que el proyecto, se evidencia que a medida que pasan los años Ke va disminuyendo, ya que hay un mayor retorno de la inversión y el riesgo de la inversión es menor, por lo tanto, a medida que hay un aumento en el índice de endeudamiento aumenta el Ke, pero disminuye en cada año transcurrido.

## 11. RECOMENDACIONES

- Varias de las decisiones tomadas, fueron basadas en informaciones encontradas en la red y no supervisadas por un experto; Para un informe más preciso se recomienda la supervisión de este.
- Al trabajar con aerogeneradores estamos tratando de disminuir algún tipo de impacto ambiental negativo, que por lo general podría producir una planta de energía hidroeléctrica en nuestro país, principalmente en el proceso de la instalación y funcionamiento de los aerogeneradores de baja potencia. Una recomendación en este tipo de proyectos es experimentar en otros lugares donde se cuente con gran potencial eólico, para poder satisfacer una necesidad, brindar un buen servicio, tal vez no innovador, pero sí muy interesante para trabajarlo en muchas zonas del país.
- Hoy en día se están implementando en el mundo combinaciones de varias tecnologías para la generación de energía eléctrica, con el fin de aumentar la potencia del proceso y brindar un mejor servicio eléctrico. Por esta razón se recomienda determinar si agregar paneles solares (aprovechamiento de energía solar) a los aerogeneradores puede aumentar la eficiencia y la potencia del proceso completo y la viabilidad del mismo.
- El estudio tiene como consideración la importación de equipos, lo que hace que su rentabilidad sea vulnerable a la volatilidad del dólar, y su reevaluación sobre el peso colombiano. Es interesante, por tanto, plantear una evaluación de prefactibilidad considerando la fabricación de tales equipos en Colombia. Sin embargo, queda por fuera del alcance de este documento.
- Los riesgos que se plantearon en el estudio respectivo son basados en suposiciones plausibles y bajo el contexto de los demás estudios realizados, para una mejor estimación de los mismos, se deben especificar con más detalle y bajo juicio de expertos, en un nivel de factibilidad.

## 12. REFERENCIAS

Banco de la República. (s.f.). *Comunicados de prensa emitidos por la junta*. Recuperado el 2 de noviembre, de <https://www.banrep.gov.co/es/comunicados-junta>

Banco de la República. (s.f.). *Índice de precios al consumidor (IPC)*. Recuperado el 14 de agosto, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>

Bancolombia Capital Inteligente (Octubre, 2018) *Proyecciones económicas Colombia 2019*. Recuperado el 15 de septiembre de 2019. De: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/informe-anual-proyecciones>

Banco de la República. (s.f.). *Comunicados de prensa emitidos por la junta*. Recuperado el 2 de noviembre, de <https://www.banrep.gov.co/es/comunicados-junta>

Banco de la República. (s.f.). *Índice de precios al consumidor (IPC)*. Recuperado el 14 de agosto, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>

Banco de la República. (s.f.). *Recuadro 1: Una descomposición histórica del índice de confianza del consumidor en Colombia*. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <http://www.banrep.gov.co/es/recuadro-1-descomposicion-historica-del-indice-confianza-del-consumidor-colombia>

Banco de la República. (s.f.). *Tasas de interés de política monetaria*. Recuperado el 31 de octubre de 2019, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-interes-politica-monetaria>

Banco de la República. (2019). *Tasa Representativa del Mercado (TRM – Peso por dólar)*. Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Banco de la República. (s.f.). *Recuadro 1: Una descomposición histórica del índice de confianza del consumidor en Colombia*. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <http://www.banrep.gov.co/es/recuadro-1-descomposicion-historica-del-indice-confianza-del-consumidor-colombia>

Banco de la República. (s.f.). *Tasas de interés de política monetaria*. Recuperado el 31 de octubre de 2019, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-interes-politica-monetaria>

Banco de la República. (2019). *Tasa Representativa del Mercado (TRM – Peso por dólar)*. Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Banco de la República. (2019, 05 de noviembre). *Boletín de indicadores económicos*. Recuperado el 10 de noviembre, de <http://www.banrep.gov.co/economia/pli/bie.pdf>

Banco de la Republica (2019). TES Pesos. Recuperado el 18 de septiembre de 2019. <http://www.banrep.gov.co/es/tes-pesos>.

BBC. (2019, 09 de agosto). *¿Por qué la devaluación de yuan dispara el precio del dólar (y cómo te puede afectar)?* Recuperado el 20 de septiembre de 2019, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49268378>

BBC. (2019, 31 de octubre). *Protestas en Chile: las consecuencias económicas y de imagen de la cancelación de 2 grandes cumbres internacionales por el estallido social*. Recuperado el 7 de noviembre, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-50241141>

Bloomberg. (2019, 13 de octubre). *Crude declines as U.S.-China trade deal optimism vanishes*. Recuperado el 15 de octubre de 2019, de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-13/crude-oil-extends-gains-on-trade-optimism-middle-east-tensions>

CNN Español. (2019, 05 de noviembre). *Las protestas en Bolivia dejan 167 millones de dólares en pérdidas, según ministro*. Recuperado el 9 de noviembre, de <https://cnnespanol.cnn.com/2019/11/05/alerta-ministerio-de-economia-anuncia-perdidas-por-paro-en-bolivia/>

Corficolombiana. (2019) Proyecciones Económicas Recuperado el 18 de septiembre de 2019 <https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/analisis-mercados/investigacioneseconomicas/proyecciones-economicas>

CORPORACIÓN GRUPO ZILA (2018). Diagnóstico; Componente social del plan de ordenamiento territorial departamental Bolívar – POTD -, p.. 38. Recuperado el 12 de septiembre de 2019. [http://www.podbolivar2018.com/docs/diagnostico/DIAGNOSTICO\\_SOCIAL.pdf](http://www.podbolivar2018.com/docs/diagnostico/DIAGNOSTICO_SOCIAL.pdf)

Damoradan.(2019, January 5) Data Current. Total Beta By Industry Sector, Emerg Mkt. Recuperado el 18 de septiembre de [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datacurrent.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html)

DANE, “Encuesta nacional de calidad de vida 2017,” 2017.

DANE. (2005). *Boletín censo general 2005: Perfil Arjona-Bolívar*. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/bolivar/arjona.pdf>

DANE (2010). PROYECCIONES DE POBLACIÓN MUNICIPALES POR ÁREA Recuperado el 12 de septiembre de 2019. [https://www.dane.gov.co/poblacion/ProyeccionMunicipios2005\\_2020](https://www.dane.gov.co/poblacion/ProyeccionMunicipios2005_2020)

- DANE (2012). Resultados Censo General 2005. Necesidades Básicas Insatisfechas - NBI, por total, cabecera y resto, según municipio y nacional. Recuperado el 12 de septiembre de 2019. [https://www.dane.gov.co/files/censos/resultados/NBI\\_total\\_cab\\_resto\\_mpio\\_nal.xls](https://www.dane.gov.co/files/censos/resultados/NBI_total_cab_resto_mpio_nal.xls)
- DANE. (2019) Boletín Técnico. Producto Interno Bruto (PIB) I Trimestre de 2019 preliminar. Recuperado el 12 de septiembre de 2019. p. 25. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol\\_PIB\\_Itrim19\\_produccion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Itrim19_produccion.pdf)
- DANE. (2019) Índice de precios al consumidor (IPC). Recuperado el 18 de septiembre de 2019 <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-historico>
- DANE. (2019, 14 de noviembre). *Comunicado de prensa – Producto Interno Bruto III trimestre 2019*. Recuperado el 17 de octubre, de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol\\_PIB\\_IIItrim19\\_produccion\\_y\\_gasto.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IIItrim19_produccion_y_gasto.pdf)
- DANE. (2019, 18 de octubre). *Boletín técnico – Importaciones (IMPO)*. Recuperado el 6 de octubre, de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/importaciones/bol\\_impo\\_ago19.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/importaciones/bol_impo_ago19.pdf)
- DANE. (2019, 31 de octubre). *Boletín técnico – Principales indicadores del mercado laboral*. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- DANE. (2019, 05 de noviembre). *Boletín técnico – índice de precios al consumidor (IPC) octubre 2019*. Recuperado el 8 de noviembre, de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/bol\\_ipc\\_oct19.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/bol_ipc_oct19.pdf)

- Davivienda. (2018, 09 de abril). *¿Qué determina el precio del dólar en Colombia?* Recuperado el 20 de septiembre de 2019, de <https://www.misfinanzasparainvertir.com/que-determina-el-precio-del-dolar-en-colombia/>
- Dinero. (2018, 29 de junio). *Qué es la curva de Yield o de rendimientos y como podría anticipar la próxima recesión.* Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.dinero.com/inversionistas/articulo/como-la-curva-de-rendimientos-puede-anticipar-la-proxima-recesion/259750>
- Dinero. (2019, 05 de septiembre). *Bolsas celebran negociaciones entre Estados Unidos y China.* Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.dinero.com/economia/articulo/apertura-de-bolsas-en-el-mundo-jueves-5-de-septiembre-de-2019/276535>
- Dinero. (2019, 16 de septiembre). *Crece la producción de petróleo y gas.* Recuperado el 10 de octubre, de <https://www.dinero.com/empresas/confidencias-online/articulo/produccion-de-petroleo-y-gas-a/277316>
- Dinero. (2019, 09 de octubre). *“En el tercer trimestre la economía creció 5,6%”: Alberto Carrasquilla.* Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/crecimiento-economico-en-colombia-de-2019/277786>
- D. Toscano, G. Pérez, J. Macías & O. Vilches. (2019). *La sostenibilidad o sustentabilidad como revolución cultural, tecnocientífica y política.* OEI, Recuperado el 15 de abril de 2019 <http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=000>.
- DWIA. (7 de mayo, 2003). DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. *Coefficiente de potencia.* Recuperado el 4 de julio de 2019. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/cp.htm>.

DWIA. (7 de mayo, 2003). DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. Distribución Weibull. Recuperado el 4 de julio de 2019. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm>.

E. M. Jalilie. (2016). *Plan de desarrollo municipal 2016-2019*. Recuperado el 20 de agosto, de <https://tupale.co/milfs/archivos/?archivo=c58681e8376f89b926b085bc92dc2ec3.pdf>

Edenor. (2019). *Programa de energía eficiente*. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de <https://simulador.edenor.com/>

El Espectador. (2019, 19 de septiembre). *¿Qué implica un petróleo y un dólar al alza?* Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de <https://www.elespectador.com/economia/que-implica-un-dolar-y-un-petroleo-al-alza-articulo-881960>

El Espectador. (2019, 1 de octubre). *¿Por qué está subiendo el desempleo en Colombia?* Recuperado el 18 de noviembre de 2019, de <https://www.elespectador.com/economia/por-que-esta-subiendo-el-desempleo-en-colombia-articulo-883869>

El País - Economía. (2019, 8 de noviembre). *Histórico del precio Brent*. (Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de [https://cincodias.elpais.com/mercados/materias-primas/petroleo\\_brent/1/](https://cincodias.elpais.com/mercados/materias-primas/petroleo_brent/1/)

F. A. Cortés. (s. f.) *2do Foro en Gestión de Servicios de TI. ¿Cómo gestionar servicios de alto valor en la nueva Economía Digital?* Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de <https://sistemas.uniandes.edu.co/images/forosisis/foros/fgsti2/Felix-Cortes.pdf>

F. A. Cortes. (2005) Docentes Universidad Nacional de Colombia. *Sistemas de Información, Decisión multicriterio*. Recuperado el 10 de septiembre de 2019

<http://www.docentes.unal.edu.co/facortesa/docs/SISTEMASDEINFORMACISI/04%20b%20METODOS%20DE%20DECISION%20MULTICRITERIO.pp>

Front Generator Wind Turbine. H6.4-5KW Off Grid Wind Turbine. Recuperado el 15 de agosto de 2019. [http://www.allwindturbine.com/products\\_info/H6-4-5KW-Off-Grid-Wind-Turbine-229882.html](http://www.allwindturbine.com/products_info/H6-4-5KW-Off-Grid-Wind-Turbine-229882.html)

Front Generator Wind Turbine (2019). Hummer 10KW Wind Generator Cost. Recuperado el 15 de Agosto de 2019. De: [http://www.allwindturbine.com/products\\_info/Hummer-10KW-Wind-Generator-Cost-228106.html](http://www.allwindturbine.com/products_info/Hummer-10KW-Wind-Generator-Cost-228106.html)

Fedesarrollo. (2019, septiembre). *Encuesta de Opinión al Consumidor – Boletín N°215*. Recuperado el 10 de noviembre, de <https://www.fedesarrollo.org.co/encuestas/consumidor-eoc>

Fedesarrollo. (2019, septiembre). *Prospectiva económica – septiembre 2019*. Recuperado el 30 de octubre, de <https://www.fedesarrollo.org.co/prospectiva-economica>

G. A. Ahumada & L. D. Penso. (2014, diciembre). Caracterización socioeconómica de la subregión del Canal del Dique. *Aguaita*, 26. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de <https://fondodeaguacartagena.org/wp-content/uploads/2017/10/pub-002-ahumada-y-penso-2014.pdf>

Gobernación de Bolívar. (2016). *Plan de desarrollo 2016-2019*. Recuperado el 20 de agosto de 2019, de <https://www.bolivar.gov.co/index.php/gobierno-transparente/planeacion-y-gestion/planes-de-desarrollo>

Grupo Aval. (2019). *Dólar: Datos históricos*. Recuperado el 09 de noviembre de 2019, de <https://www.grupoaval.com/wps/portal/grupo-aval/aval/portal-financiero/monedas/dolar/datos-historicos>

Grupo Bancolombia (2018). Informe Anual de Proyecciones Económicas Colombia - 2019  
Recuperado el 20 de septiembre de 2019 <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/informe-anual-proyecciones>

Grupo Bancolombia. (2018, octubre). *Proyecciones económicas Colombia 2019*.  
Recuperado el 21 de septiembre de 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas>

Grupo Bancolombia. (2019, 5 de marzo). *Panorama energético de Colombia*. Recuperado el  
25 de septiembre de 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/especiales/especial-energia-2019/panorama-energetico-colombia>

HAYS Recruiting experts worldwide (2018). GUÍA SALARIAL COLOMBIA 2018.  
ANÁLISIS Y TENDENCIAS SALARIALES DEL MERCADO LABORAL.  
Recuperado el 22 de septiembre de 2019. [https://www.hays.com.co/cs/groups/hays\\_common/@co/@content/documents/digitalasset/hays\\_2180326.pdf](https://www.hays.com.co/cs/groups/hays_common/@co/@content/documents/digitalasset/hays_2180326.pdf)  
[https://www.hays.com.co/cs/groups/hays\\_common/@co/@content/documents/digitalasset/hays\\_2180326.pdf](https://www.hays.com.co/cs/groups/hays_common/@co/@content/documents/digitalasset/hays_2180326.pdf)

J. Arboleda. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín. Recuperado el 14 de abr. de 2019, de <https://www.pdfdrive.com/manual-para-la-evaluaci%C3%B3n-de-impacto-ambiental-de-proyectos-obras-o-actividades-d156716575.html>

J. A. Sáenz & Y. C. Mendoza & M. E. Barraza & M. A. Paredes. (2014). *Diagnóstico socioeconómico de los municipios de la subregión Canal del Dique y Zona Costera*.  
Recuperado el 28 de octubre, de [https://www.cccartagena.org.co/sites/default/files/revistas\\_pdf/articulo\\_3\\_2.pdf](https://www.cccartagena.org.co/sites/default/files/revistas_pdf/articulo_3_2.pdf)

J. G. Esther, Plan de desarrollo Municipal (2016 – 2019), Arjona Incluyente y solidaria. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 <https://tupale.co/milfs/archivos/?archivo=c58681e8376f89b926b085bc92dc2ec3.pdf>

La República. (2019, 4 de abril). *Cartagena, el cuarto puerto marítimo con mayor tráfico de carga en Latinoamérica*. Recuperado el 21 de noviembre, de <https://www.larepublica.co/globoeconomia/cartagena-el-cuarto-puerto-maritimo-con-mayor-trafico-de-carga-en-latinoamerica-2847386>

La República. (2019, 31 de mayo). *Duplicando el ingreso-real per cápita en Colombia*. Recuperado el 20 de noviembre, de <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/duplicando-el-ingreso-real-per-capita-en-colombia-2869339>

La República. (2019 a, 13 de agosto). *Conozca cuáles son las monedas más devaluadas en América Latina*. Recuperado el 28 de septiembre de, <https://www.larepublica.co/globoeconomia/conozca-cuales-son-las-monedas-mas-devaluadas-en-america-latina-2895639>

La República. (2019 b, 13 de agosto). *En un año, PIB per cápita en Colombia perdió US\$1.000 por devaluación*. Recuperado el 20 de noviembre, de <https://www.larepublica.co/finanzas/en-un-ano-pib-per-capita-en-colombia-perdio-us1000-por-devaluacion-2895585>

L. Ernesto, M. Castro, M. Fernando, M. Olano, L. C. R. R, and H. J. Z. L, “Energías Renovables: Descripción, tecnologías y usos finales,” UPME.

LEY 1834 (23 de mayo, 2017). ECONOMÍA CREATIVA LEY NARANJA. Recuperado el 25 de septiembre de 2019. De: <https://dapre.presidencia.gov>.

co/normativa/normativa/LEY%201834%20DEL%2023%20DE%20MAYO%20DE%202017.pdf

M. E. Porter.(2009) Corporation. Ser competitivo. 9° Edición DEUSTO.

M. J. Cuesta, M. Pérez & J. A. Cabrera (2008). *Aerogeneradores de potencia inferior a 100kW*, p. 1-37.

Ministerio de Comercio. (2019). *Información: Perfiles económicos departamentales*. Recuperado el 17 de octubre, de <http://www.mincit.gov.co/getattachment/695d114c-b233-479a-8e74-ca608f79012a/Bolivar.aspx>

Precio del Barril de Petróleo Brent Vigente. (2019). Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de <https://dolar.wilkinsonpc.com.co/commodities/petroleo-brent.html>

Presidencia de la República de Colombia. (2019, 02 de septiembre). *En el primer semestre de 2019, la Inversión Extranjera Directa (IED) registra su mayor nivel desde 2016*. Recuperado el 28 de septiembre, de <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/En-el-primer-semester-de-2019-la-Inversion-Extranjera-Directa-IED-registra-su-mayor-nivel-desde-2016-190902.aspx>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2009). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Recuperado el 16 de septiembre de 2019, de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>

P. Glavic & R. Lukman,(2007) Review of sustainability tems and their definitions, (18th ed). Maribor, Slovenia: University of Maribor, p.1876-1875

PWC. (2019) Reforma Tributaria. Recuperado el 18 de septiembre de 2019. <https://www.pwcimpuestosonlinea.co/TLSTimes/Boletines/Resumen%20Completo>

%20de%20la%20Ley%20de%20Financiamiento.pdf

RAE. (2016). Definición Ingeniería. Recuperado el 3 de abril de 2019, de <https://dej.rae.es/lema/ingenier%C3%ADa>

RESOLUCIÓN 6918 DE 2010. EL SECRETARIO DISTRITAL DE AMBIENTE (E.) DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Recuperado el 14 de abril de 2019. [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-6918-de-2010.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-6918-de-2010.pdf)

Revista Portafolio. (2019, 26 de septiembre). *Dólar caro si impacta la confianza de los consumidores*. Recuperado el 29 de septiembre, de <https://www.portafolio.co/economia/dolar-caro-si-impacta-la-confianza-de-los-consumidores-533954>

Semana (2019, 16 de agosto). *¿Cuál es la perspectiva de ahorro en Colombia?* Recuperado el 30 de octubre, de <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/mercado-de-capitales-claves-para-el-pais/articulo/cual-es-la-perspectiva-del-ahorro-en-colombia/628220>

Sistema de Información Eléctrico Colombiano - SIEL. (2019). Bolsas y Contratos. Recuperado el 28 de abr. de 2019 <http://www.upme.gov.co/Reports/Default.aspx?ReportPath=%2fSIEL+UPME%2fMercado+de+Ener%C3%ADa+Mayorista%2fBolsa+y+Contratos>

Superfinanciera (2019) Establecimientos de Crédito Tasas efectivas anuales con corte al 2019-09-13 Recuperado el 18 de septiembre de 2019. <https://www.superfinanciera.gov.co/SuperfinancieraTasas/generic/activeInterestRates.seam>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2019). *Tasa de Cambio Representativa del Mercado*. Recuperado el 9 de noviembre de 2019, de <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/60819>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2019, 01 de noviembre). *Tasas de interés activas*. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de <https://www.superfinanciera.gov.co/Superfinanciera-Tasas/generic/activeInterestRates.seam>

The New York Times. (2019, 08 de noviembre). *El malestar en América Latina*. Recuperado el 17 de noviembre, de <https://www.nytimes.com/es/2019/11/08/espanol/opinion/protestas-america-latina.html>

UPME. (2006). *Atlas de vientos y energía eólica de Colombia*. Recuperado el 26 de junio, de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/22>

UPME. (2017). *Distribución horaria de la velocidad del viento en zonas con mayor aprovechamiento de potencial eólico*. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, 1, p.64. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/CAPITULO4.pdf>

UPME. (2017). Velocidad del viento en superficie. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, 1, p.33. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/CAPITULO1.pdf>

UPME. (Agosto, 2017). Proyección de Regional de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia Revisión 2017. Obtenido de Proyecciones Regionales de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia - Revisión 2017: [http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Proyeccion\\_demanda\\_regional\\_energia\\_electrica\\_2017.pdf](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Proyeccion_demanda_regional_energia_electrica_2017.pdf).

Unión Temporal Universidad Nacional-Fundación Bariloche-Política Energética. (2009). PEN 2010-2030. Informe Final. Obtenido de Trabajo para UPME Contrato 042-410312-2009: <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1051/3/PEN%202010.pdf>

XM E.S.P. (2015 -2016). Capacidad efectiva neta. Informe de operación del SIN y Administración del mercado. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/3-5-Capacidad-efectiva-neta.aspx>

XM E.S.P. (2015 - 2016). Informe de operación del SIN y Administración del mercado. Capacidad efectiva neta. Recuperado el 22 de marzo de 2019, [http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/3-5-Capacidad-efectiva-neta.as px](http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/3-5-Capacidad-efectiva-neta.aspx)