

**DISEÑO DE UN HIDRO-GENERADOR PARA VIVIENDAS DE INTERÉS  
SOCIAL EN LA ZONA DEL ALTO MAGDALENA. CASO DE ESTUDIO  
MUNICIPIO DE RICAURTE, CUNDINAMARCA.**

**HÉCTOR IVÁN SÁNCHEZ HERRERA**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL  
GIRARDOT-COLOMBIA  
2022**

**DISEÑO DE UN HIDRO-GENERADOR PARA VIVIENDAS DE INTERÉS  
SOCIAL EN LA ZONA DEL ALTO MAGDALENA. CASO DE ESTUDIO  
MUNICIPIO DE RICAURTE, CUNDINAMARCA.**

**HÉCTOR IVÁN SÁNCHEZ HERRERA  
Código 430056204**

**Trabajo de grado realizado para optar el Título de Ingeniero Civil**

**Asesores:  
ANCIZAR BARRAGÁN ALTURO  
Magister En Docencia  
JESÚS FLAMINIO OSPITIA PRADA  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL  
GIRARDOT-COLOMBIA  
2022**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Girardot, 31 de agosto de 2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado se lo quiero dedicar principalmente a mis padres y familia cercana, de igual manera agradecerle de primera mano a Dios por darme la sabiduría y el conocimiento que hacer ser una persona de éxito.

También le dedico el presente trabajo con todo mi amor, mi conocimiento a dos grandes personas que creyeron que esto fuera posible y dieron el voto de confianza para poder ingresar a un programa académico superior.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero darle un especial reconocimiento a las personas que han permitido que este trabajo se lleve a cabo, en especial a:

Dios, por permitirme continuar con mis estudios, por brindarme sabiduría y enseñanza en el transcurso de mi carrera.

A mi familia, que en el transcurso de los años han sido mi apoyo para seguir y luchar por mis sueños y metas, especialmente a Ivon Gabriela Rivera que fue parte fundamental en el desarrollo de este proyecto.

A mis Tutores Ancizar Barragán Alturo, & Jesús Flaminio Ospitia Prada por su paciencia y brindarme sus conocimientos en todo este tiempo para poder llevar a cabo este proyecto, también por brindar confianza en mí ya que sin su apoyo no hubiera sido fácil este camino.

## CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 PREGUNTAS GENERADORAS	19
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO REFERENCIAL	23
4.1 ANTECEDENTES	23
4.2 MARCO TEÓRICO	24
4.2.1 Energía Alternativa	24
4.2.2 Tipos de Energía Renovable	25
4.2.3 Energía Renovable Marina	26

4.2.4 Medición del Caudal	27
4.2.5 Principio de Bernoulli	30
4.2.6 Partes de una Turbina Hidráulica)	36
4.2.7 Tipos y Clasificación de Turbinas Hidráulicas	36
4.2.8 Clasificación de la Turbina Pelton.	43
4.2.9 Forma y Dimensión de los Alabes de la Turbina	44
4.2.10 Conceptos Básicos para el Diseño de Turbina Pelton.	44
4.2.11 Momento Lineal Sobre una Superficie	45
4.2.12 Análisis Preliminar del Momento Lineal Sobre una Rueda Pelton:	45
4.2.13 Dimensionamiento del Cangilón	47
4.2.14 Cálculo del Número de Cangilones	47
4.2.15 Cálculo de la velocidad optima del chorro. $(v_1)(m/s)$ .	47
4.2.16 Turbina Kaplan	47
4.3 MARCO CONTEXTUAL	58
4.3.1 Marco Geográfico.	58
4.3.2 Marco Institucional	59
4.3.3 Marco Histórico	61
4.4 MARCO DEMOGRAFICO	62
4.5 MARCO LEGAL	63
5. DISEÑO METODOLOGICO	65
6. PRODUCTO DE INVESTIGACION	67

6.1 COSTOS Y RECURSOS	103
6.2 DISEÑO FINAL DEL PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN	109
7. CONCLUSIONES	114
8. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Rugosidad absoluta de los Materiales.	33
Tabla 2. Coeficiente de perdidas k en accesorios.	35
Tabla 3. Coeficiente de perdidas en accesorios de diferentes diámetros.	35
Tabla 4. Delimitación de la Subcuenca Rio Bajo Sumapaz.	68
Tabla 5. Hipsometría de la Subcuenca del rio bajo Sumapaz.	70
Tabla 6. Pendiente Media del Cauce del Rio bajo Sumapaz.	72
Tabla 7. Distribución de rangos de la pendiente en % de la cuenca baja del rio Sumapaz.	72
Tabla 8. Estaciones Climatológicas de la Cuenca del Rio Sumapaz.	74
Tabla 9. Distribución de la precipitación de la cuenca baja del rio Sumapaz.	77
Tabla 10. Datos Iniciales para cálculo de la turbina.	80
Tabla 11. Datos para el cálculo de los alabes del rodete.	85
Tabla 12. Angulo de beta 1.	87
Tabla 13. Angulo de beta 2.	88
Tabla 14. Velocidad relativa de entrada.	88
Tabla 15. Velocidad relativa de salida.	89
Tabla 16. Longitud de la curva del alabe.	90
Tabla 17. Radio de la curvatura.	91
Tabla 18. Calculo de muestra finita.	94
Tabla 19. Información del Consumo Diario y Mensual de Algunas Viviendas.	100

Tabla 20. Resultado del promedio diario y mensual.	101
Tabla 21. Costo del Rodete en PVC Rígido.	103
Tabla 22. Costo de Distribuidor con PVC Rígido.	104
Tabla 23. Costo de Cónica en PVC Rígido.	105
Tabla 24. Costo de la Cubierta en PVC Rígido.	106
Tabla 25. Costo de Tubo de Desfogue en PVC Rígido.	107
Tabla 26. Costo Total.	107
Tabla 27. Presupuesto General de la Casa de Operación, Captador & Canal de Transporte	108

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Método del Recipiente	28
Figura 2. Método de Área y Velocidad	28
Figura 3. Dique.	29
Figura 4. Método de Flotación.	30
Figura 5. Esquema del Principio de Bernoulli.	31
Figura 6. Diagrama de Moody.	34
Figura 7. Partes de una turbina hidráulica.	36
Figura 8. Turbina Radiales-Axiales.	37
Figura 9. Turbina Axial.	37
Figura 10. Turbinas Tangenciales.	38
Figura 11. Turbina por Movimiento de Acción.	38
Figura 12. Esquema explicativo de turbina de acción.	39
Figura 13. Turbina por Movimiento de Reacción del Agua.	39
Figura 14. Esquema explicativo de turbina de reacción.	40
Figura 15. Tipo de turbina ideal en función del caudal y la altura de caída del agua.	41
Figura 16. Tipo de turbina Francis.	42
Figura 17. Tipo de Turbina Pelton.	42
Figura 18. Turbina Pelton.	43
Figura 19. Tipo de Turbina Kaplan.	47

Figura 20. Esquema del rodete.	50
Figura 21. Sección de entrada.	51
Figura 22. Sección de entrada.	53
Figura 23. Dimensiones del alabe.	56
Figura 24. Localización de Ricaurte Cundinamarca.	59
Figura 25. Número de habitantes del Barrio Villa Diana Carolina.	62
Figura 26. Habitantes del casco urbano del Municipio de Ricaurte.	63
Figura 27. Distribución y Localización de las Subcuencas del Rio Sumapaz.	68
Figura 28. Perfil Longitudinal del Cauce de la Cuenca Baja del Rio Sumapaz.	69
Figura 29. Caudal pico por nodo y por sub cuenca.	78
Figura 30. Diagrama de Turbinas.	79
Figura 31. Plano A1-4, Plano General de Captación.	109
Figura 32. Plano A2-4, Planta del Punto de Captación y Planta de la Canal.	110
Figura 33. Plano A3-4 Plano de la Casa de Operación.	111
Figura 34. Plano A4-4, Plano de Despiece de la Turbina Kaplan.	112

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Curva Hipsométrica de la Cuenca Baja del Rio Sumapaz.	70
Gráfica 2. Histograma de las alturas de la cuenca del rio bajo Sumapaz.	71
Gráfica 3. Valores totales mensuales de la precipitación de la Base aérea de Melgar.	75
Gráfica 4. Valores totales mensuales de la precipitación de la Estación Tatambo.	76
Gráfica 5. ¿Tipo de Vivienda?	94
Gráfica 6. ¿A Cual de los Siguietes Estratos Socioeconomicos Pertenece su Vivienda?	95
Gráfica 7. ¿Cuántas Personas Residen en su Vivienda?	95
Gráfica 8. ¿Cual es el Rango del Pago de la Factura de Energia?	96
Gráfica 9. ¿Cual es el Rango del Pago de la Factura de Energia?	97
Gráfica 10. ¿Cuales y Cuantos de los Siguietes Electrodomesticos se Encuentran en su Vivienda?	98
Gráfica 11. ¿Si a Usted le Proponen un Sistema de Energia Alterna o Energia Renovable, le Gustaria Instalarlo en su Vivienda?	99

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de precios unitarios “APU”	120
Anexo B. Pregunta 1 de Encuesta Socio-Económica	132
Anexo C. Pregunta 2 y 3 de Encuesta Socio-Económica	133
Anexo D. Pregunta 4 y 5 de Encuesta Socio-Económica	134
Anexo E. Pregunta 6 de Encuesta Socio-Económica	135
Anexo F. Pregunta 7 de Encuesta Socio-Económica	136
Anexo G. Recibo de Energía 1	137
Anexo H. Recibo de Energía 2	138
Anexo I. Recibo de Energía 3	139
Anexo J. Recibo de Energía 4	140
Anexo K. Recibo de Energía 5	141
Anexo L. Recibo de Energía 6	142
Anexo M. Recibo de Energía 7	143
Anexo N. Recibo de Energía 8	144
Anexo Ñ. Recibo de Energía 9	145
Anexo O. Recibo de Energía 10	146
Anexo P. Recibo de Energía 11	147
Anexo Q. Recibo de Energía 12	148
Anexo R. Recibo de Energía 13	149
Anexo S. Recibo de Energía 14	150

Anexo T. Recibo de Energía 15	151
Anexo U. Recibo de Energía 16	152
Anexo V. Recibo de Energía 17	153
Anexo W. Artículo científico	154

## RESUMEN

La energía eléctrica es una de las fuentes más importantes en el ser humano y de la cual depende de su diario vivir, pero cada día va contaminando más el medio ambiente por su forma de producirse, de tal manera que el hombre se ha desplazado a crear energías limpias teniendo conciencia del gran daño que le está ocasionando al entorno y a su habitad natural.

Seguido a ello, una de las fuentes más importantes como es el aire, sol y agua, con ello se han diseñado propuestas para suplir la necesidad de esta fuente tan importante como lo es la energía, en el cual el presente proyecto se fundamenta basado en el sistema de las grandes represas que aun manejando fuentes limpias genera contaminación en su gran represión de agua. Por ende, se diseña un sistema de Hidro-Generador para una comunidad aledaña a la desembocadura del Rio Sumapaz al Rio Magdalena con una propuesta donde no se debe tener represamientos de grandes cantidades de agua que nos puede generar daños ambientales.

La presente investigación se trabajó en el transcurso de la carrera profesional y con el acompañamiento del Semillero Sentram, donde uno de los pilares fundamentales es la energía alternativa y teniendo en cuenta que en Colombia se plantean 17 Objetivos de Sostenibilidad en el que aplicamos y nos basamos a uno de ellos que es el numero 7 denominado Energía Asequible y No Contaminante.

Finalmente, en la investigación se llevó a cabo el cálculo aproximado del consumo de energía de las viviendas de interés social que se podrán beneficiar del proyecto planteado, y así poder seleccionar la turbina más factible y poder realizar el diseño matemático y finalmente obtener los planos del Diseño.



## **ABSTRACT**

The electric energy is one of the most important sources in the human being and of which depends on his daily life, but every day it is polluting more and more the environment by the way it is produced, in such a way that the man has moved to create clean energies having conscience of the great damage that is causing to the environment and to its natural habitat.

Following this, one of the most important sources such as air, sun and water, with this proposals have been designed to meet the need for this important source such as energy, in which this project is based on the system of large dams that even handling clean sources generates pollution in its great repression of water. Therefore, a hydro-generator system is designed for a community near the mouth of the Sumapaz River to the Magdalena River with a proposal where there should not be damming of large amounts of water that can generate environmental damage.

This research was carried out during the course of the professional career and with the support of the Semillero Sentram, where one of the fundamental pillars is alternative energy and taking into account that in Colombia there are 17 Sustainability Objectives in which we apply and we are based on one of them which is number 7 called Affordable and Non-Polluting Energy.

Finally in the investigation we carried out the approximate calculation of the energy consumption of the social housing that could benefit from the proposed project, and thus be able to select the most feasible turbine and be able to perform the mathematical design and finally obtain the plans of the design.

## INTRODUCCIÓN

La generación de energía por medios convencionales va avanzando a medida que avanza el tiempo, una alternativa que rápidamente pierde viabilidad. Desde el punto de vista de responsabilidad ambiental, es necesario disponer del uso de combustibles fósiles, más cuando su disponibilidad es menor y las dificultades que presenta su extracción encarecen la energía que genera. En el caso de las Hidroeléctricas en el que ambientalmente son menos agresivas, no es diferente ya que el impacto social es muy elevado y requieren un almacenamiento de grandes volúmenes de agua que se podrían utilizar para riego o para abastecer las necesidades tanto de pequeñas poblaciones como de grandes ciudades. Por otra parte, el consumo de energía eléctrica aún mantiene una alta demanda, ya que con los avances tecnológicos se ha reducido bastante el consumo de energía de los electrodomésticos y aparatos mecánicos. (Lopez J. &., 2011)

Dicho lo anterior, la generación de alternativa de energías renovables más personas la están utilizando en su vida diaria, las energías renovables son inagotables y limpias que pueden ser utilizadas de forma auto gestionable el cual se pueden aprovechar en el mismo lugar donde se producen, tiene como ventaja complementarse entre sí en el que se favorece la integración de ellas, por ende la electricidad que se obtiene son en forma de corriente continua y generalmente de bajo voltaje, esto disminuye el riesgo de accidentes en las líneas eléctricas; este tipo de energía no produce desechos, residuos, basuras, humos, polvos, vapores, olores ya que es una energía de fuente natural en el que no se contamina la naturaleza, ni se obtiene represamiento de grandes masas de agua.

Obteniendo el diseño de un prototipo de Hidro-generador para viviendas de interés social, el cual debemos analizar la población, identificar la cantidad de población que se va a beneficiar y el consumo eléctrico por familia para así proponer el diseño del Hidro-generador eléctrico para que beneficie a la población.

# 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El caso de estudio se encuentra en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca ubicado en la provincia del Alto Magdalena. En el año 2013 el gobierno colombiano propuso la meta de construir un millón de viviendas de interés social (V.I.S) para personas de bajos recursos y familias que se encontraban en alto riesgo. Las viviendas de interés social cuentan con los servicios básicos exigidos. (Giraldo , Bedoya , & Alonso , 2015)

En Colombia crearon la ley 1715 de 2014, y su objeto es “promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema nacional” (Republica, 2015); por ende las viviendas de interés social que se encuentran ubicadas en la Provincia del Alto Magdalena cuenta con afluentes cercanos que se pueden utilizar para generar la energía alternativa mediante Hidro-generador lo cual se volverían en viviendas sostenibles, ya que en ellas viven familias que carecen de factor económico lo cual se les dificultaría pagar una factura por el servicio de energía eléctrica.

Las viviendas de interés social están ubicadas en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca, Barrio Villa Diana Carolina el cual se encuentra cerca al afluente del Rio Magdalena y del Rio Sumapaz lo cual nos genera sustentabilidad del recurso natural para generar Energías Limpias.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características físico - mecánicas para un diseño de hidro-generador para viviendas de interés social en la zona del Alto Magdalena. Caso de estudio en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca?

## 1.3 PREGUNTAS GENERADORAS

- ❖ ¿Qué antecedentes se han realizado en cuanto al tema de investigación?
- ❖ ¿Cuántas familias se verán beneficiadas por el sistema de generación de energías limpias?
- ❖ ¿Cuál es la cuenca más viable para realizar la captación?

❖ ¿Cuál sería el diseño más viable para desarrollar el sistema del Hidro-Generador?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente para que el desarrollo humano sea compatible con la conservación de los sistemas naturales que mantienen la vida, deben de ser sustentables. Esto implica la incorporación de nuevas exigencias a lo largo del proceso constructivo y un cambio en las técnicas y sistemas de construcción. (Alvarez & Dorantes, 2010), la importancia de desarrollar el diseño de un hidro-generador con energías alternativas para la población del caso de estudio se plantea principalmente teniendo en cuenta las altas tarifas por los consumos de energía en cada vivienda de interés social que son de estrato bajo y las familias que habitan en ella son de bajos recursos donde también se cuenta con afluentes como el Rio Magdalena y el Rio Sumapaz que están cerca de aquella población.

Seguido a ello estamos cumpliendo con uno de los 17 objetivos sostenibles, que es la energía asequible y no contaminante en el que la protección de los recursos naturales han tenido gran importancia en todo el mundo, debido a los fenómenos que se han presentado en el cambio climático que cada día son más evidentes, este diseño no produce ningún tipo de contaminación además de generar ahorro en los costos de construcción y ejecución al implementarlo, esta energía es inagotable siempre y cuando se continúe el ciclo del agua en el que está asegurado, donde el agua utilizada retorna y no necesita de sistemas de represamiento, asegurando a la comunidad de no llegar a quedar sin luz. (Alvarez & Dorantes, 2010).

La habitabilidad es un estado generado a partir de las cualidades satisfactorias de necesidades y aspiraciones de los residentes, lo que determina una adecuación y relación permanente entre el hombre y su entorno. (Mena, 2011). Finalmente se pretende diseñar el Hidro-generador para suplir las necesidades de estas familias y obtener viviendas de interés social sostenibles y sustentables económicamente.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un prototipo de Hidro-generador para viviendas de interés social en la zona del Alto Magdalena, caso de estudio Ricaurte Cundinamarca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Analizar el estado del arte del tema de investigación.
- ❖ Realizar reconocimiento exacto de cuantas familias serán beneficiadas, para determinar el consumo eléctrico por familia.
- ❖ Identificar la cuenca en la que se ubica el proyecto de investigación para obtener el diseño del punto más viable para la captación y el caudal para realizar el diseño de la turbina
- ❖ Realizar un análisis de cuanta energía suministraría el diseño y a cuanta población beneficiaria, para generar los diseños necesarios para este prototipo.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

En el año 2016 (Vargas, Velasquez, & Torres , 2016) implementaron un prototipo de un hidro generador denominado “Desarrollo del prototipo de un hidro generador eléctrico como alternativa de generación de energía limpia en zonas rurales”, este proyecto de energías limpias permitió la implementación del prototipo útil para la generación de energía eléctrica sin impactar al medio ambiente, en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta (Colombia) y la prueba piloto fue realizada en un afluente de agua en una vereda de dicha ciudad.

La construcción de este prototipo la realizaron utilizando materiales plásticos como el policloruro de vinilo (PVC), este tipo de prototipo permite aprovechar la energía potencial de las corrientes de agua permitiendo el giro de una turbina acoplada al eje de un alternador de imanes permanentes como un generador eléctrico que este cubierto por un bastidor plástico con una capacidad de almacenar 5 galones. (Vargas, Velasquez, & Torres , 2016)

Para la salida de la generación eléctrica le instalaron un regulador de voltaje, con una batería de 12 voltios a 30 amperios y con un inversor de voltaje de 1 kilovatio, esta batería funciona para el almacenamiento de la energía generada, el regulador sirve para controlar le voltaje e impide la sobrecarga de la batería y el inversor es el que transforma los 12 voltios de corriente directa en 110 voltios de corriente alterna. (Vargas, Velasquez, & Torres , 2016)

Como resultados obtenidos de esa prueba piloto fueron de un (1) kilovatio de potencia eléctrica con una tensión de 110 voltios de corriente alterna, obteniendo una disponibilidad de 24 horas diarias y una eficiencia del 95%. (Vargas, Velasquez, & Torres , 2016)

Por otra parte, (Lopez , Silva , & Mendoza, 2011) En el año 2011, realizaron la investigación sobre el Hidro generador IMPULSA, denominada “Aprovechamiento de la energía de las corrientes con el Hidro generador IMPULSA” este es un dispositivo diseñado para aprovechar la energía de las corrientes marinas, lo cual tiene como ventaja el ser abundante, regular y predecible ya que en México las corrientes marinas más importantes y permanentes se encuentran asociadas con la corriente del Golfo.

Este generador posee unas características que ya fueron probadas y evaluadas, que esto lo convierte en una opción viable para la generación de energía; las

turbinas empleadas para aprovechar las corrientes marinas son de dos tipos, una son las de eje horizontal o paralelo a la dirección del fluido este se emplea en el aprovechamiento de recursos eólicos y el otro tipo son de eje vertical o perpendicular a la trayectoria del fluido. (Lopez , Silva , & Mendoza, 2011)

El diseño de este Hidro generador, consiste en la integración de varias características como son la forma de los flotadores que esto favorece el encauzamiento del flujo con una reducción del área hidráulica; también se encuentran los canales interiores, que estos buscan incrementar el torque y la forma de los alábeles que en ello se pretende elevar la eficiencia de la turbina, estas características convierten al hidro generador en un dispositivo técnico y económicamente factible. (Lopez , Silva , & Mendoza, 2011)

## **Análisis**

De acuerdo a lo estudiado, se ha evidenciado que desde hace mucho tiempo en diferentes partes del mundo, se está concientizando del daño que estamos generándole al medio ambiente, por ende se están produciendo ideas de reemplazar los sistemas de energía convencionales, por sistemas de energía alternativas el cual esto ayuda en generar un aporte para la preservación del medio ambiente, donde inicialmente estos sistemas se realizan en Europa y Estados Unidos y tiempo después llega a Colombia donde se ha empezado a implementar, ya que por falta de incentivos, apoyo por el gobierno y subsidios para generar este tipo de energía se ha tenido dificultad. (Bermudez Novoa, 2018)

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

**4.2.1 Energía Alternativa.** Según (Vargas, Velasquez, & Torres , 2016) la energía alternativa hace posible el desarrollo económico y sostenible tanto en las ciudades, como en las zonas rurales, la gran mayoría de estos sectores cuentan con recursos hídricos el cual ayudar a permitir el desarrollo de este tipo de tecnología; Este tipo de tecnología permite el aprovechamiento de estas fuentes de agua. Un hidro generador eléctrico tiene varias ventajas en el que a diferencia de las hidroeléctricas de gran tamaño ya que este tipo no requiere de represas o embalses por ende tiene un impacto ambiental mínimo, en el que para la energía alternativa la turbina podría ser fabricada con materiales comerciales y de bajo costo con un bajo caudal para el suministro del agua.

La energía alternativa se encuentra en el entorno de la naturaleza, esto nos indica (Ordoñez, 2017), estas energías son inagotables en relación al tiempo de vida del hombre en la tierra, su origen es de los procesos ambientales, atmosféricos naturales como los recursos del agua, el viento, la descomposición de la materia



orgánica, el sol, el calor interior de la tierra y el movimiento de las olas en el océano y el mar que son fuente de la energía alternativa.

**4.2.2 Tipos de Energía Renovable.** Según (Vinueza, 2017) las energías limpias son las que se pueden producir con un mínimo de daño para el medio ambiente, esta energía también se conoce como energía renovable que pueden ser producidas por fuentes inagotables como caídas de agua, rayos del sol y el viento; al momento de utilizar la energía producida por otras tecnologías contaminantes estas causan daños a la salud humana y al medio ambiente.

Para saber elegir una de las energías limpias, en ello se debe tener en cuenta principalmente las condiciones del lugar donde va a ser implementado, se pueden decir que la energía eólica no puede ser implementada en un lugar donde se tiene una intensidad de viento baja y para la energía solar no se puede implementar en zonas donde la duración y la intensidad del sol es baja. (Vinueza, 2017)

En ello se encuentran:

❖ **Energía Eólica:** en este tipo los sistemas de esta energía transforman la energía cinética que se produce por el movimiento de aspas en la energía eléctrica, por ello existe un fenómeno llamado masas de viento el cual son el producto en la diferencia de presión en diferentes lugares en el que estas masas son las responsables de chocar contra las paletas de los aerogeneradores en el que es producida la energía mecánica que es debido al movimiento rotacional que se produce en el eje de las paletas, por lo que posteriormente esta es transformada en energía eléctrica que puede ser almacenada en sistemas de baterías para después ser utilizada o distribuida directamente. (Vinueza, 2017)

❖ **Energía Fotovoltaica:** este es un tipo de energía solar en el que se caracteriza por el funcionamiento que es basado en paneles solares el cual se encargan de la recepción de la radiación luminosa del sol para que después sea transformado en corriente eléctrica; para el funcionamiento de este sistema energético se basa en la energía que es aportada a los paneles solares que deben ser suficiente para vencer la fuerza que permite que los electrones sigan unidos al átomo, para que cuando los electrones sean liberados, estos forman una corriente de electrones que a su vez es la electricidad. (Vinueza, 2017)

❖ **Energía Hidroeléctrica:** esta energía es producida por el agua, ya que genera una energía cinética con las corrientes de la misma, sus primeros tipos fueron los molinos de agua que a medida que pasaba el tiempo estos fueron evolucionando y actualmente es conocido como las centrales hidroeléctricas; el tipo de energía hidroeléctrica también puede ser generada por lluvia o el agua del deshielo por lo

que se genera un movimiento en el agua por ende esto puede ser aprovechado, pero tiene como desventaja la destrucción de la fauna y flora en el momento de la construcción de este tipo, por otro lado suele suceder que algunas especies de peces no son capaces de nadar río arriba y muchas veces mueren cuando entran a las turbinas de la represa. (Vinueza, 2017)

❖ **Energía Geotérmica:** este tipo de energía se produce a través de la extracción de calor del interior de la tierra, esto se realiza obteniendo el calor de los fluidos o del magma, en el que la temperatura va aumentando a medida que el centro de la tierra se acerca, el cual dependiendo de la profundidad de la extracción así mismo es la cantidad de energía que se puede obtener; para un buen aprovechamiento de este tipo de energía es llegar a lograr perforar pozos muy profundos para poder extraer este fluido y una vez que se encuentra en superficie, es separada en una fase vapor que luego es enviada a una planta de generación eléctrica en el que luego se transforma en energía calórica para luego ser transformada en energía eléctrica y por otro lado la fase líquida con las sales disueltas son enviadas al reservorio. (Vinueza, 2017)

❖ **Biomasa:** este es un tipo de energía que es aprovechada por la materia orgánica, el cual es abarcado por un gran conjunto de materias orgánicas de composición heterogénea por el origen y su naturaleza, la biomasa se puede obtener mediante procesos naturales de los compuestos orgánicos, este tipo de energía genera muy pocos residuos y son biodegradables; la biomasa consiste en la energía solar que es obtenida mediante procesos fotosintéticos del metabolismo de las plantas. (Vinueza, 2017)

**4.2.3 Energía Renovable Marina.** Para este tipo de energía, los océanos son una fuente directa o indirecta de muchas formas de energía renovables por lo que su gran superficie, volumen y capacidad calorífica conlleva a que sea el principal colector y acumulador de la energía solar en el planeta, en el que la energía del sol y la luna es acumulada por el agua del mar tanto como en la tierra, el cual se centra en el aprovechamiento de estas formas de energía dentro o sobre el mar. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

Según (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014) Existen cinco tipos de dispositivos para aprovechar las corrientes de agua para generar energía, que son:

❖ DAECs, es un dispositivo de rotor abierto, con un núcleo que en el parten una serie de palas que son 2 o 3 y con paso fijo o controlable, con un eje de giro horizontal y paralelo a la corriente que son similares a las turbinas eólicas, pero estas son de menor tamaño. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

❖ DAECs, este es de tipo turbina con alabes que se apoyan en un anillo exterior al rotor, en el que el estator suele tener forma de tobera con el que aumenta la velocidad del flujo, estos alabes son de tipo fijo y simétrico que permite un funcionamiento bidireccional. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

❖ DAECs, son de eje vertical perpendicular a la corriente que están compuestos por una serie de palas helicoidales o verticales que son de tipo Gorlov o Darreius, el cual cuando las palas son verticales estas pueden ser de eje oscilante y al tener el eje vertical los equipos de conversión de energía se suelen situar fuera del agua. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

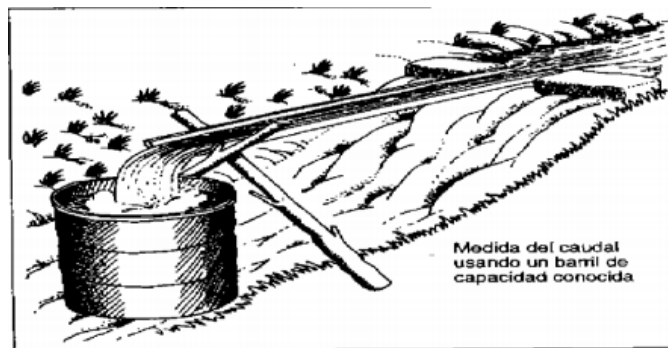
❖ DAECs, este tipo es de eje horizontal, perpendicular a la corriente en el que son una variante del tipo anterior y estos se adaptan a lugares de escasa profundidad. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

❖ DAECs, con tipo de palas oscilantes, el cual el principio del funcionamiento es similar al de la aleta caudal de un pez, el eje de este tipo suele ser horizontal para que estas palas estén en disposición horizontal y puedan ser instalados en zonas poco profundas. (Lopez, Somolinos, & Nuñez, 2014)

**4.2.4 Medición del Caudal.** Existen varios métodos para medir los caudales y así poder saber cuál es el más óptimo para nuestra investigación.

Uno de ellos es medir el caudal con el método del recipiente, que todo el caudal es desviado a un balde, el cual se debe anotar el tiempo en el que se demora en llenar el balde, el volumen del envase ya se conoce y para obtener el resultado del caudal se divide el volumen en  $m^3$  por el tiempo de llenado, este método tiene como desventaja que todo el caudal se debe canalizar o entubar al envase. (Guarin & Florez, 2013)

**Figura 1. Método del Recipiente**

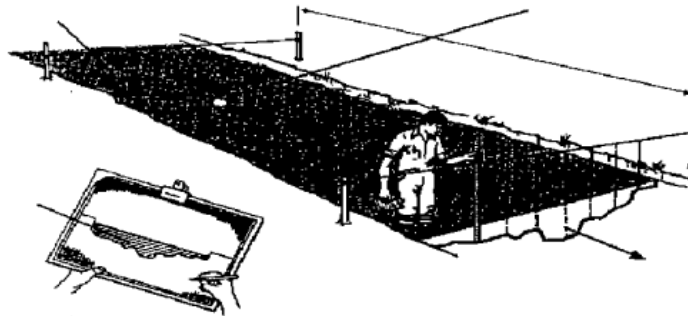


Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Por otro lado, encontramos el método de medir el caudal por el método de área y velocidad en el que este método es basado en el principio de continuidad, que es para un fluido de densidad constante que se mueve por un área de sección conocida y el producto del área de la sección conocida por la velocidad media será constante. (Guarin & Florez, 2013)

*Formula:*  $Q = V A$  Ecuación 1 Caudal-Fuente (Guarin & Florez, 2013)

**Figura 2. Método de Área y Velocidad**



Fuente (Guarin & Florez, 2013)

También encontramos el método del dique que se emplea para caudales mínimos el cual permite construir un dique provisional con una salida de agua de 4 a 6 pulgadas de diámetro, en el que frente a la salida del agua se coloca un recipiente que se conozca la capacidad del mismo, ejemplo  $0.04 \text{ m}^3$ , con la ayuda de un cronómetro podemos saber cuántos segundos se demora en llenar el recipiente, ejemplo 5 segundos, seguido a ello se divide el número de litros en el tiempo que

se tardó en llenar el recipiente y así se obtendrá el caudal. Ejemplo:  $0.04 \text{ m}^3/5 \text{ segundos} = 0.008$ . Caudal "Q" =  $0.008 \text{ m}^3/\text{seg}$ . (Cuadro & Restrepo , 2003)

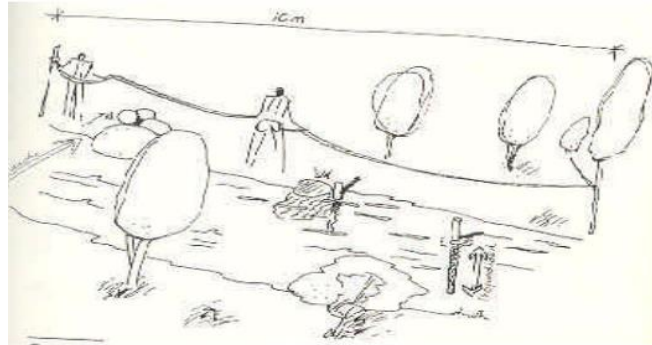
### Figura 3. Dique.



Fuente (Cuadro & Restrepo , 2003)

Igualmente se encuentra el método de flotación, que se selecciona en el río de tramo recto de 6 a 10 metros de longitud y que la profundidad sea aproximadamente la misma; se mide la profundidad del tamo que se seleccionó en metros, se multiplica el ancho por la profundidad para así hallar el área que se seleccionó en metros cuadrados, ejemplo  $1.5 \times 0.30 = 0.45 \text{ m}^2$  de área, seguido a ello se calcula el tiempo en el que tarda un objeto flotante en recorrer la distancia que se seleccionó, esto se debe de hacer varias veces para obtener un buen promedio, en el que el objeto puede ser un trozo de icopor o madera, Ejemplo, el trozo de icopor o madera para recorrer 10 metros se gasta 10 segundos,  $20 \text{ segundos} = 10 \text{ m}/\text{seg}$ , se multiplica el área seleccionada por la velocidad:  $0.45 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m}/\text{seg} = 4.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ , Caudal "Q" =  $4.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ . (Cuadro & Restrepo , 2003)

**Figura 4. Método de Flotación.**



Fuente (Cuadro & Restrepo , 2003)

**4.2.5 Principio de Bernoulli.** Este principio también es llamado como ecuación o trinomio de Bernoulli, esto describe el comportamiento del flujo que se mueve a lo largo de una línea de corriente, este método sirve para determinar la altura neta que es aprovechada por la turbina. (Guarin & Florez, 2013)

En la energía de un fluido, se encuentran tres componentes:

❖ **Energía Cinética:** esta energía es debido a la velocidad que posee el fluido. (Guarin & Florez, 2013)

❖ **Energía del Flujo:** esta energía contiene un fluido que es debido a la presión que posee. (Guarin & Florez, 2013)

❖ **Energía Potencial:** esta energía es debida a la diferencia de la altura por el cual circula el fluido. (Guarin & Florez, 2013)

Con este método encontramos las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2 de Bernoulli

$$\frac{\rho V^2}{2} + P + \gamma z = \text{constante}$$

Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Si esta expresión es dividida por  $\gamma$ , esto se obtiene como resultado, lo siguiente:

Ecuación 3 Igualdad en la Ecuación de Bernoulli.

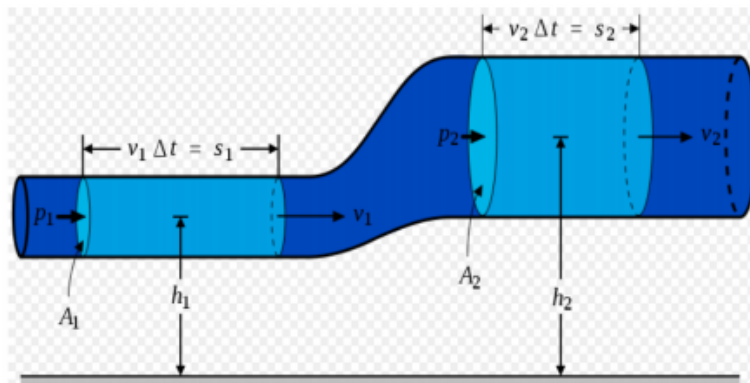
$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

**Fuente** (Guarin & Florez, 2013)

Donde:

- ❖  $P_1$  = Presion inicial
- ❖  $\gamma$  = Peso especifico
- ❖  $V_1$  = Velocidad Inicial
- ❖  $g$  = Gravedad
- ❖  $Z_1$  = Altura inicial
- ❖  $P_2$  = Presion final
- ❖  $V_2$  = Velocidad Final
- ❖  $Z_2$  = Altura final

**Figura 5. Esquema del Principio de Bernoulli.**



Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Seguido a ello, al tener interpretada la ecuación de un fluido que está circulando por una línea de corriente, se deben estudiar las pérdidas de energía que ocurren en los ductos, el cual esto se clasifica en perdidas primarias y secundarias, esto lo podemos observar en la siguiente ecuación. (Guarin & Florez, 2013)

Ecuación 4 Ecuación de Bernoulli con Perdidas en el Sistema

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_l + H_t$$

**Fuente** (Guarin & Florez, 2013)

Las pérdidas que son primarias son las que ocurren por fricción entre el fluido y la tubería y en las pérdidas secundarias ocurren por los accesorios; para las pérdidas primarias se calculan con la siguiente ecuación. (Guarin & Florez, 2013)

Ecuación 5. Ecuación para pérdidas primarias.

$$h_l = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Fuente. (Guarin & Florez, 2013)

Donde

*f = Coeficiente de fricción*

*L = longitud de la tubería*

*V = Velocidad*

*g = gravedad*

*D = Diámetro de la tubería*

En este caso la variante *f* representa el coeficiente de fricción que existe entre la tubería y el fluido que se tienen en contacto con ella, esto depende por parte del fluido de la densidad, viscosidad y la velocidad, también con parte de la tubería de su rugosidad relativa. (Guarin & Florez, 2013)

El coeficiente de fricción se determina con el diagrama de Moody, en este se relaciona la rugosidad relativa con el número de Reynolds, con lo siguiente. (Guarin & Florez, 2013)

Ecuación 6 Ecuación Reynolds.

$$Re = \frac{D V}{\nu} \text{ o } \frac{\rho D V}{\mu}$$

Fuente. (Guarin & Florez, 2013)

Donde

*Re = Numero de Reynolds*

*D = Diámetro interno de la tubería*

*V = Velocidad del flujo*

*$\nu$  = Viscosidad cinemática*



$\rho = \text{Densidad del fluido}$   
 $\mu = \text{Viscosidad dinamica}$

Para poder interpretar el resultado de esta ecuación, es de la siguiente manera. (Guarin & Florez, 2013)

- ❖  $Re < 2100$ , quiere decir que el flujo está en régimen laminar
- ❖  $Re > 4000$ , esto quiere decir que el flujo está en un régimen turbulento
- ❖  $2100 < Re < 4000$ , quiere decir que el flujo está en transición

Una vez de identificar el régimen del flujo con la Ecuación 6, procedemos a determinar la rugosidad  $\epsilon$  el material, como se puede observar en la Tabla 1

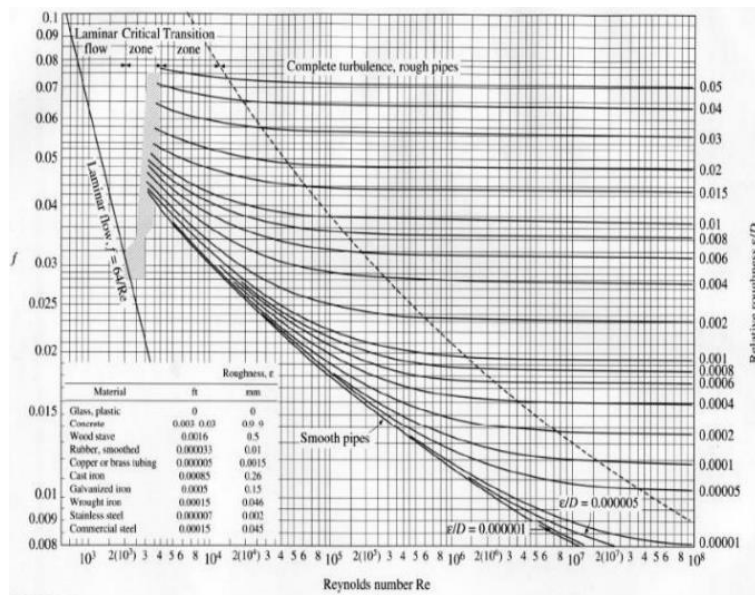
**Tabla 1. Rugosidad absoluta de los Materiales.**

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estrados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Una vez que se tenga identificada la rugosidad del material de la tubería, se procede a calcular la rugosidad relativa  $\epsilon/D$  para después ingresar al diagrama de Moody que se puede observar en la Figura 6 y determinar el coeficiente de fricción para así calcular las pérdidas primarias de la ecuación 5. (Guarin & Florez, 2013)

Figura 6. Diagrama de Moody.



Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Para las pérdidas secundarias de la energía, se deben calcular con la siguiente ecuación. (Guarin & Florez, 2013)

**Ecuación 7. Ecuación de pérdidas secundarias.**

$$h_l = \Sigma k \frac{v^2}{2g}$$

Fuente. (Guarin & Florez, 2013)

Donde

$K$  = Factor de pérdidas

$V$  = Velocidad

$g$  = gravedad

En las tablas 2 y 3 se encuentra el factor de las pérdidas de las tuberías

**Tabla 2. Coeficiente de perdidas k en accesorios.**

Componente	K	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Tees		
Paso directo con bridas o extremos lisos	0.2	
Paso directo con extremos roscados	0.9	
Salida de lado con bridas o extremos lisos	1.0	
Salida de lado con extremos roscados	2.0	
Union con extremos roscados	0.08	
Válvulas		
Globo totalmente abiertas	10	
Angulo totalmente abiertas	2	
Compuerta totalmente abiertas	0.15	
Compuerta 1/4 cerrada	0.26	
Compuerta 1/2 cerrada	2.1	
Compuerta 3/4 cerrada	17	
Cheque en el sentido del flujo	2	
Bola totalmente abierta	0.05	
Bola 1/3 cerrada	5.5	
Bola 2/3 cerrada	210	

Fuente (Guarin & Florez, 2013)

**Tabla 3. Coeficiente de perdidas en accesorios de diferentes diámetros.**

Tipo de accesorio	Diámetro nominal (pulgadas)									
	Roscada				Con bridas o extremo liso					
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20	
Válvulas completamente abiertas										
Globo	14.00	8.20	6.90	5.70	13.00	8.50	6.00	5.80	5.50	
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03	
Cheque	5.10	2.90	2.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Angulo	9.00	4.70	2.00	1.00	4.50	2.40	2.00	2.00	2.00	
Codos										
45° radio corto	0.39	0.32	0.30	0.29						
45° radio largo					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14	
90° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21	
90° radio largo	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10	
180° radio corto	2.0	1.50	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20	
180° radio largo					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10	
Tee de paso directo	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07	
Tee de salida lateral	2.40	1.80	1.40	1.10	1.00	0.80	0.64	0.58	0.41	

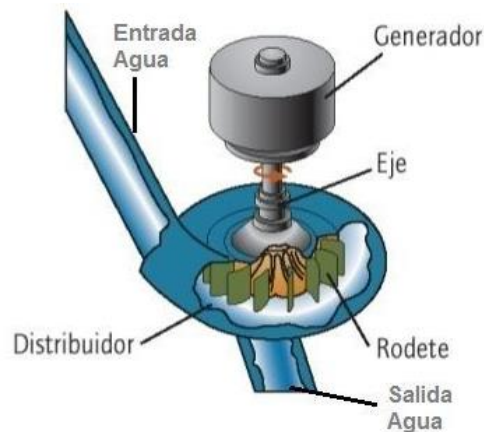
Fuente (Guarin & Florez, 2013)

Con ello se puede calcular la potencia que es generada por la turbina, ya conociendo el caudal, el peso específico del agua y la altura, con ello se tendrá un resultado claro de la potencia hidráulica que es aprovechada por la turbina. (Guarin & Florez, 2013)

Para poder generar electricidad son utilizados varios tipos de turbinas, con unas características diferentes que esto es según las condiciones del potencial hidráulico que esté disponible. (Guarin & Florez, 2013)

**4.2.6 Partes de una Turbina Hidráulica.** Una turbina hidráulica cuenta con una tubería de entrada la cual es distribuida por varios puntos de salida mediante el distribuidor, los puntos por donde sale el agua se llama toberas, el cual hace que el agua golpee los alabes del rodete que esto hace girar el eje de la turbina que es llamado rotor, el rodete consta esencialmente de un disco provisto de un sistema de alabes, paletas o cucharas que esto depende del tipo de la turbina, en el que golpea el agua, y esto sale por la tubería de desagüe o difusor hacia el cauce del río. (Area Tecnologia, s.f.)

**Figura 7. Partes de una turbina hidráulica.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

**4.2.7 Tipos y Clasificación de Turbinas Hidráulicas.** Se pueden clasificar por diferentes aspectos, uno de los principales es por la ubicación del eje de la turbina, ya sea horizontal o vertical, como también se clasifican por la dirección en la que entra el agua a la turbina, lo cual puede ser (Area Tecnologia, s.f.):

**Turbinas Radiales-Axiales:** en este tipo el agua entra al rodete de forma radial para posteriormente cambiar de dirección y salir paralelamente al eje de la rotación de la turbina. (Area Tecnologia, s.f.)

**Figura 8. Turbina Radiales-Axiales.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

**Turbinas Axiales:** en esta turbina el agua entra y sale paralelamente al eje de rotación de la turbina, por ello se denomina axial... (Area Tecnologia, s.f.)

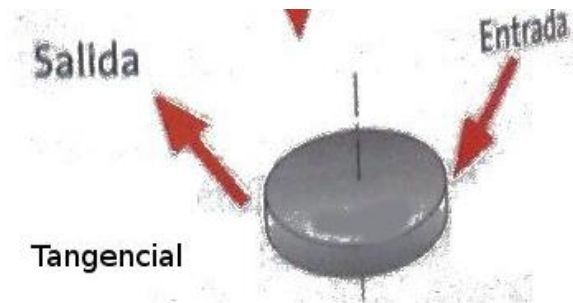
**Figura 9. Turbina Axial.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

**Turbinas Tangenciales:** para este tipo, el agua golpea el rodete en su periferia. (Area Tecnologia, s.f.)

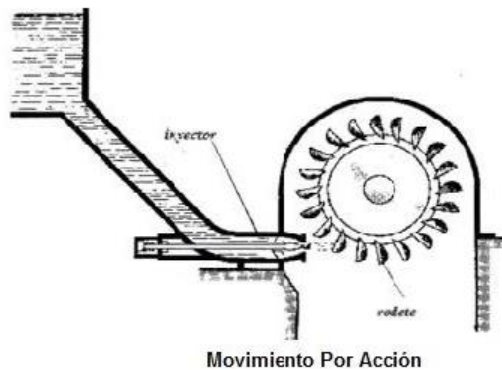
**Figura 10. Turbinas Tangenciales.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

También se encuentra otro tipo de clasificación, que es según el grado de reactividad o el movimiento del eje de la turbina, que se tienen dos tipos que son: acción y reacción.

**Figura 11. Turbina por Movimiento de Acción.**



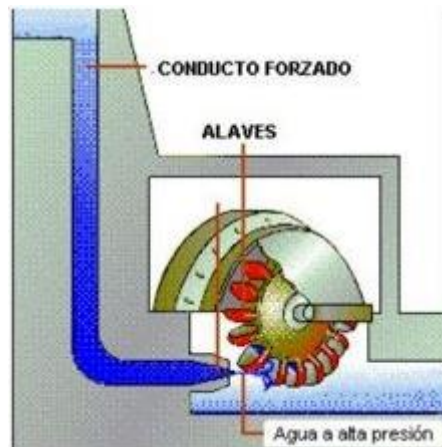
Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

En la turbina por movimiento de acción, el agua mueve la turbina por el golpe directo en los alabes del rodete, para este caso se debe tener una gran altura de caída del agua para que golpee con más fuerza, esto nos deduce que a mayor altura obtendremos mayor fuerza de golpeo. (Area Tecnologia, s.f.)

**Características de la Turbina de Acción:** la incidencia del agua y el sentido del giro del rodete coincide con el punto en el que se produce el chorro de agua sobre los alabes con toda la energía cinética que llega el agua a la turbina esto es utilizado para su giro, la energía de la presión que posee el agua al golpear el rodete directamente, se convierte en energía cinética “movimiento” en el rodete, de las

turbinas de acción más utilizada es la Turbina Pelton o también llamado Rodete Pelton. (Area Tecnologia, s.f.)

**Figura 12. Esquema explicativo de turbina de acción.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

Para la turbina por movimiento de reacción, el agua mueve el rodete, no por el golpe directo sino por la reacción que provoca su salida sobre el rodete, para este caso se debe tener un gran caudal de agua que empuje el agua que entra por la tubería para que salga con mucha más fuerza y pueda mover el rodete, no se tiene en cuenta la altura a la que cae el agua ya que no es importante el golpe directamente a los alabes, lo importante es que se tenga mucho caudal de agua para el empuje. (Area Tecnologia, s.f.).

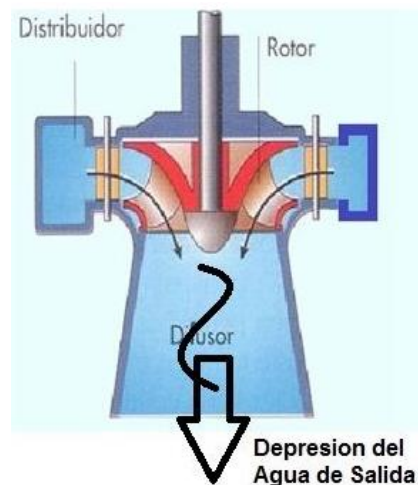
**Figura 13. Turbina por Movimiento de Reacción del Agua.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

**Característica de la Turbina de Reacción:** en este caso, el sentido de giro del rodete no coincide con la dirección de entrada y la salida del agua ya que estas turbinas utilizan energía cinética y de presión para mover el rodete y la presión del agua a la salida que es inferior a la de la entrada, el cual antes de llegar el agua al rodete, parte de la energía de presión que trae el agua en su caída esta se transforma en energía cinética en el distribuidor que va girando alrededor del mismo, para este caso el distribuidor rodea todo el rodete, en el que va llegando el agua por la totalidad de la periferia de este, que es la admisión del agua total; el agua de la salida del rodete no sale a la atmósfera, sino que penetra en un tubo que es llamado tubo difusor o tubo de aspiración, esto genera una depresión “absorción” que su misión fundamental es aumentar la energía hidráulica que es absorbida por el rodete y el tubo difusor desemboca en el canal de desagüe que es el que devuelve el agua al cauce. (Area Tecnología, s.f.)

**Figura 14. Esquema explicativo de turbina de reacción.**



Fuente (Area Tecnología, s.f.)

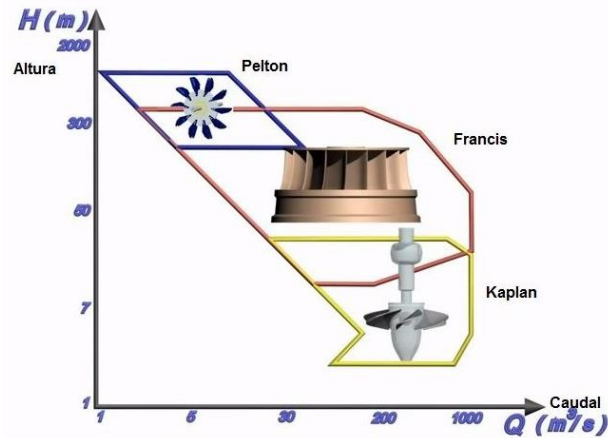
Las turbinas más utilizadas son las siguientes:

Turbina Pelton  
Turbina Francis  
Turbina Kaplan

Para identificar cual es la más viable en el proyecto, se puede basar sobre la siguiente grafica que mide la cantidad de caudal necesario sobre la altura de la caída del agua.



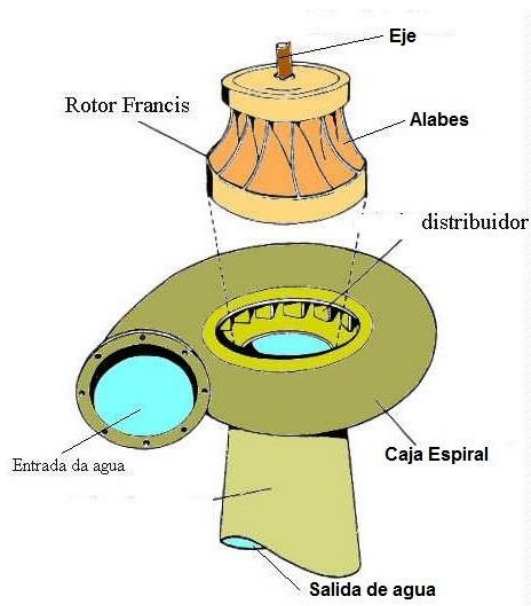
**Figura 15. Tipo de turbina ideal en función del caudal y la altura de caída del agua.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

❖ **Turbina Francis:** esta turbina de tipo reacción, radial-axial, que normalmente es de eje vertical pero también puede ser de eje horizontal, este tipo se utiliza en saltos de altura intermedio hasta los 200m y con caudales variados de agua que esta entre 2 y 200 metros cúbicos por segundo, el distribuidor de este tipo está compuesto por aletas móviles para regular el caudal del agua que conduce al rodete y el agua procedente de la tubería forzada esto entra perpendicularmente al eje de la turbina y sale paralela a el; para la regulación del caudal del agua que entra en el rodete, se utilizan paletas directrices que son situadas de forma circular que se denominan distribuidor, esto se utiliza en sitios de muy diversas alturas de caída de agua y caudales, que se puede utilizar en un gran rango de saltos y caudales de agua, en algunos tipos puede variar el Angulo de sus palas durante su funcionamiento. (Area Tecnologia, s.f.)

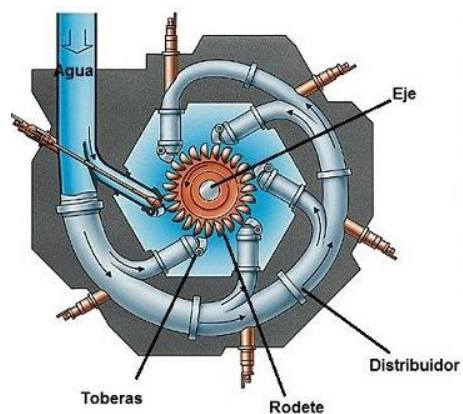
**Figura 16. Tipo de turbina Francis.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

❖ **Turbina Pelton:** este tipo también es llamado turbina de impulso, ya que solamente aprovecha la energía cinética del fluido, esto hace que el gradiente de la presión que entre la entrada y la salida de la maquina sea de cero. (Forero Parrado, Moreno Aguilar , & Cespedes, 2019)

**Figura 17. Tipo de Turbina Pelton.**

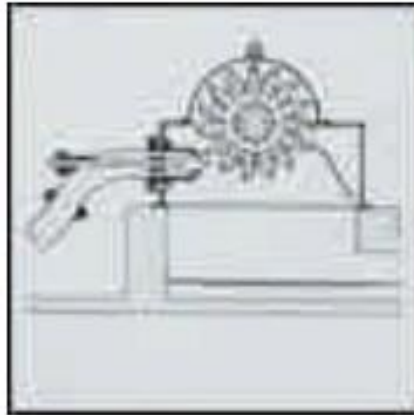


Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

En este tipo de turbina el agua sale por inyectores e impacta tangencialmente los alabes con forma de doble cuchara de un rodete entregando su energía, este tipo

se utiliza en grandes caídas de agua, de hasta 2000 m, para obtener máxima eficiencia, la velocidad tangencial del rodete debe ser la mitad de la velocidad del chorro del agua. (Cuadro & Restrepo , 2003)

**Figura 18. Turbina Pelton.**



Fuente (Cuadro & Restrepo , 2003)

#### **4.2.8 Clasificación de la Turbina Pelton.**

**Pelton de Eje Horizontal:** en este tipo de turbina, el número de chorros por rueda se reduce a una o dos, puede resultar compleja la instalación en un plano vertical de las tuberías de alimentación y las agujas de inyección, ya que este sistema de montaje encuentra aplicación en los casos donde se encuentran aguas sucias que esto producen deterioro o acción abrasiva, con el eje horizontal se es posible instalar turbinas gemelas para un solo generador colocándose entre ambas y contrarrestando empujes axiales. (Cuadro & Restrepo , 2003)

**Pelton de Eje Vertical:** este tipo de turbina facilita la colocación del sistema de la alimentación en un plano horizontal ya que permite aumentar el número de chorros por rueda de 4 a 6 y con esto se puede incrementar el caudal para tener mayor potencia por unidad, el cual se acorta la longitud del eje turbino generador y se amenguan las excavaciones, el cual se puede disminuir el diámetro de rueda y aumentar la velocidad de giro, que se reduce en fin el peso de la turbina por unidad de potencia, esto hace que la utilización de esta disposición de las turbinas Pelton sean más ventajosas que la disposición horizontal y para su aplicación se conviene utilizar en casos donde se tienen aguas limpias que no produzcan afecto abrasivo sobre los alabes e inyectores, ya que a la inspección y reparaciones de este montaje se harían más complejo. (Cuadro & Restrepo , 2003)

Para la construcción de la turbina Pelton, el material de los alabes debe resistir la fatiga, la corrosión y la erosión, ya que cuando estas acciones son moderadas puede bastar la fundición de grafito laminar, y si las condiciones de trabajo son más complejas y pesadas se debe recurrir al acero, carbono aliado con níquel de 0.7 a 0.1, molibdeno 0.3, acero con 13% de cromo y aceros austeno-ferríticos cr 20, Ni 8, Mo 3, que presentan una resistencia extraordinaria a la cavitación y abrasión y el material del disco de la rueda es de acero fundido o forjado. Para el número de alabes suelen ser de 17 a 26 por rueda, esto depende de la velocidad específica de la turbina, ya que para alta velocidad específica, el número de alabes es menor, en efecto para una rueda de un diámetro determinado por una carga y una velocidad de giro, si la velocidad específica es alta quiere decir que el gasto es mayor ya que exige alabes mayores y por ende caben menos en la misma periferia de la rueda. (Cuadro & Restrepo , 2003)

El espacio que es requerido por alabe esta entre 1.4 do y 1.6 do, en el que do es el diámetro del chorro; el valor del coeficiente depende de la alta velocidad específica por chorro y para una alta velocidad específica por el chorro, el coeficiente será menor, para saber el número de alabes z, seria. (Cuadro & Restrepo , 2003)

$$Ecuacion\ 8\ Z = \frac{\pi D_p}{(1.4\ o\ 1.6)d_o}$$

**4.2.9 Forma y Dimensión de los Alabes de la Turbina.** Los alabes tienen la forma de doble cuchara, con una arista mediana que es donde se produce el ataque del chorro del agua, las dimensiones del alabe son proporcionales al diámetro del chorro y a su vez es la función del diámetro de la rueda y de la velocidad en específico, el diámetro del chorro esta entre 5% y 12% aproximadamente del valor del diámetro de la rueda Pelton. El ángulo es del orden de 20° según lo recomiendan los constructores, a la salida el ángulo del alabe esta normalmente entre 8° y 12° en la parte media del alabe, también es conveniente tener un valor reducido del ángulo para disminuir el valor de la velocidad absoluta de salida y mejorar la utilización de la energía del agua y hay que dar salida al agua con la propia forma del borde de fuga, porque se presenta el peligro de recirculación y el choque del agua contra los extradós del alabe siguiente (Cuadro & Restrepo , 2003)

#### **4.2.10 Conceptos Básicos para el Diseño de Turbina Pelton.**

##### **Impulso y Momento**

**Momento Lineal:** permite considerar el movimiento de una partícula que es ocasionado por una fuerza **F** que actúa sobre esta en la misma dirección de su

velocidad  $\mathbf{v}$  y se toma el eje  $\mathbf{x}$  de coordenadas coincidiendo con la dirección del movimiento. (Cuadro & Restrepo , 2003)

$$\text{Ecuacion 9 } F = m\ddot{x} = m \frac{d\dot{x}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\dot{x}) = \frac{d}{dt}(mv)$$

La cantidad  $\mathbf{mv}$  es el momento de la partícula o en algunas veces el momento lineal; la fuerza que es ejercida sobre una partícula es igual a el cambio de su momento lineal. Cuando se integra respecto al tiempo. (Cuadro & Restrepo , 2003)se obtiene:

$$\text{Ecuacion 10 } \int_{t_1}^{t_2} F dt = \int_1^2 d(mv) = mv^2 - mv^1 = \Delta(mv)$$

La integral es llamada impulso de la partícula que tiene unidades de fuerza-tiempo. (Cuadro & Restrepo , 2003)

$$\text{Ecuacion 11 } F_x = \frac{d}{dt}(mv_x)$$

$$\text{Ecuacion 12 } F_y = \frac{d}{dt}(mv_y)$$

$$\text{Ecuacion 13 } F_z = \frac{d}{dt}(mv_z)$$

**4.2.11 Momento Lineal Sobre una Superficie.** Según (Cuadro & Restrepo , 2003) un chorro de agua con sección transversal  $A$  y velocidad  $v$ , golpea una superficie, esta superficie tiene forma de cono, luego cuando el agua hace contacto con esta superficie, se desvía en todas direcciones. ¿Cuál sería la fuerza ejercida sobre la superficie por el chorro del agua? Para el volumen del agua que golpea la superficie cada segundo es  $av$  y su masa es  $avp$ , donde  $p$  es la densidad del agua; antes de que el chorro del agua golpee la superficie, esta trae momento lineal en una sola dirección, después de ser desviado por la superficie, las partículas de agua que conforman al chorro tienen velocidades distribuidas igualmente en todas las direcciones, para luego el momento final es cero, la perdida de momento por segundo del agua es:  $Avpv = Av^2p$ . La fuerza ejercida por el chorro de agua sobre la superficie, está dada por: **Ecuacion 14**  $F = pv^2 A$

**4.2.12 Análisis Preliminar del Momento Lineal Sobre una Rueda Pelton.** Esta rueda consiste de un gran número de cangilones que están ajustados a la periferia de la rueda, cual sea la velocidad del chorro del agua  $v_j$ , primero se debe considerar un solo cangilón moviéndose a una velocidad tangencial  $u$ , el cual durante cada segundo de longitud  $v_j - u$  de chorro se desvía en un cangilón con una velocidad

relativa  $v_j - u$ . Si el cangilón esta bien construido, el chorro de agua desviado conservara su velocidad relativa  $v_j - u$ . La fuerza relativa sobre el cangilón seria (Cuadro & Restrepo , 2003):

$$\text{Ecuacion 15 } F = 2A_j \rho (v_j - u)^2$$

Según (Cuadro & Restrepo , 2003) El canjilón se mueve con una velocidad  $u$ , la potencia o trabajo por unidad de tiempo está dada por:

$$\text{Ecuacion 16 } W = Fu = 2A_j \rho u (v_j - u)^2 = 2A_j \rho v_j^3 \frac{u}{v_j} \left(1 - \frac{u}{v_j}\right)^3$$

Según (Cuadro & Restrepo , 2003) se escribe de la última manera, se quiere saber cómo la potencia varia en un cangilón según la relación  $\frac{u}{v_j}$

Para  $u/v_j = 0$ , la potencia es nula, ya que el cangilón no se mueve, para  $u/v_j = 1$ , el agua no es atrapada por el cangilón, luego tampoco existe entrega de potencia. (Cuadro & Restrepo , 2003)

*Ecuacion 17*  $Pot. esp = \frac{W}{2A_j \rho v_j^3}$ , Por la diferencia se podrá corroborar que el máximo poder es entregado a un cangilón cuando su velocidad  $u$  es un tercio de la del chorro, quiere decir que *Ecuacion 18*  $u = \frac{v_j}{3}$ , luego cuando el agua se desliza sobre el cangilón en la entrada a una velocidad de dos tercios de la velocidad del chorro *Ecuacion 19*  $(v_j - u)_1 = \frac{2}{3} v_j$  y sale a un tercio de la velocidad del chorro en el sentido opuesto de la entrada, el cual el agua retiene la novena parte de la energía cinética y aporta al cangilón ocho novenas partes de la misma; quiere decir que si en cangilón se desplaza a la mitad de la velocidad del chorro *Ecuacion 20*  $u = \frac{v_j}{2}$ , la velocidad final del agua seria 0, después cada gota de agua entregaría toda la energía cinética al cangilón y esto puede generar mayor potencia, sin embargo para  $u = \frac{v_j}{2}$ , menor cantidad de agua es desviada por el cangilón por unidad de tiempo, el cual la mayor generación de potencia por cangilón se da cuando *Ecuacion 21*  $u = \frac{v_j}{3}$ . Siendo  $(v_j - u)_1$  la velocidad relativa de entrada del chorro al cangilón  $(v_j - u)_2$  la velocidad relativa de la salida del chorro de agua respecto al cangilón y  $A_j$  es el área de sección transversal del chorro; un cangilón bien diseñado se cumple:  $(v_j - u)_1 = - (v_j - u)_2$ . (Cuadro & Restrepo , 2003)

**4.2.13 Dimensionamiento del Cangilón.** Este dimensionamiento se lleva a cabo con base en el diámetro del chorro del agua,  $D_j$ , según las siguientes formulas: *Ecuacion 22* **Altura del Cangilon**  $H_c = 3,5D_j$ , **Ancho del Cangilon**  $b_c = 3,75D_j$  "*Ecuacion 23*", **Profundidad del Cangilon**  $t_c = 1,5D_j$  "*Ecuacion 24*" y **Abertura**  $d_c = 1,03D_j$  "*Ecuacion 25*". (Cuadro & Restrepo , 2003)

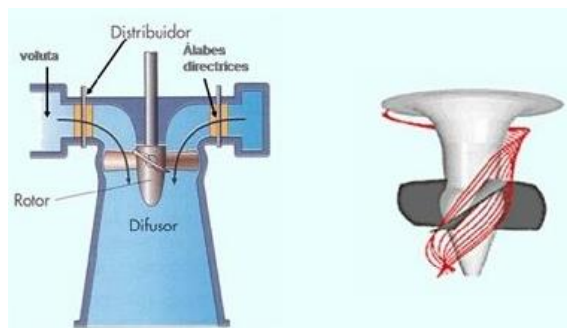
**4.2.14 Cálculo del Número de Cangilones.** Para poder calcular el número de cangilones que se necesitan para la rueda, se realiza la siguiente ecuación  $Z = \pi \frac{D_a}{t_a}$ , *Siendo*  $t_a \approx h_c$  "*Ecuacion 26*", donde  $D_a$  es el diámetro exterior de la rueda con los cangilones montados, para poder calcular el número de cangilones requeridos, se puede partir de un diámetro de rodete supuesto, esto se fundamentara en las restricciones de espacio de montaje de la turbina y también en los parámetros funcionales y económicos. (Cuadro & Restrepo , 2003)

**4.2.15 Cálculo de la velocidad optima del chorro.  $(v_1)(m/s)$ .**

$$\text{Ecuacion 27 } v_j = \varphi \sqrt{\frac{4}{3} g H_{bruta}}$$

**4.2.16 Turbina Kaplan.** Este tipo son turbomáquinas que tienen reacción axial, el cual generan mayor velocidad en el giro del rodete y generalmente se utiliza en saltos de pequeña altura de agua, hasta 50m y con caudales que suelen superar los 15 metros cúbicos por segundo “para mucho caudal de agua a poca altura”, en este tipo puede variar el ángulo de sus palas durante su funcionamiento; su uso es permitido en ríos o riachuelos que tienen poca diferencia de altura, una de sus características que ofrece es poder rotar sus alabes, que tiene como fin orientar mejor frente al chorro, esto aumenta la eficiencia de la transferencia de la energía del fluido del rodete. (Cardona Mancilla & Sanchez Rios, 2015)

**Figura 19. Tipo de Turbina Kaplan.**



Fuente (Area Tecnologia, s.f.)

Para el diseño de la turbina Kaplan, se debe tener en cuenta unos datos iniciales, como el caudal de diseño (Q), la altura neta (Hn), el coeficiente de velocidad tangencial ( $\rho$ ) y la gravedad (g).

Para iniciar, se debe calcular la potencia teórica que se desea producir, para ello se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Ecuación 28 } P_{teorica} = Q * \rho * g * Hn$$

Por medio de los rendimientos ponderados de línea, transformador y generador, con ello se puede encontrar la energía que puede ser transformada por la turbina y de esta forma se puede obtener la potencia mínima, en este cálculo se debe tener en cuenta un incremento energético con una manera que satisfaga la demanda mínima, cuando aún existan variaciones frecuentes en la altura o el caudal útil, se esto tiene los siguientes valores. (Palma & Peña, 2018)

$$\begin{aligned}n_l &= 0.9 \\n_{tr} &= 0.96 \\n_g &= 0.9\end{aligned}$$

Seguido a ello, la potencia útil de la turbina es inversamente proporcional al producto de los rendimientos, con la siguiente formula. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 29 } P_{util} = \frac{P_{teorica}}{n_l * n_{tr} * n_g}$$

Seguido a ello, se procede a encontrar la potencia interna hidráulica de la turbina, esta debe ser superior a la potencia útil mínima, se considera que para este cálculo unas pérdidas del 7%, de esta forma. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 30 } P_{interna} = P_{util} * \Delta_{perdidas}$$

Luego de conocer la potencia interna que se generara en la turbina, seguimos con los cálculos del rodete. Según la teoría de Adolph y F. Schweiger, para la turbina Kaplan se debe establecer una relación geométrica entre los diámetros interior y exterior, esta medida se debe encontrar entre 0.35 y 0.67, para el diseño se toma este valor como el punto medio del rango dado. (Palma & Peña, 2018)



$$\frac{D_i}{D_e} = 0.51$$

Para este tipo de turbina, se establece el coeficiente de proporcionalidad, que esto define la relación entre la energía cinética y la energía de presión. (Palma & Peña, 2018)

$$\xi = 0.4$$

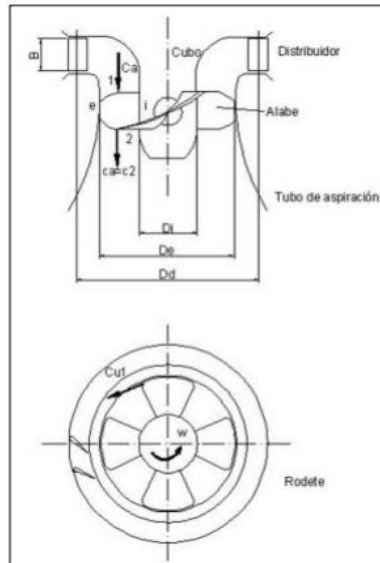
Para la transferencia de la energía cinética se define en cuanto a la velocidad, de esta manera que en la entrada de la turbina es ideal y depende del coeficiente de proporcionalidad y se encuentra, en la siguiente ecuación. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 31 } c_1 = \sqrt{(H_n - (H_n * \xi)) * 2 * g}$$

Este tipo de turbina son de tipo axial, quiere decir que la velocidad tangencial de entrada y salida son iguales, se da debido a que las dimensiones a la entrada y la salida son constantes. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 32 } u = u_1 = u_2$$

**Figura 20. Esquema del rodete.**



Fuente (Palma & Peña, 2018)

El escurrimiento en el borde de la salida del alabe es paralelo al eje de rotación de la turbina, el cual la velocidad meridional y la velocidad de salida del flujo son iguales y la velocidad absoluta y tangencial forman un ángulo recto. (Palma & Peña, 2018)

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion 33 } c_2 &= c_{2m} \\ \alpha_2 &= 90^\circ \end{aligned}$$

Entre la relación óptima de los ángulos formados por la velocidad relativa entre el alabe, el fluido y la velocidad tangencial, esto indica la linealidad o no linealidad del perfil exterior, de esta manera que si la relación es lineal los cálculos serían más sencillos o por el contrario, si se considera una variación máxima de una manera que se pueda saber si la sección interior supera o no el punto vertical generando de tal manera una zona de remanso, el cual se evidencia que el ángulo  $\beta_{1i}$  sea menor que  $90^\circ$ . (Palma & Peña, 2018)

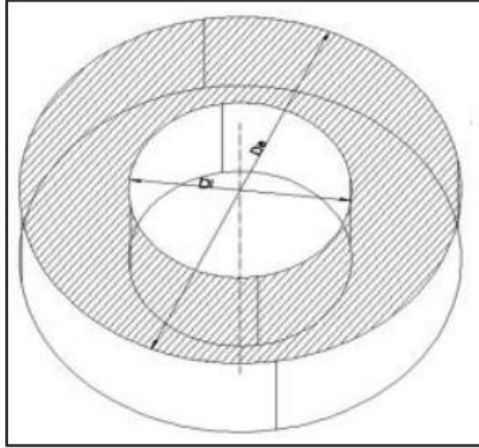
$$\beta_1 \approx \beta_2$$

Para la velocidad tangencial al extremo es óptima, de esta manera que el coeficiente de velocidad tangencial ( $k_u$ ) diverge entre 0.65 y 2.5. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 34 } u = k_u * \sqrt{2 * g * H_n}$$

Seguido a ello se define la corona circular formada en el borde la de irrupción de los alabes, donde se toma la sección de entrada en función del diámetro externo, después de que se obtiene esta sección se define la velocidad meridional en función de la velocidad absoluta y el ángulo entre las velocidades absoluta y tangencial. (Palma & Peña, 2018)

**Figura 21. Sección de entrada.**



Fuente (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 35 } C_{1m} = C_1 * \sin(\alpha_1)$$

$$\text{Ecuacion 36 } Q = S * C_{1m} = \left( \pi * (r_e^2 - r_i^2) \right) * C_{1m}$$

$$\text{Ecuacion 37 } Q = \left( \pi * \left( \frac{D_e^2}{4} - \frac{D_e^2 * (0.51)^2}{4} \right) \right) C_1 * \sin(\alpha_1)$$

Luego se introduce el cálculo de la potencia útil de la turbina por medio de la ecuación de Euler. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 38 } C_2 = C_{2m} = C_{1m}$$

$$\text{Ecuacion 39 } P_{util} = Q * \rho * \omega * (r_1 * c_1 * \cos(\alpha_1) - r_2 * c_2 * \cos(\alpha_2))$$

Donde se sabe que la velocidad tangencial en la entrada y la salida son iguales ( $u = u_1 = u_2$ ), para la velocidad angular se realiza con la siguiente ecuación. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 40 } \omega = \frac{u}{r} = \frac{u}{\frac{D_e}{2}}$$

Y los radios permanecen constantes. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 41 } r_1 = r_2 = r$$

$$\text{Ecuacion 42 } P_{interna} = Q * \rho * \omega * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_2 * \cos(\alpha_2) \right) \right)$$

$$\text{Ecuacion 43 } P_{interna} = Q * \rho * \omega * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_1 * \sin(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) \right) \right)$$

Continuamos que con la ecuación del caudal que es la “Ecuación 10” y con la ecuación de Euler que es la de la potencia interna “Ecuación 16” con ello formamos un sistema de ecuaciones de la manera que al solucionar se obtengan los valores del diámetro externo y el ángulo de la incidencia. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 44 } \left\{ \begin{array}{l} Q = \left( \pi * \left( \frac{D_e^2}{2} - \frac{D_e * (0.51)^2}{2} \right) \right) c_1 * \sin(\alpha_1) \\ P_{interna} = Q * \rho * \frac{u}{\frac{D_e}{2}} * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_1 * \sin(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) \right) \right) \end{array} \right.$$

Luego se encuentran los ángulos, de acuerdo a la condición de deslizamiento del fluido, donde se sabe que  $\beta_1 \approx \beta_2$ . (Palma & Peña, 2018)

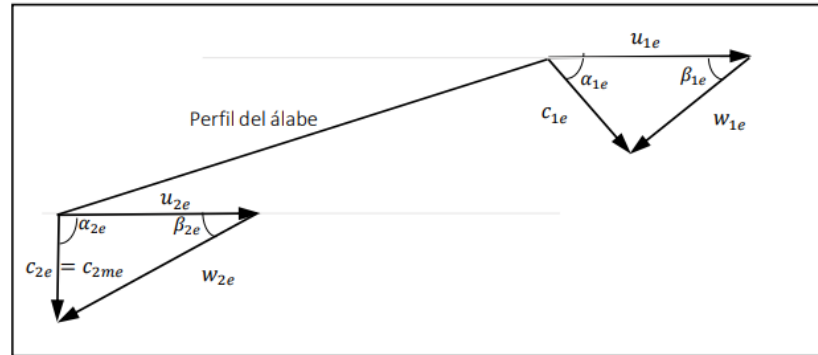
$$\text{Ecuacion 45 } \tan \beta_1 = \frac{c_{1m}}{u - c_{1u}} = \frac{c_1 * \sin(\alpha_1)}{u - c_1 * \cos(\alpha_1)}$$

$$\text{Ecuacion 46 } \tan \beta_2 = \frac{c_{2m}}{u} = \frac{c_{1m}}{u} = \frac{c_1 * \sin(\alpha_1)}{u}$$

Se evidencia la diferencia entre  $\beta_1$  y  $\beta_2$ , el cual es muy pequeña y hace que el perfil sea casi lineal, la aproximación del perfil la podemos evidenciar en la Figura 22, la casi linealidad del perfil e igualdad con las velocidades  $c_{1m}$ ,  $c_{2m}$  y  $c_2$ , esto ayuda a

facilitar el calculo en el trazado de las secciones del alabe hasta el diámetro interno. (Palma & Peña, 2018).

**Figura 22. Sección de entrada.**



Fuente (Palma & Peña, 2018)

Con la Ecuación 13 se obtiene la velocidad angular y el número de revoluciones para la turbina. (Palma & Peña, 2018)

Para saber los valores unitarios del caudal y la velocidad unitarios para la turbina, se realizan las siguientes ecuaciones. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 47 } Q_{11} = \frac{Q}{D^2 * \sqrt{H}}$$

$$\text{Ecuacion 48 } n_{11} = \frac{n * D}{\sqrt{H}}$$

Para realizar el cálculo del número específico de revoluciones en función de la potencia, primero se debe tener conocimiento de una aproximación del rendimiento de la turbina, para ello se calcula el número específico de revoluciones de la turbina en función del caudal. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 49 } n_q = \frac{n * \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Se procede a realizar el cálculo de las secciones intermedias de los alabes de la turbina. (Palma & Peña, 2018)

Para el cálculo de los radios de cada sección, se realiza con la siguiente ecuación. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 50 } r_i = \frac{D_i}{2}$$

$$\text{Ecuacion 51 } \Delta r = \frac{D_e - D_i}{2 * \#secciones}$$

Ecuación de los radios de la sección.

$$\text{Ecuacion 52 } r_2 = r_i + \Delta_r$$

Luego de que los radios de cada sección, se encuentran las velocidades tangenciales de entrada y de salida. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 53 } u_{1i} = \omega * r_i$$

Después se determina la velocidad  $c_{1ue}$  y con ella se encuentra el rendimiento hidráulico de la turbina, que con el mecánico y volumétrico representan el rendimiento total de la máquina.

$$\text{Ecuacion 54 } c_{1ue} = \sqrt{c_{1e}^2 - c_{1me}^2}$$

$$\text{Ecuacion 55 } n_h = \frac{(u_{ie} * c_{1ue}) - (u_{2e} * c_{2ue})}{g * h}$$

Al obtener este rendimiento, se calculan las velocidades absolutas en las secciones del alabe. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 56 } c_{1ui} = \frac{n_h * g * h}{u_{1i}}$$

Seguido a ello se obtienen las variaciones de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  en las secciones del alabe. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 57 } \alpha_{1i} = \cos^{-1}\left(\frac{c_{1ui}}{c_{1e}}\right)$$

$$\text{Ecuacion 58 } \beta_{1i} = \tan^{-1}\left(\frac{c_{1me}}{u_{1i} - c_{1ui}}\right)$$

Ya teniendo el valor de  $\beta_{1i}$ , se procede a verificar si las secciones en la entrada tienen puntos de remanso o de creación de torbellinos, que con esta manera se garantiza que el perfil no tenga ninguna zona cóncava secundaria en la cara de presión, lo cual se comprueba que los ángulos existentes entre la velocidad relativa alabe-fluido y la velocidad tangencial es creciente cuando se acerca al interior del perfil, siendo  $\beta_{1i} < 90^\circ$ , que se adquieren los ángulos  $\beta_2$ . (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 59 } \beta_{2i} = \tan^{-1}\left(\frac{c_{1me}}{u_{1i}}\right)$$

Con las siguientes ecuaciones, se determinan las velocidades relativas fluido alabe de la entrada y salida. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 60 } w_{1i} = \frac{c_{1me}}{\text{sen}(\beta_{1i})}$$

$$\text{Ecuacion 61 } w_{2i} = \frac{c_{1me}}{\text{sen}(\beta_{2i})}$$

Para poder encontrar la altura, la curvatura y la cantidad de alabes, se debe determinar el número específico de revoluciones según la potencia, que se obtendrá en función del rendimiento hidráulico. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 62 } n_s = 3.65 * \sqrt{n_h} * n_q$$

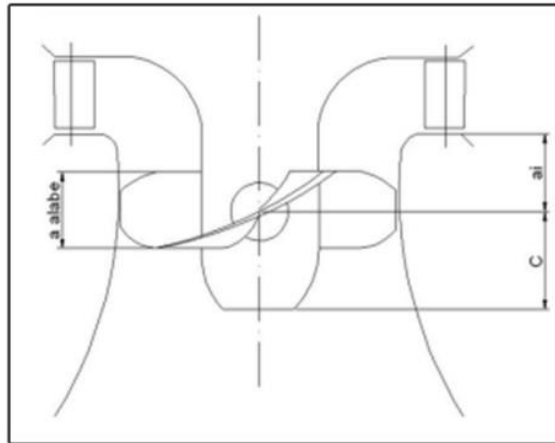
Según (Palma & Peña, 2018) nos dice que Bohl establece que en algunas de las dimensiones principales se obtienen respecto al ensayo de sucesivas turbinas Kaplan de doble regulación.

$$\text{Ecuacion 63 } C = (6.94 * n_s^{-0.403}) * D_e$$

$$\text{Ecuacion 64 } a_i = (0.38 + (5.17 * 10^5 * n_s)) * D_e$$

$$\text{Ecuacion 65 } a_{alabe} = \frac{1}{3} * (C + a_i)$$

**Figura 23. Dimensiones del alabe.**



Fuente (Palma & Peña, 2018)

Seguido a ello, la ecuación que supone el espacio libre entre dos alabes según la teoría de persianas, esto permite determinar la solides del alabe. (Palma & Peña, 2018).

$$\text{Ecuacion 66 } t = \frac{a_{alabe}}{\tan(\beta_{1e})}$$

número de alabes que conforman el rodete está dado por:

$$\text{Ecuacion 67 } Z = \frac{\pi * D_e}{t}$$

Con la siguiente ecuación se define la longitud de la cuerda en cada una de las secciones del alabe. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 68 } l_i = \sqrt{\left(\frac{a_{alabe}}{2 * \text{sen}(\beta_{1i})} + \frac{a_{alabe}}{2 * \text{sen}(\beta_{2i})}\right)^2 + a_{alabe}^2}$$



Según (Palma & Peña, 2018) el método de Weinig permite encontrar la curvatura del perfil en cada sección del alabe, con la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuacion 69 } R_{ci} = \frac{l_i}{\sqrt{2 * (1 - \text{sen}(\alpha_{1i}))}}$$

Luego se realiza el cálculo del ángulo del alabe apto para realizar la superposición de estos cuando el rodete se encuentre en un mínimo par, el cual la amplitud del alabe para evitar el contacto sería. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 70 } \theta_{alabe} = \frac{Z^2 * \theta * l_e - \theta * D_e * \pi}{Z^2 * l_e}$$

Ya conociendo la amplitud, se logra encontrar el radio de curvatura considerando el triángulo rectángulo entre el centro del rodete, el borde del diámetro externo y la mitad de la amplitud de este ángulo. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 71 } e = \frac{D_e}{2} * \cos\left(\frac{\theta_{alabe}}{2}\right)$$

$$\text{Ecuacion 72 } R_{cb} = \frac{e}{Z}$$

Continuamos calculando el ángulo del casquete esférico a las distancias de las demasías. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 73 } \alpha_s = 2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{r_i - \Delta_s}{r_i}\right)$$

$$\text{Ecuacion 74 } \alpha_i = 2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{r_i - \Delta_i}{r_i}\right)$$

Para los diámetros de las cubiertas, se calculan con la siguiente ecuación. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 75 } d_s = 2 * r * \text{sen}\left(\frac{\alpha_s}{2}\right)$$

$$\text{Ecuacion 76 } d_i = 2 * r * \text{sen} \left( \frac{\alpha_i}{2} \right)$$

Ya conociendo los diámetros, se realiza la generatriz de la cubierta cónica. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 77 } c = C - \Delta_i$$

Luego se considera que la cubierta es un paraboloides, el cual se calcula la parábola generatriz, donde se suprimen los términos B y C, de una manera que coincida el mínimo en el origen y sea simétrica. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 78 } A * \Delta_s + B * \Delta_s = c$$

### 4.3 MARCO CONTEXTUAL

**4.3.1 Marco Geográfico.** La zona de estudio del trabajo de investigación es en el municipio de Ricaurte, Cundinamarca provincia del alto magdalena, donde se encuentra ubicado en la cordillera oriental, de territorios planos, semi ondulados, bañado por los ríos Magdalena y Sumapaz, donde limita al Norte con los municipios de Tocaima y Agua de Dios, al Sur con el rio Magdalena y los Municipios de Flandes, Suarez, Carmen de Apicalá y Melgar, al Oriente con el municipio de Nilo y el rio Sumapaz y al Occidente con los municipios de Girardot y Flandes y el rio Bogotá, con una extensión total de 130 Kilómetros cuadrados, a 284 metros sobre el nivel del mar y a 142 kilómetros de la Capital de Colombia “Bogotá” (Alcaldia de Ricaurte, s.f.).

**Figura 24. Localización de Ricaurte Cundinamarca.**



**4.3.2 Marco Institucional.** Como Misión de la Universidad Piloto de Colombia “Forma profesionales con pensamiento crítico, conocimiento científico, respetuosos de la diversidad humanas y sus expresiones culturales; comprometidos con la solución de problemas en el contexto nacional e internacional; mediante la investigación científica, la formación integral de personas como actores de cambio, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y sostenibilidad”. (Universidad Piloto de Colombia Seccional Girardot )

En la Universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena, se rescata de la misión la frase de “Comprometidos con la solución de problemas en el contexto nacional e internacional; mediante la investigación científica, la formación integral de personas como actores de cambio, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y sostenibilidad” porque apoya la investigación en curso, ya que se plantea una posible solución a la problemática que se presenta en el Barrio Villa Diana Carolina brindando un diseño de energías limpias teniendo en cuenta uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible.

La Visión de la Universidad Piloto de Colombia “Se proyecta como un centro universitario de excelencia, que fundamenta su prestigio en la práctica de la gestión

institucional en el impacto en la cultura, en la ciencia, en la tecnología y en el desarrollo de la sociedad”. (Universidad Piloto de Colombia Seccional Girardot )

Y como Alcance “Se basa en el reconocimiento por la comunidad académica y científica, como líder en la formación integradora del ser social para el progreso intelectual y científico del hombre libre, con altos valores humanos y comprometidos con la sociedad en general”. (Universidad Piloto de Colombia Seccional Girardot )

Teniendo como referencia la Visión de la Universidad Piloto de Colombia Seccional Alto Magdalena, se evidencia la parte del desarrollo de la sociedad como profesionales proyectándonos con soluciones óptimas y de protección al medio ambiente.

El presente proyecto hace parte del Semillero de Energías Alternativas y Transporte Masivo “Sentram” en el cual se brindan soluciones a problemáticas sociales y trabajo con la comunidad para obtener mejores resultados y finalmente vinculado con la visión y misión del Proyecto Educativo del Programa (PEP).

En la misión del Proyecto Educativo del Programa (PEP) se destaca la realidad del territorio para poder tener criterio de dar soluciones puntuales a problemáticas como lo es el caso de estudio en nuestra investigación y poder arrojar diseños de construcciones sostenibles y mejorar la calidad de vida de la población.

El PEP tiene como visión generar compromiso con la solución a la problemática, brindando nuevas tecnologías para hacer una transformación en la comunidad a estudiar.

Para darle un desarrollo sostenible y brindar la mejor solución contamos con conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación académica como Ingenieros Civiles en las diferentes áreas que se dividen en tres pilares fundamentales, los cuales son, infraestructuras, territorio, gestión y manejo de proyectos que en la investigación a desarrollar los aplicamos.

En la parte de infraestructuras el objeto aplicado es la hidráulica y sanitaria donde se aplica lo visto en la materia de Mecánica de Fluidos y Laboratorios, Conductos a Presión, Flujo Libre y Laboratorio, Hidrología Aplicada, Gestión Ambiental Y Laboratorio de Calidad de Aguas.

En el segundo pilar encontramos Territorio y tenemos en cuenta la parte de expresión gráfica y dibujo que fue un eje fundamental para el desarrollo del producto final de la investigación.

Y finalmente tenemos la parte de Gestión y Manejo de Proyectos donde aplicamos los conocimientos adquiridos en procesos constructivos y gestión de proyectos para obtener una propuesta de costos a la investigación.

**4.3.3 Marco Histórico.** Ricaurte Cundinamarca Es un municipio del departamento de Cundinamarca, que está ubicado en la Provincia del Alto Magdalena, donde se encuentra a orillas del Rio Magdalena, en la desembocadura de los ríos Bogotá y Sumapaz, este municipio está vinculado con el municipio de Girardot y Flandes. (Alcaldía de Ricaurte , s.f.)

Este municipio fue fundado el 4 de diciembre de 1857, está vinculado con la evolución histórica del municipio de Girardot, donde Ricaurte en un principio fue un corregimiento de Girardot, aunque esta región estuvo habitada por el pueblo indígena de los Panches antes de la conquista, aquel municipio nace como un asentamiento en la orilla del Rio Magdalena en las proximidades de Girardot que inicialmente fue denominado como corregimiento de “Peñalisa” jurisdicción del distrito de Girardot. Seguido a ello con la caída del sector agroindustrial de Girardot, una nueva dinámica económica de la región en la actividad turística y con la construcción de la nueva vía desde Bogotá hasta Girardot, el cual se favoreció en gran medida el corregimiento que este tuvo un auge con la construcción de parajes sobre la vía y sitios de alojamiento, hasta llegar a consolidarse como municipio en el año 1968 con el nombre que tiene actualmente; el crecimiento urbano de este municipio se extiende sobre la vía panamericana hasta vincularse con el municipio de Girardot. (Alcaldía de Ricaurte , s.f.)

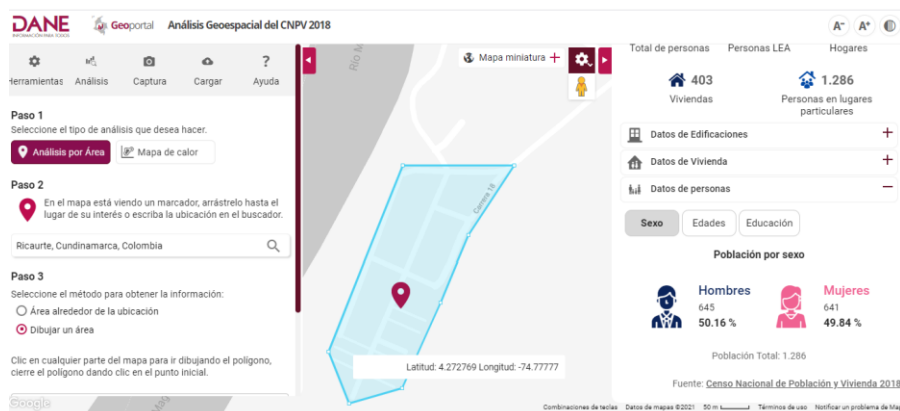
Con el Plan de Ordenamiento Territorial este le da la Categoría de Municipio con pertenencia al área metropolitana de Girardot y con una consolidación de la Ciudad Región como centro regional. El municipio de Ricaurte estaba conformado por los terrenos de la Hacienda Peñalisa, el territorio de los Manueles, Hato sucio y la Hacienda Oval, que la mayor parte de este territorio estaba dedicado a los cultivos de pasto para la ganadería, añil y mayormente al cultivo de tabaco, el cual Peñalisa se desarrolló como el primer puerto del Alto Magdalena; en el que los Hermanos Nieto Ricaurte fundaron una fábrica de Tabaco donde exportaban y otros productos como el añil y el café que era producido en Cunday y sus alrededores y los compraban para exportarlos a través del puerto a países como Francia, Alemania e Inglaterra, que termina siendo un puerto comercial privado. Dado su descendencia de lugar el Teniente Antonio Ricaurte y los Hermanos Nieto Ricaurte que proceden a cambiarle el nombre por el Decreto del 4 de diciembre de 1857 en la Asamblea de Cundinamarca y se dijo: “la aldea que, con el nombre de Peñalisa, se mandó a crear por ley C, sobre División Territorial del Estado y se Denomina Ricaurte”. (Alcaldía de Ricaurte , s.f.).

Finalmente, el Barrio Villa Diana Carolina según información recolectada por residentes de hace mucho tiempo del sector, el alcalde de la época con mucho esfuerzo logro obtener un predio en la zona urbana del municipio cerca a la intersección del rio Sumapaz con el rio Magdalena el cual fue designado para la creación del barrio con el fin de brindarle una ayuda a las familias necesitadas de poder tener su vivienda propia, para la urbanización se dio inicio por una etapa que incluía dos manzanas aproximadamente 90 viviendas construidas en bambú, estas familias la adquirieron a un precio asequible, al pasar del tiempo según el proyecto del ministro de vivienda German Vargas Lleras otorga donar para el municipio aproximadamente 300 viviendas gratuitas de la misma manera que se venía urbanizando por etapas, las cuales fueron otorgadas a familias en alto riesgo de inundación, escasos recursos para la población del municipio y familias que tuvieran un integrante en calidad de discapacidad. Lo que hoy en día es una gran comunidad con personas de bajos recursos por lo cual se plantea la propuesta del diseño para este sector.

#### 4.4 MARCO DEMOGRAFICO

Según la información suministrada por el Geoportal (DANE, 2018) con el censo nacional realizado en el 2018, el barrio Villa Diana Carolina, lugar donde se realiza el caso de estudio, en este sector se encuentran 403 viviendas de interés social (VIS), el cual cuenta con una población de 1286 personas, que está conformado por un 50.16% de hombres que esto equivale a 645 personas y un 49.84% de mujeres que equivale a 641 personas.

**Figura 25. Número de habitantes del Barrio Villa Diana Carolina.**

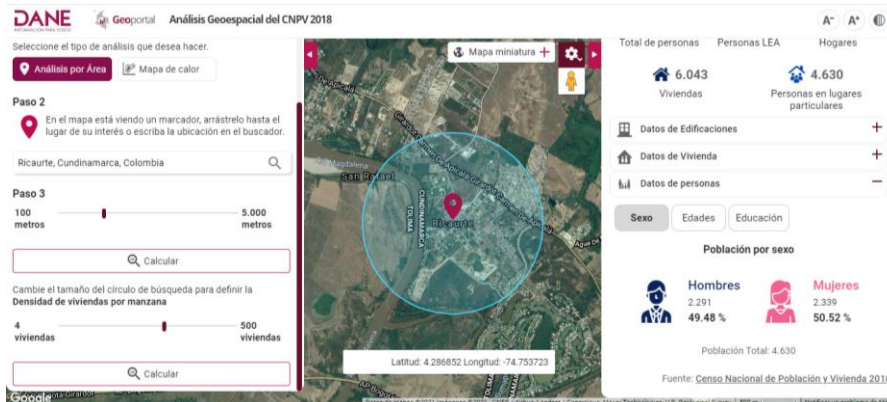


Fuente (DANE, 2018)

Por otra parte, según el Geoportal del (DANE, 2018) que realizó el censo en el municipio de Ricaurte Cundinamarca, marcando un punto de 1300 m<sup>2</sup> a la redonda

del casco urbano, esto cuenta con 6043 viviendas y 4630 personas que habitan en este sector, que este conformado por el 49,48% que son 2291 hombres y 50,52% que son 2339 mujeres.

**Figura 26. Habitantes del casco urbano del Municipio de Ricaurte.**



Fuente (DANE, 2018)

## 4.5 MARCO LEGAL

❖ Ley 697 de 2001; esta ley fomenta el uso racional y eficiente de la energía, también se promueve la utilización de energías alternativas; el cual el Artículo 3 efectos de interpretar y aplicar la ley, se encuentra: 3. Desarrollo Sostenible: que conduce al crecimiento económico, elevación de la calidad de la vida y bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que sustenta, ni deteriora al medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Pastrana Arango , 2001)

❖ Constitución Política; Artículo 80. Hace referencia de que el estado planificara el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, esto para garantizar el desarrollo sostenible, la conservación, restauración y sustitución de ellos, también prevendrá y controlara los factores del deterioro ambiental e imponer unas sanciones legales y también exigir la reparación de los daños causados. (Colombia, 2021)

❖ Ley 142 de 1994; Esta ley es correspondiente a los servicios públicos domiciliarios y aplica al acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, teléfono fijo público, distribución de gas, teléfono móvil local del sector rural y combustible, el cual es a cumplir en base de brindar un servicio público domiciliario en el país en el que todos tienen derecho a tenerlo y disfrutar de estos servicios. (Secretaria Juridica Distrital, 1994)

❖ Ley 142 de 1994; Artículo 4; este artículo se refiere a los servicios públicos antes mencionados que son denominados y referenciados como servicios públicos esenciales para un uso diario de los seres humanos, este artículo también hace referencia al Artículo 56 de la constitución política en el que menciona el derecho de huelga con excepción de los servicios públicos esenciales. (Secretaria Juridica Distrital, 1994)

❖ Ley 1715 de 2014. Esta ley se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, que tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, como principales las de carácter renovable en el sistema energético nacional, con participación en las zonas no interconectadas y otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, con reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y seguridad del abastecimiento energético, con el propósito de buscar promover una gestión eficiente de la energía y comprende la eficiencia energética como la respuesta de la demanda. (Unidad de Planeacion Minero Energetica, 2014)



## 5. DISEÑO METODOLOGICO

El presente trabajo de investigación se realiza por la necesidad de aportarle al medio ambiente por medio de la generación de energías renovables, también se busca a través de las variables de investigación un equilibrio económico, ambiental y social, puesto que en el sector a pesar de que es de bajo estrato, pagan sumas muy elevadas del consumo de luz, el cual es obtenido por el sistema tradicional de generación de energía, en el que no solo afecta la economía de la población, sino que también afecta al medio ambiente.

Este proyecto va dirigido a 365 viviendas del Barrio Villa Diana Carolina de Ricaurte Cundinamarca, cabe resaltar que este sistema de hidro generador es nuevo en esta zona.

Se tendrán en cuenta la variable mixta; de acuerdo a los conceptos de (Hernandez Sampieri, 20144) “Este enfoque logra una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno, donde la percepción de este resulta más integral, completa y holística, señalan que el enfoque cuantitativo representa fenómenos mediante el uso de números y transformaciones de números, como variables numéricas y constantes, graficas, funciones, formulas, mientras que el enfoque cualitativo a través de textos, narrativas, símbolos y elementos visuales. Así el método mixto caracteriza a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir nuestro entendimiento de ellos”.

Por otra parte, se realiza un análisis socio espacial con el fin de identificar la población del Barrio Villa Diana Carolina del Municipio de Ricaurte, Cundinamarca, y brindar una posible solución que mejora la calidad de vida de los habitantes de dicha población.

El tipo de investigación que se utiliza es exploratoria; según (Hernandez Sampieri, 20144) “Con este tipo de investigación obtendremos un acercamiento a el problema de estudio y luego realizaremos la toma de datos de la población lo cual nos permitirá realizar encuestas de favorecimiento a la comunidad y finalmente con la información obtenida, realizar un análisis socio espacial para luego continuar con la investigación más a fondo, también se explora los afluentes cercanos a la zona de estudio para identificar con que cuenca se va a trabajar; de igual manera se contara con una investigación explicativa, con esta no solo se describirá el caso de estudio sino que se acerca a explicar las causas de la investigación analizada, también nos permitirá ampliar la investigación exploratoria y con esta generar una hipótesis, en el que buscamos descubrir variables cualitativas el cual esto es indispensable para saber cuántas familias pueden ser beneficiadas, quiere decir que esto trabaje con

la misma eficiencia del modelo tradicional, que genera un ahorro económico ambiental”.

Inicialmente se trabajarán dos fases, la primera es la identificación de la cuenca que pertenece a la zona de estudio para saber los niveles máximos y mínimos que ha logrado llegar la lámina de agua del río, con el cual vamos a realizar el diseño de la captación; por otra parte procedemos a identificar las precipitaciones de la cuenca que se han presentado en los últimos años y poder obtener un caudal para diseñar la turbina que más le favorezca al proyecto y así mismo saber la cantidad de energía que nos pueda generar.

La segunda fase es la identificación de la población que se va a beneficiar, seguido a ello se realiza un acercamiento mediante encuestas para obtener información sobre el consumo de energía, identificar aparatos electrónicos con los cuales cuentan las viviendas y saber su estado socio económico.

Luego de culminar estas dos fases, procedemos a realizar el análisis de los resultados obtenidos, el cual vamos a identificar un contraste con los resultados arrojados del diseño y las necesidades que se identificaron con la población que se estudió.

Finalmente planteamos el diseño teniendo en cuenta la identificación de la cuenca, los diferentes niveles y el terreno para generar los planos como diseño de la investigación generada en el transcurso del proyecto y el respectivo presupuesto de obra.

## **6. PRODUCTO DE INVESTIGACION**

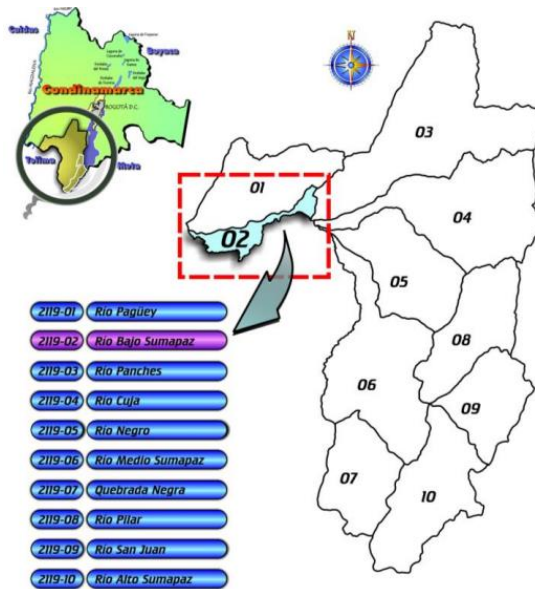
Iniciando la primera fase, procedemos a identificar la cuenca que este más cerca al caso de estudio realizando una investigación en las diferentes bases de datos para saber el caudal con el que vamos a trabajar, seguido a ello se define el tipo de turbina y se realiza el diseño de la misma.

Según planes de ordenación y manejo de cuencas (POMCAS) de la CAR, plantean 10 Pomcas de diferentes cuencas secundarias, que son: Rio Bogotá, Rio Negro, Rio Carare Minero, Rio Sumapaz, Rio Alto Suarez, Rio Medio y Bajo Suarez, Rio Seco, Rio Guayuriba, Rio Guavio y Rio Garagoa, el cual nuestro caso de estudio se ubica en la Cuenca del Rio Sumapaz que cuenta con 10 Subcuencas, que se identifican, como: Subcuenca Rio Paguey, Rio Bajo Sumapaz, Rio Panches, Rio Cuja, Rio Negro, Rio Medio Sumapaz, Quebrada Negra, Rio Pilar, Rio San Juan y Rio Alto Sumapaz, en la que estudiamos cada una de ella y obtuvimos un acercamiento a la Subcuenca Rio Bajo Sumapaz que en ella se realizara la captación.

### **Delimitación de la Subcuenca Rio Bajo Sumapaz**

La subcuenca rio bajo Sumapaz está ubicada en la Cuenca del Rio Sumapaz que hace parte de la hoya hidrográfica del Rio Magdalena y esta cuenca se ubica al sur-occidente del departamento de Cundinamarca, con una extensión de 2532,14 Km<sup>2</sup> y ocupa el 13,5% del área de la jurisdicción de la CAR, esta cuenca limita al norte con la cuenca del Rio Bogotá y la cuenca del Rio Magdalena de la vertiente oriental de Cundinamarca, al sur limita con el departamento del Huila, por el oriente limita con el Departamento del Meta y con parte de la Cuenca del Rio Bogotá y Rio Blanco y finalmente limita por el Occidente con el Departamento del Tolima; La cuenca del Rio Sumapaz está comprendida por los municipios de Fusagasugá, Pasca, Silvania, Granada, Tibacuy, Arbeláez, Pandi, San Bernardo, Cabrera, Venecia, Nilo y parte de Ricaurte. (Corporacion Autonoma Regional)

**Figura 27. Distribución y Localización de las Subcuencas del Río Sumapaz.**



Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

En la Subcuenca del Río Bajo Sumapaz, según (Corporacion Autonoma Regional) el eje fluvial principal de esta subcuenca está constituido por el Río Sumapaz, esta subcuenca está comprendida por los municipios de Nilo y Tibacuy que esto limita en el norte con la subcuenca del río Paguey en el municipio de Nilo, en el sur limita con el departamento del Tolima, al oriente limita con la subcuenca del río panches del municipio de Tibacuy y al occidente limita con el municipio de Ricaurte con la cuenca del Río Magdalena del departamento de Cundinamarca y con el departamento del Tolima.

**Tabla 4. Delimitación de la Subcuenca Río Bajo Sumapaz.**

CUENCA	COORDENADAS	EXTENSIÓN KM <sup>2</sup>
2119 – 02 Subcuenca Río Bajo Sumapaz	N. 948722,48 S. 921981,63 O. 968613,96 E. 956038,04	68,50

Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

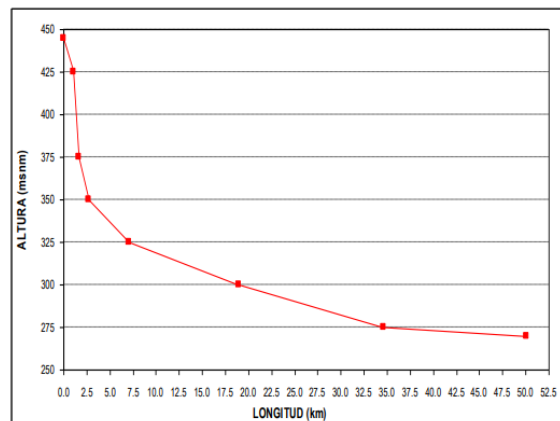
La subcuenca del Río Bajo Sumapaz tiene un área de 68.17 km<sup>2</sup> que equivale al 2.69% del área de estudio, esta subcuenca presenta una caída de 1180 m, que comprende desde los 1450 msnm en la cuchilla San Bartolo y los 270 msnm en la

desembocadura del río Sumapaz en el río Magdalena, con una longitud de 30.48 kms, cuenta con un ancho máximo de 5.37 km, con un ensanchamiento medio de 4.39 km; la longitud del cauce del río Sumapaz en la cuenca baja de la unión con el río negro sobre los 445 msnm hasta la confluencia del río Sumapaz con el río Magdalena a los 270 msnm en la jurisdicción del Municipio de Ricaurte que es de 50.040 km, con longitud total del cauce del río Sumapaz de 145.909 km desde el nacimiento a 3850 msnm en el páramo de Sumapaz del área rural del distrito capital, hasta la desembocadura con el río Magdalena en el Municipio de Ricaurte sobre los 270 msnm en los límites de los departamentos de Cundinamarca y Tolima. (Corporación Autónoma Regional)

### Perfil Longitudinal del Cauce

El río Sumapaz en la parte baja, este tramo inicia aguas abajo de la confluencia del río negro en el municipio de Tibacuy que forma un valle en V de altas laderas con fuertes pendientes y luego un valle tipo aluvial, con una dirección predominante de este-oeste disectado la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, esto se evidencia en la Figura siguiente, en el que se evidencia el perfil longitudinal del cauce principal del río Sumapaz en la parte baja, que se puede observar altas pendientes en el primer tramo en los 445 hasta los 350 msnm en la desembocadura del río Sumapaz a él río Magdalena, que tiene una disminución de la misma en la parte final, aguas debajo de la desembocadura del río Paguey. (Corporación Autónoma Regional)

**Figura 28. Perfil Longitudinal del Cauce de la Cuenca Baja del Río Sumapaz.**

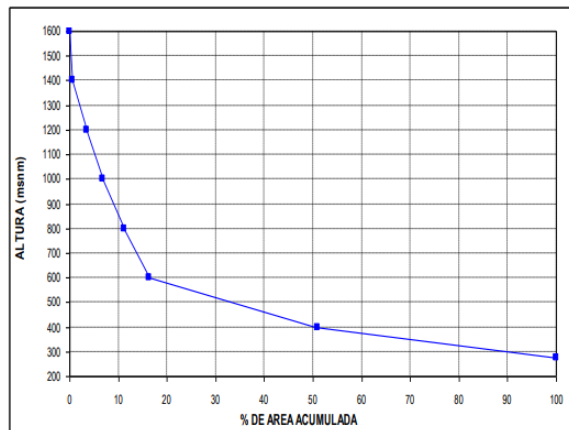


Fuente (Corporación Autónoma Regional)

## Curva Hipsométrica

Esta curva relaciona en grafico la distribución del relieve con respecto a la altura a lo largo de la cuenca, determinando el porcentaje del área comprendida entre diferentes alturas, los resultados obtenidos para los rangos de altura cada 200 metros en la cuenca baja rio Sumapaz, el resumen se evidencia en la siguiente Gráfica. (Corporacion Autonoma Regional)

**Gráfica 1. Curva Hipsométrica de la Cuenca Baja del Rio Sumapaz.**



Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

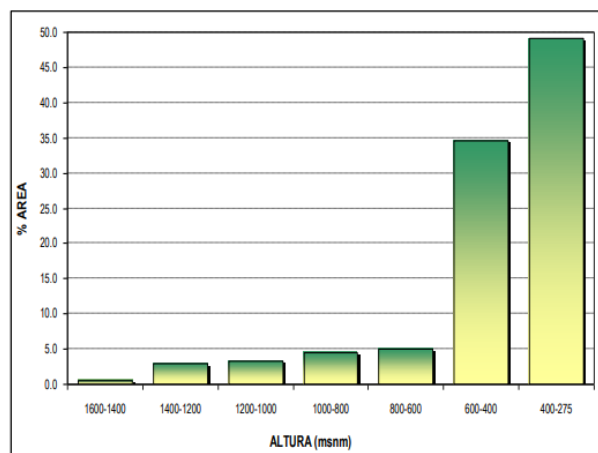
**Tabla 5. Hipsometría de la Subcuenca del rio bajo Sumapaz.**

ALTURA (msnm)	AREA (km2)	ÁREA (%)	ÁREAS BAJO ALTURAS (%)	ÁREAS SOBRE ALTURAS (%)
1600			0,00	100,00
1400	0,403	0,59	0,59	99,41
1200	1,986	2,91	3,50	96,50
1000	2,228	3,27	6,77	93,23
	3,041	4,46		
800	3,439	5,04	11,23	88,77
600	23,571	34,58	16,28	83,72
400	33,505	49,15	50,85	49,15
275			100,00	0,00
TOTAL	68,173	100,00		

Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

Según (Corporacion Autonoma Regional), en la cuenca baja del rio Sumapaz se encuentra que en la parte baja entre la cota 275 a 600 msnm, cerca del 73% del área total de la cuenca, con una mayor concentración entre los 275 a 400 msnm con el 49.1% del área, la parte alta de la cuenca por encima de los 600 msnm, corresponde a la zona de mayores pendientes, que presenta distribuciones que van disminuyendo entre el 5.0% para el intervalo de 600 a 800 msnm a 0.6% en la parte más alta de la cuenca entre las cotas 1400 y 1600, la cota que corresponde al 50% del área, el cual divide a la cuenca en dos zonas de igual área.

**Gráfica 2. Histograma de las alturas de la cuenca del rio bajo Sumapaz.**



Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

### **Coeficiente de Masividad**

El coeficiente para esta cuenca baja es de 7.29, que tiene contraste con un coeficiente de 0.96 que es estimado para toda la cuenca del rio Sumapaz en el área de la jurisdicción de la CAR. (Corporacion Autonoma Regional)

## Pendiente Media del Cauce

**Tabla 6. Pendiente Media del Cauce del Rio bajo Sumapaz.**

No TRAMO	ALTURA (msnm)	CAIDA Hcp (m)	LONGITUD CAUCE Lc (m)	% CAUCE	PENDIENTE Si (%)	PENDIENTE PONDERADA Si * %Lc
0	445		0			
1	425	20	1044	2,09	1,92	0,040
2	375	50	635	1,27	7,87	0,100
3	350	25	1014	2,03	2,47	0,050
4	325	25	4321	8,64	0,58	0,050
5	300	25	11898	23,78	0,21	0,050
6	275	25	15729	31,43	0,16	0,050
7	270	5	15399	30,77	0,03	0,010
<b>TOTAL</b>		<b>175</b>	<b>50.040</b>	<b>100</b>		<b>0,350</b>

Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

En la pendiente media ponderada del cauce principal que es de 0.35% con unos valores que superan el 7% en el primer sector del rio que esta sobre los 350 msnm, en el que ha llegado alcanzar pendientes máximas de 7.9% el cual genera tasas de transporte de sedimentos, ahondamiento del cauce principal y procesos de socavación en las márgenes laterales del rio. Para la parte media y baja del tramo que esta entre los 350 y 270 msnm, el cual el rio Sumapaz cruza con un sector de transición de la pendiente con la medida que se va descendiendo la altura, que está entre los 2.5% y 0.03%, que tiene zonas con fuertes procesos de depositarios y en los últimos quince kilómetros de recorrido está por debajo de la cota 275 msnm que corresponde al valle aluvial que se ha formado el rio; seguido a ello debido a la existencia de pendientes altas a lo largo del recorrido del rio Sumapaz en la parte alta existe una probabilidad del desarrollo de crecientes fuertes en un corto tiempo que esto origina un régimen torrencial con una consecuencia de deslizamientos y avalanchas que están asociadas al transporte de materiales en diferentes espesores. (Corporacion Autonoma Regional)

## Pendiente Media de la Cuenca.

**Tabla 7. Distribución de rangos de la pendiente en % de la cuenca baja del rio Sumapaz.**

Código	Nombre	0 - 3 %	3 - 7 %	7 - 12 %	12 - 25 %	25 - 50 %	50 - 75 %	Mayor 75%	MEDIA %
2119-02	Río Bajo Negro	45.25	10.02	9.86	20.86	13.26	0.74	0.00	<b>10.19</b>
2119	Río Negro	18.49	10.02	23.45	35.72	11.62	0.49	0.21	

Fuente (Corporacion Autonoma Regional)



Se estima una pendiente media para la cuenca de un 10.19% que corresponde a las topografías onduladas a inclinadas, cerca del 55% de la cuenca presenta pendientes que están entre 0 y 7% con topografías planas a inclinadas que están localizados en la parte baja de la cuenca, el 30% de la cuenca esto corresponde a las topografías de onduladas a inclinadas que están entre el 7% y el 25%, con el resto de la cuenca se tienen pendientes entre el 25% y el 50% con el 13% de la cuenca y los otros rangos con menos del 1% del área de la cuenca. (Corporacion Autonoma Regional)

## **Aspectos Climatológicos**

### **Cuenca del Rio Sumapaz**

Según lo estipulado por (Corporacion Autonoma Regional) se encuentra ubicado en zona de bajas latitud, que está entre los 4°35' y 3°44' en el norte de Ecuador, que esta sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental en la zona andina de Colombia, el clima en esta región es tropical, que principalmente es determinado por las variaciones altimétricas y la influencia que ejerce el movimiento de la Zona de confluencia intertropical que esto genera a su paso dos periodos húmedos y dos periodos secos que están presentados intercalados a lo largo del año; los vientos tienen gran importancia con el clima de la zona, ya que por su acción y dirección las masas de aire cálido y húmedo que son provenientes del Magdalena Medio esto ascienden por los valles del río Sumapaz y sus principales afluentes que se precipitan en forma de lluvia en la parte media y alta de la cuenca que está de acuerdo a las condiciones del terreno. (Corporacion Autonoma Regional).

**Tabla 8. Estaciones Climatológicas de la Cuenca del Rio Sumapaz.**

CÓDIGO	NOMBRE	ESTE (M)	NORTE (M)	ALTITUD (M.S.N.M)	TIPO	AÑOS DE REGISTRO
2118504	Apto santiago villa	920169	965125	286	SS	60-03
2119008	La Playa	953469	954042	675	PM	55-71
2119009	Cabrera	955309	931924	1900	PM	58-06
2119021	Nilo	936823	966954	490	PM	71-04
2119022	Pajas Blancas	944710	973320	700	PM	95-07
2119024	Ospina Pérez	955314	942983	1450	PM	72-06
2119025	Tibacuy	959030	972470	1550	PM	52-04
2119031	El Pinar	971981	976151	1900	PM	80-04
2119033	Núñez	953453	922710	1950	PM	81-97
2119034	Quebrada Negra	955307	928238	1950	PM	81-88

CÓDIGO	NOMBRE	ESTE (M)	NORTE (M)	ALTITUD (M.S.N.M)	TIPO	AÑOS DE REGISTRO
2119035	El Tulcán	966422	950350	2700	PM	81-04
2119046	Batán	962820	973470	2240	PM	98-07
2119047	Hacienda La Mesa	982265	967023	3470	PM	98-07
2119503	Tibacuy Granja	957137	972516	1635	PG	56-04
2119504	Tolemaida	938674	966953	336	CO	57-65
2119506	Pandi	955320	955884	450	CO	69-06
2119507	Pasca	975679	968777	2256	CO	69-04
2119508	Base Aérea Melgar	935893	960504	319	CO	73-05
2119511	Peñas Blancas	959010	930109	2050	CO	86-06
2119512	Ita Valsalice	964581	976153	1480	CO	80-03
2119514	Univ Fusagasuga	967900	971400	1720	CP	96-06
2119013	San Juan Diamante	973783	937228	3890	PM	66-
2120636	Tatambó	924000	967800	380	CO	89-03
2120637	Las Violetas	931870	973395	400	CO	89-07

m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

PM: Pluviométrica

PG: Pluviografica

ME: Meteorológica

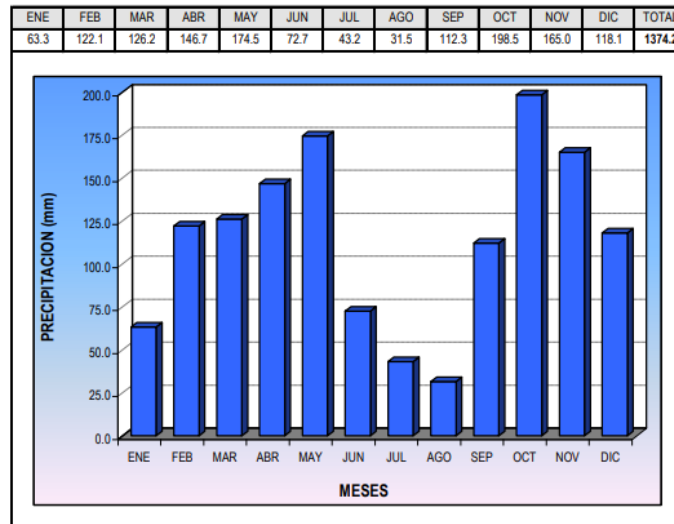
CP: Climatológica principal

CO: Climatológica ordinaria

### **Precipitacion**

El comportamiento temporal de la precipitación de la cuenca del rio bajo Sumapaz, se realizó a partir del análisis de los registros mensuales históricos de las estaciones de la Base aérea del Melgar y operada por el IDEAM y Tatambo. Se evidencia en las dos gráficas siguientes. (Corporacion Autonoma Regional)

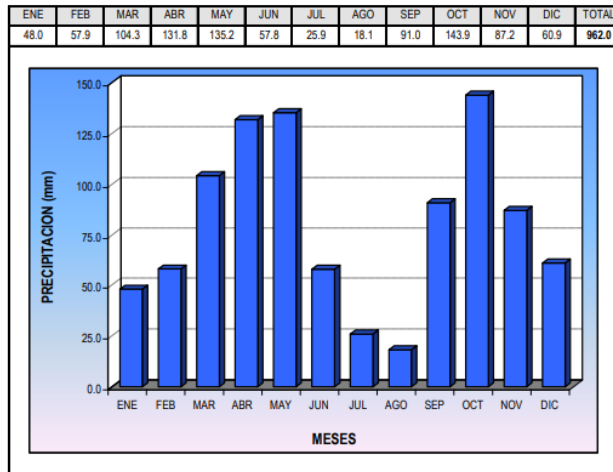
**Gráfica 3. Valores totales mensuales de la precipitación de la Base aérea de Melgar.**



Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

La estación climatológica de la base aérea del Melgar está localizada en la parte baja de la cuenca en la jurisdicción del municipio de Nilo, que tiene una precipitación anual de 1374.2 mm y presenta precipitaciones máximas mensuales durante el segundo periodo de lluvias del año, con unos valores sobre los 199 mm en el mes de octubre, para el primer periodo húmedo entre le mes de marzo y mayo, el cual es mes más lluvioso es en el mes de mayo con unos valores cercanos a 174 mm, con la segunda época de verano esto presenta los menores valores de lluvia durante el año, con mínimos en el mes de agosto de 31.5 mm, que estos valores levemente se incrementan durante el primer periodo seco del año, que esto es siendo el mes de enero el más seco de la temporada con 63.3 mm. (Corporacion Autonoma Regional).

**Gráfica 4. Valores totales mensuales de la precipitación de la Estación Tatambo.**



Fuente (Corporacion Autonoma Regional)

La estación Tatambo está localizada en el área de la cuenca cerca de la unión del ríos Sumapaz y rio magdalena, en la jurisdicción del municipio de Ricaurte, que presenta un comportamiento temporal que es similar a la de la estación de la base aérea de melgar, con unos máximos de precipitación durante el segundo periodo de lluvias en el año, en el mes de octubre con 143.9 mm, con precipitaciones importantes en el mes de mayo en el primer periodo húmedo con unos valores sobre los 135 mm, de igual manera durante el segundo periodo seco del año, durante los meses de junio hasta agosto que se presentan las menores precipitaciones del año, con unos valores cercanos a los 18 mm durante el mes de agosto y los mínimos de 48 mm en enero que corresponde al primer periodo seco del año, para una precipitación total anual de 962 mm. (Corporacion Autonoma Regional)

Según lo que indica la (Corporacion Autonoma Regional) con base a la información anual total de la precipitación de las estaciones pluviométricas y climatológicas que están localizadas en la cuenca, de ella se construyeron las isoyetas medias anuales, que a partir del cual establece una viabilidad en el comportamiento de la precipitación de la cuenca del rio Sumapaz que varía entre los 2450 mm en la parte alta de la cuenca del rio Paguey en el sector noroccidental de la cuenca del rio Sumapaz que hasta los 750 mm en la margen nororiental de la cuenca y en la subcuenca del rio panches, cerca del nacimiento del rio subía que se observan diferentes núcleos de alta precipitación a lo largo de la cuenca que tiene mayores precipitaciones en la parte alta de la cuenca y al norte de la misma con el borde colindante del rio Bogotá y los valores mínimos por debajo de los 850 mm en el nacimiento de la quebrada negra y en el margen occidental del rio Sumapaz en el municipio de cabrera que estiman un promedio anual de las lluvias de 1305.4 mm

para la cuenca del río Sumapaz en la jurisdicción de la CAR; por otra parte en el nivel de la cuenca alta del río Sumapaz, han observado disminución en la precipitación a la medida que desciende la altura que va variando desde los 1900 mm en el nacimiento de la quebrada San José, con afluente del río Sumapaz por la margen derecha hasta los 1275 mm de la parte baja de la cuenca en la margen derecha del río Sumapaz, que es cerca de la desembocadura del río Magdalena, con promedio anual de la cuenca baja del río Sumapaz que es de 1363.6 mm.

En la tabla 8 se representa la distribución de la precipitación de la cuenca baja del río Sumapaz, en el que se observa que el mayor rango de la precipitación se presenta en la cuenca que está entre los 1600 y 1700 mm anuales con un aproximado del 46% de la cuenca. (Corporación Autónoma Regional)

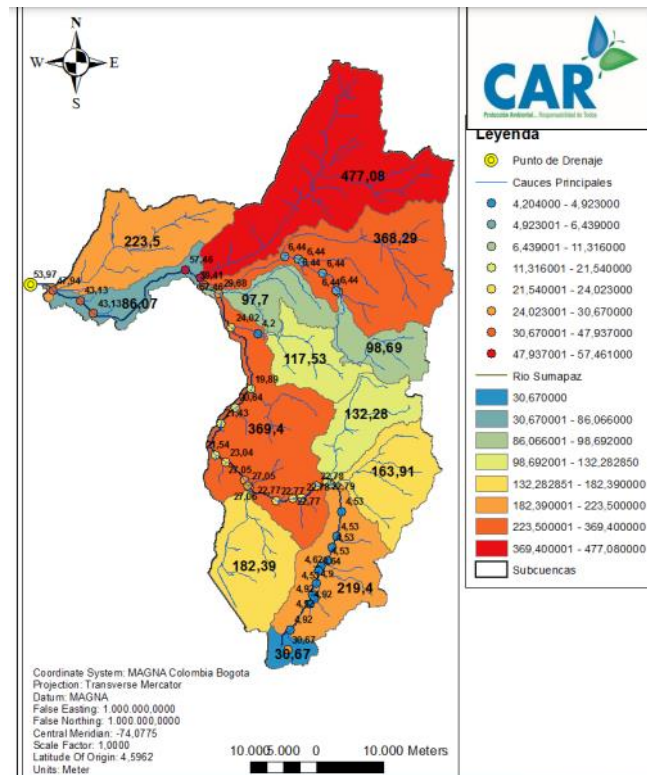
**Tabla 9. Distribución de la precipitación de la cuenca baja del río Sumapaz.**

RANGO PRECIPITACIÓN (MM)	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PRECIPITACIÓN MEDIA (%)
1100-1200	2.51	3.69	42.4
1150-1200	1.02	1.49	17.5
1200-1300	15.51	22.74	284.3
1250-1300	11.14	16.34	208.3
1300-1400	26.32	38.60	521.1
1400-1500	2.19	3.21	46.5
1500-1600	1.71	2.51	38.8
1600-1700	2.12	3.11	51.3
1700-1800	2.36	3.46	60.6
1800-1900	1.35	1.98	36.7
1900-2000	1.86	2.73	53.3
2000-2100	0.09	0.13	2.6
<b>TOTAL</b>	<b>68.18</b>	<b>100.00</b>	<b>1363.6</b>

Fuente (Corporación Autónoma Regional)

Según la (dirección de monitoreo, modelamiento y laboratorio ambiental de la CAR), se generan un rango en diferentes puntos de la cuenca hidrográfica del río Sumapaz, como se evidencia en la siguiente Figura.

**Figura 29. Caudal pico por nodo y por sub cuenca.**



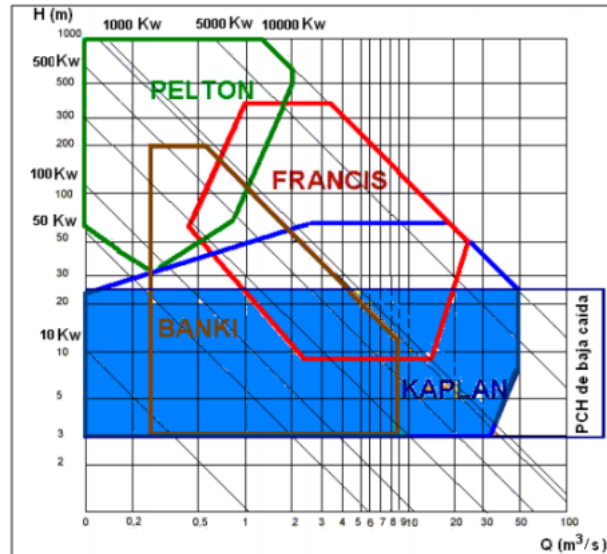
Fuente (dirección de monitoreo, modelamiento y laboratorio ambiental de la CAR)

El caudal pico del nodo el cual estamos trabajando es de 43.13 metros cúbicos/segundos, identificando entre los nodos con el caudal más alto ya que esta es la parte donde el rio Sumapaz le entrega o comúnmente desemboca en el rio magdalena.

Luego de culminar con la primera fase de la investigación, ya teniendo claro los datos requeridos para realizar el diseño de la turbina y la captación, se procede a identificar qué tipo de turbina se va diseñar para el proyecto, teniendo en cuenta que en el marco teórico se plantean las diferentes características de las turbinas más empleadas para estos tipos de diseños.

Según las características del terreno y el caudal, seleccionamos el Tipo de Turbina Kaplan, basándonos en la figura siguiente.

**Figura 30. Diagrama de Turbinas.**



Fuente (Palma & Peña, 2018)

Ya que nuestra altura para darle una caída no es superior a 15 metros, entonces teníamos la opción de seleccionar la Turbina Banki o Kaplan, donde seleccionamos la Kaplan por que puede trabajar con mayor caudal y menor altura, que este sería nuestro caso.

Seguido a ello, se procede a realizar el cálculo de la turbina Kaplan, teniendo en cuenta los datos iniciales los cuales son: caudal, altura neta y gravedad, que se requiere identificar el coeficiente de velocidad tangencial para poder obtener la potencia teórica que requerimos, en este caso se cuenta con 365 viviendas en el que basados al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas "Retie" donde estipula que para una vivienda se requiere de 7 a 15 kva, lo que diseñamos a mayor consumo, quiere decir que se diseña con 15kva por vivienda, lo cual multiplicamos la cantidad de viviendas por la cantidad de kilo voltio amperio y así tenemos la cantidad de kilo voltio amperio que se requiere para el diseño; para diseñar se requiere la potencia en kilo vatio, donde 1 kilo vatio amperio es igual a 0.8 kilo vatios, para calcularlo realizamos una regla de 3 simple donde el resultado es de 4.380 kilo vatio que es la potencia teórica.

**Tabla 10. Datos Iniciales para cálculo de la turbina.**

DATOS		
CAUDAL	Q (M <sup>3</sup> /s)	43,13
ALTURA NETA	Hn (m)	10,4
GRAVEDAD	g (m/s)	9,81
VIVIENDAS	Unidad	365
CONSUMO VIVIENDA	Kva	15
CONSUMO VIVIENDA	Kw	12
COHEFICIENTE DE VELOCIDAD TANGENCIAL	Kg/m <sup>3</sup>	995,38778
POTENCIA TEORICA	Kw	4380

Fuente Propia

El coeficiente de velocidad tangencial se despeja de la Ecuación 28 y se multiplica por 1000.

$$\rho = \frac{P_{teo}}{Q * g * Hn} * 1000 = 995,38778$$

Seguido a ello se tiene en cuenta los rendimientos de la máquina, los cuales son:

$$\begin{aligned} n_l &= 0.9 \\ n_{tr} &= 0.96 \\ n_g &= 0.9 \end{aligned}$$

Con lo que procedemos a calcular la potencia útil, desarrollando la Ecuación 29

$$P_{util} = \frac{4.380}{0.90 * 0.96 * 0.90} = 5632.72Kw$$

Luego procedemos a calcular la potencia interna con la Ecuación 30, teniendo en cuenta que las pérdidas de la turbina son de un 7%

$$P_{interna} = 5632.72 * 1.07 = 6027.01$$



Seguido a ello, se tiene la relación geométrica entre 0.35 a 0.67 donde para el diseño se toma este valor como el punto medio del rango dado.

$$\frac{D_i}{D_e} = 0.51$$

Para el coeficiente de proporcionalidad es:

$$\xi = 0.4$$

Luego se calcula la transferencia de energía cinética, mediante la Ecuación 31

$$c_1 = \sqrt{(10.4 - (10.4 * 0.4)) * 2 * 9.81} = 11.064$$

Este tipo de turbina son de tipo axial, quiere decir que la velocidad tangencial de entrada y salida son iguales, se da debido a que las dimensiones a la entrada y la salida son constantes. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 32 } u = u_1 = u_2$$

El escurrimiento en el borde de la salida del alabe es paralelo al eje de rotación de la turbina, el cual la velocidad meridional y la velocidad de salida del flujo son iguales y la velocidad absoluta y tangencial forman un ángulo recto. (Palma & Peña, 2018)

$$\begin{aligned} \text{Ecuacion 33 } c_2 &= c_{2m} \\ \alpha_2 &= 90^\circ \end{aligned}$$

Entre la relación óptima de los ángulos formados por la velocidad relativa entre el alabe, el fluido y la velocidad tangencial, esto indica la linealidad o no linealidad del perfil exterior, de esta manera que si la relación es lineal los cálculos serían más sencillos o por el contrario, si se considera una variación máxima de una manera que se pueda saber si la sección interior supera o no el punto vertical generando de tal manera una zona de remanso, el cual se evidencia que el ángulo  $\beta_{1i}$  sea menor que  $90^\circ$ . (Palma & Peña, 2018)

$$\beta_1 \approx \beta_2$$

Para la velocidad tangencial al extremo es óptima, de esta manera que el coeficiente de velocidad tangencial ( $k_u$ ) diverge entre 0.65 y 2.5. (Palma & Peña, 2018). Para el ejercicio se toma  $K_u = 2$ , se desarrolla la Ecuación 34

$$u = 2 * \sqrt{2 * 9.81 * 10.4} = 28.57$$

Seguido a ello se define la corona circular que es formada en el borde la de irrupción de los alabes, donde se toma la sección de entrada en función del diámetro externo, después de que se obtiene esta sección se define la velocidad meridional en función de la velocidad absoluta y el ángulo entre las velocidades absoluta y tangencial. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 35 } C_{1m} = C_1 * \sin(\alpha_1)$$

$$\text{Ecuacion 36 } Q = S * C_{1m} = (\pi * (r_e^2 - r_i^2)) * C_{1m}$$

$$\text{Ecuacion 37 } Q = \left( \pi * \left( \frac{D_e^2}{4} - \frac{D_e^2 * (0.51)^2}{4} \right) \right) C_1 * \sin(\alpha_1)$$

Luego se introduce el cálculo de la potencia útil de la turbina por medio de la ecuación de Euler. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 38 } C_2 = C_{2m} = C_{1m}$$

$$\text{Ecuacion 39 } P_{util} = Q * \rho * \omega * (r_1 * c_1 * \cos(\alpha_1) - r_2 * c_2 * \cos(\alpha_2))$$

Donde se sabe que la velocidad tangencial en la entrada y la salida son iguales ( $u = u_1 = u_2$ ), para la velocidad angular se realiza con la siguiente ecuación. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 40 } \omega = \frac{u}{r} = \frac{u}{\frac{D_e}{2}}$$

Y los radios permanecen constantes. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 41 } r_1 = r_2 = r$$

$$\text{Ecuacion 42 } P_{interna} = Q * \rho * \omega * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_2 * \cos(\alpha_2) \right) \right)$$

$$\text{Ecuacion 43 } P_{interna} = Q * \rho * \omega * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_1 * \sin(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) \right) \right)$$

Continuamos que con la ecuación del caudal que es la “Ecuación 10” y con la ecuación de Euler que es la de la potencia interna “Ecuación 16” con ello formamos un sistema de ecuaciones de la manera que al solucionar se obtengan los valores del diámetro externo y el ángulo de la incidencia. (Palma & Peña, 2018)

$$\text{Ecuacion 44 } \left\{ \begin{array}{l} Q = \left( \pi * \left( \frac{D_e}{2} - \frac{D_e^2 * (0.51)^2}{2} \right) \right) c_1 * \sin(\alpha_1) \\ P_{interna} = Q * \rho * \frac{u}{\frac{D_e}{2}} * \left( \left( \frac{D_e}{2} * c_1 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * c_1 * \sin(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) \right) \right) \end{array} \right.$$

De la formula anterior, despejamos el valor  $D_e$  y  $\alpha_1$ , como se muestra a continuación:

$$\left\{ \begin{array}{l} 43.13 = \left( \pi * \left( \frac{D_e^2}{2} - \frac{D_e * (0.51)^2}{2} \right) \right) 11.064 * \sin(\alpha_1) \\ 6027010 = 43.13 * 995.39 * \frac{28.57}{\frac{D_e}{2}} * \left( \left( \frac{D_e}{2} * 11.064 \cos(\alpha_1) - \frac{D_e}{2} * 11.064 * \sin(\alpha_1) * \cos(90) \right) \right) \end{array} \right.$$

$$D_e = 1.8m \quad \alpha_1 = 63.2^\circ$$

Para la condición de desplazamiento del flujo, obtenemos los ángulos con la Ecuación 45 y 46, como se muestra a continuación.

$$\tan \beta_1 = \frac{11.064 * \sin(63.2)}{28.57 - 11.064 * \cos(63.2)} = 22.72^\circ$$

$$\tan \beta_2 = \frac{11.064 * \sin(63.2)}{28.57} = 19.06^\circ$$

En la velocidad angular, el número de revoluciones para la turbina se realiza con la Ecuación 40 y la siguiente Ecuación:  $n = \frac{\omega * 60}{2 * \pi}$

$$\omega = \frac{28.57}{\frac{1.80}{2}} = 31.75 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{31.75 * 60}{2 * \pi} = 303.19 \text{ rpm}$$

Los valores unitarios del caudal y la velocidad unitaria para la turbina, se calculan de la Ecuación 47 y 48.

$$Q_{11} = \frac{43.13}{1.80^2 * \sqrt{10.4}} = 4.127 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n_{11} = \frac{303.19 * 1.8}{\sqrt{10.4}} = 169.23 \text{ rpm}$$

Para el cálculo de numero específico de revolución, se realiza con la Ecuación 49.

$$n_q = \frac{303.19 * \sqrt{43.13}}{10.4^{3/4}} = 343.82 \text{ rpm}$$

A partir del cálculo de las variables que hasta el momento se han encontrado, se procede a realizar el cálculo de las 5 secciones intermedias de los alabes de la turbina.

Seguido a ello, conocemos los datos para el cálculo de los alabes del rodete.

**Tabla 11. Datos para el cálculo de los alabes del rodete.**

DATOS		
De	m	1.8
Di	m	0.918
$\alpha_{1e}$	°	63.2
$\alpha_{2e}$	°	90
$\beta_{1e}$	°	22.72
$\beta_{2e}$	°	19.06
$C_{1e}$	m/s	11.064
$C_{1m}$	m/s	9.876
$\mu_e$	m/s	28.57
$n_q$	rpm	343.82

Fuente Propia

Continuamos con el cálculo de los radios de cada sección, desarrollando la Ecuación 50 y 51.

$$r_i = \frac{0.918}{2} = 0.459m$$

$$\Delta r = \frac{1.80 - 0.918}{2 * 5} = 0.0882$$

Luego calculamos las 5 secciones intermedias, con la Ecuación 52.

$$r_i = 0.459m$$

$$r_2 = 0.459 + 0.0882 = 0.5472m$$

$$r_3 = 0.459 + 2 * 0.0882 = 0.6354m$$

$$r_4 = 0.459 + 3 * 0.0882 = 0.7236m$$

A partir de los radios de cada sección tenemos que la velocidad tangencial de entrada y salida son, según la Ecuación 53.

$$u_{1i} = 31.75 * 0.459 = 14.57m/s$$

$$u_{2i} = 31.75 * 0.5472 = 17.37m/s$$

$$u_{3i} = 31.75 * 0.6354 = 20.17m/s$$

$$u_{4i} = 31.75 * 0.7236 = 22.97m/s$$

Utilizando la expresión del rendimiento hidráulico, basándonos en la velocidad  $C_{1u}$ , se realiza con la Ecuación 54 y 55.

$$c_{1ue} = \sqrt{11.064^2 - 9.876^2} = 4.98m/s$$

$$C_{2ue} = \frac{0.00m}{s} \quad \alpha_{2e} = 90^\circ$$

$$n_h = \frac{(28.57 * 4.98)}{9.81 * 10.4} = 1.39$$

Este rendimiento se calcula con la velocidad absoluta en su sección del alabe, luego la velocidad absoluta, se realiza con la Ecuación 56.

$$c_{1ui} = \frac{1.39 * 9.81 * 10.4}{14.57} = 9.733m/s$$

$$c_{1u2} = \frac{1.39 * 9.81 * 10.4}{17.37} = 8.164m/s$$

$$c_{1u3} = \frac{1.39 * 9.81 * 10.4}{20.17} = 7.030m/s$$

$$c_{1u4} = \frac{1.39 * 9.81 * 10.4}{22.97} = 6.173m/s$$

De igual manera se obtienen las variaciones de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , en la sección del alabe por medio de las Ecuaciones 57 y 58.

$$\alpha_{1i} = \cos^{-1} \left( \frac{9.733}{11.064} \right) = 28.394^\circ$$

$$\alpha_{12} = \cos^{-1} \left( \frac{8.164}{11.064} \right) = 42.448^\circ$$

$$\alpha_{13} = \cos^{-1} \left( \frac{7.030}{11.064} \right) = 50.550^\circ$$

$$\alpha_{14} = \cos^{-1} \left( \frac{6.173}{11.064} \right) = 56.086^\circ$$

$$\beta_{1i} = \tan^{-1} \left( \frac{9.876}{14.57 - 9.733} \right) = 63.905^\circ$$

**Tabla 12. Angulo de beta 1.**

<i>Angulo <math>\beta_1</math></i>	
$\beta_{1i}$	63,905°
$\beta_{12}$	47,010°
$\beta_{13}$	36,928°
$\beta_{14}$	30,454°
$\beta_{1e}$	22,1746°

Fuente propia

Se procede a calcular el Angulo  $\beta_2$  con la Ecuación 59.

$$\beta_{2i} = \tan^{-1} \left( \frac{9.876}{14.57} \right) = 34.130^\circ$$

**Tabla 13. Angulo de beta 2.**

<i>Angulo <math>\beta_2</math></i>	
$\beta_{2i}$	34,130°
$\beta_{22}$	29,621°
$\beta_{23}$	26,088°
$\beta_{24}$	23,265°
$\beta_{2e}$	19,068°

Fuente propia

Se procede a determinar los valores relativos del fluido de alabes en la entra y salida con la Ecuación 60 y 61.

$$w_{1i} = \frac{c_{1me}}{\text{sen}(\beta_{1i})}$$

**Tabla 14. Velocidad relativa de entrada.**

<i>Velocidad Relativa Entrada</i>	
$W_{1i}$ (m/s)	10.997
$W_{12}$ (m/s)	13.502
$W_{13}$ (m/s)	16.438
$W_{14}$ (m/s)	19.486
$W_{1e}$ (m/s)	25.577

Fuente propia

$$w_{2i} = \frac{c_{1me}}{\text{sen}(\beta_{2i})}$$



**Tabla 15. Velocidad relativa de salida.**

<i>Velocidad Relativa Salida</i>	
$W_{2i}$ (m/s)	17.603
$W_{22}$ (m/s)	19.982
$W_{23}$ (m/s)	22.459
$W_{24}$ (m/s)	25.005
$W_{2e}$ (m/s)	30.229

Fuente propia

Luego calculamos el número de alabes y las dimensiones de estos, el número específico de reducciones se obtiene con la Ecuación 62, reemplazando los valores como se muestra continuación

$$n_s = 3.65 * \sqrt{1.39} * 343.82 = 1479.56 \text{ rpm}$$

Seguido a ello calculamos las dimensiones Principales reemplazando los valores de la Ecuación 63 y 64 como se muestra.

$$\text{Ecuacion 35 } C = (6.94 * 1479.56^{-0.403}) * 1.80 = 0.65m$$

$$\text{Ecuacion 36 } a_i = (0.38 + (5.17 * 10^5 * 1479.56)) * 1.8 = 0.8216m$$

Y con los datos anteriores calculamos la altura con la Ecuación 65.

$$a_{alabe} = \frac{1}{3} * (0.65 + 0.8216) = 0.50 \text{ m}$$

Con la Ecuación 66 que supone el espacio libre entre dos alabes según la teoría de persianas permite determinar la solidez del alabe

$$t = \frac{0.50}{\tan(22.7146)} = 1.195 \text{ m}$$

El número de alabes que conforman el rodete está dado por la Ecuación 67.

$$Z = \frac{\pi * 1.8}{1.195} = 4.735 \approx 5 \text{ Albes}$$

La longitud de la curva en cada una de las secciones del alabe de calcula con la Ecuación 68.

$$l_i = \sqrt{\left(\frac{a_{alabe}}{2 * \text{sen}(\beta_{1i})} + \frac{a_{alabe}}{2 * \text{sen}(\beta_{2i})}\right)^2 + a_{alabe}^2}$$

**Tabla 16. Longitud de la curva del alabe.**

<i>Longitud Curva Alabe</i>		
$l_1$	(m)	1,27
$l_2$	(m)	1,44
$l_3$	(m)	1,63
$l_4$	(m)	1,83
$l_e$	(m)	2,24

Fuente propia

Se procede a calcular los radios de la curvatura con la Ecuación 69.

$$R_{ci} = \frac{l_i}{\sqrt{2 * (1 - \text{sen}(\alpha_{1i}))}}$$

**Tabla 17. Radio de la curvatura.**

<i>Radio de Curvatura</i>		
$R_{ci}$	(m)	1,24
$R_{c2}$	(m)	1,79
$R_{c3}$	(m)	2,42
$R_{c4}$	(m)	3,13
$R_{ce}$	(m)	4,83

Fuente propia

Seguimos a calcular la amplitud del alabe para evitar contacto, teniendo en cuenta un ángulo de  $\theta = 65^\circ$ , con ello se despeja la Ecuación 70.

$$\theta_{alabe} = \frac{5^2 * 65 * 2.24 - 65 * 1.80 * \pi}{5^2 * 2.24} = 58.44^\circ$$

Ya teniendo la amplitud, podemos encontrar el radio de la curvatura donde se considera el triángulo rectángulo entre el centro del rodete, el borde del diámetro externo y la mitad de la amplitud del ángulo, con la ecuación 71 y 72.

$$e = \frac{1.8}{2} * \cos\left(\frac{58.44}{2}\right) = 0.786m$$

$$R_{cb} = \frac{0.786}{5} = 0.1572$$

Procedemos a realizar el cálculo de la cubierta superior icónica del flujo.

$$a_{alabe} = 0.50m$$

$$D_i = 0.918m$$

Tomamos una dimensión respecto al centroide del cubo.

$$\Delta_s = 0.225m$$

$$\Delta_i = 0.200m$$

Seguido a ello calculamos el ángulo del casquete esférico a la distancia del diámetro de las cubiertas en el cubo del rodete mediante la Ecuación 73 y 74.

$$\alpha_s = 2 * \cos^{-1} \left( 1 - \frac{0.459 - 0.225}{0.459} \right) = 121.3^\circ$$

$$\alpha_i = 2 * \cos^{-1} \left( 1 - \frac{0.459 - 0.200}{0.459} \right) = 128.34^\circ$$

Luego calculamos los diámetros de la cubierta que serán mediante la Ecuación 75 y 76.

$$d_s = 2 * 0.459 * \text{sen} \left( \frac{121.3^\circ}{2} \right) = 0.80m$$

$$d_i = 2 * 0.459 * \text{sen} \left( \frac{128.34^\circ}{2} \right) = 0.827m$$

Conociendo los diámetros, primero definimos la generatriz de la cubierta cónica, para ello se utiliza la altura de esta cubierta definida por el método de Bohí, teniendo en cuenta que  $C = 0.850m$  y se desarrolla con la Ecuación 77.

$$c = 0.850 - 0.200 = 0.650m$$

Consideramos que la cubierta sea un paraboloides, lo cual calculamos la parábola generatriz, con la Ecuación 78.

$$A * 0.352^2 + B * 0.352 + c = 0.650$$

Para que coincida el mínimo del origen y sea simétrica el termino B y C se supriman y posteriormente se resuelve el coeficiente de la parábola.

$$A * 0.352^2 = 0.65$$

El valor de A es igual a 5.246.

Los datos calculados anteriormente son las dimensiones y medidas para diseñar la turbina Kaplan que se va a utilizar en el proyecto, el cual está compuesta por 5 alabes y diseñada para generar 6.027kw, en los anexos encontramos los planos correspondientes para la elaboración de la turbina.

Continuamos con la segunda fase que es la identificación de la población que se va a beneficiar; la recolección de datos a la población se realizó mediante la solicitud de las facturas de energía y realizarles una encuesta a los habitantes de las viviendas para obtener un promedio del consumo diario y mensual, esto se obtuvo de los datos obtenidos de las facturas. Por otra parte, con la encuesta se obtendrá cuáles son los electrodomésticos más utilizados, el rango del pago de las facturas, si aprobarían un sistema de energía renovable y por ultimo y no menos importante se comprobó que muchas familias no revisan el valor del kilovatio/hora.

Para saber cuántas encuestas le realizábamos a la población, se calculó mediante la fórmula para el cálculo de la muestra de poblaciones finitas, teniendo en cuenta la información suministrada por el presidente de la junta de acción comunal del barrio, obtuvimos el dato de las viviendas registradas ante unas actas, las cuales en total son 365 viviendas.

### **Fórmula para Calculo de la Muestra Poblaciones Finitas**

Si la población es finita, quiere decir que conocemos el total de la población y queremos saber cuántos del total tenemos que estudiar, la formula seria la siguiente (Bermudez Novoa, 2018):

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Donde

N = Total de la población

Za = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada

q = 1 – p

cómo se mencionó anteriormente, teniendo el dato de la población se procedió a realizar el cálculo aplicando la ecuación, lo que nos arrojó el resultado del cálculo de 45 viviendas como muestra de la población, en la tabla 17 se observan los datos y el resultado obtenido por la ecuación.

**Tabla 18. Calculo de muestra finita.**

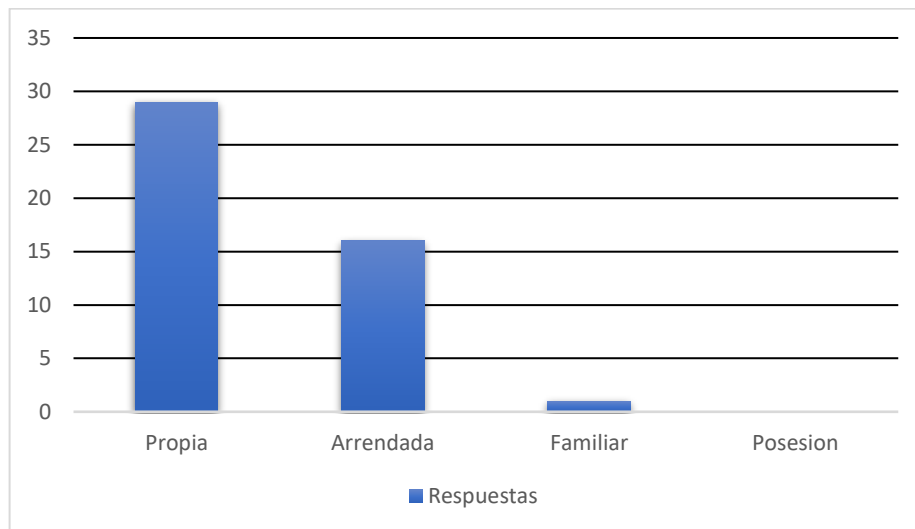
N	Z	P	q	d	n	%	Z(estimada)
360	1,65	0,05	0,95	0,05	45	90%	1,645

Fuente propia

Seguido a ello, procedemos a realizar el análisis de las encuestas, que el formato de ella se encuentra en los anexos.

### Resultado de la encuesta.

**Gráfica 5. ¿Tipo de Vivienda?**



Fuente Propia

En esta pregunta, evidenciamos que la mayor parte de las viviendas son propias según sus habitantes de ellas, el cual nos arroja un 63%, seguido a ello el 34.8% son arrendadas ya que según nos comentaron, sus propietarios residen en las veredas de donde ya los reubicaron entonces prefieren arrendarla porque no tienen la capacidad de pagar los servicios, seguido a ello se encuentran las viviendas familiares que son las que habitan más de 6 personas porque conviven aun con sus hijos y nietos y con un 0% en el tipo de posesión ya que estas viviendas fueron donadas a personas que en su tiempo la necesitaban, bien sea por ser desplazado o víctima de la ola invernal.

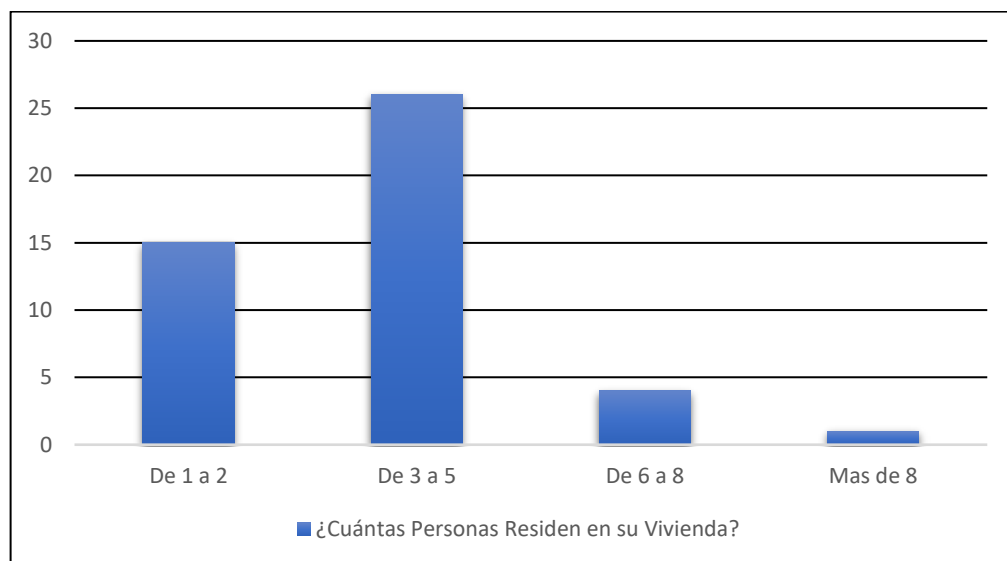
**Gráfica 6. ¿A Cual de los Sigüientes Estratos Socioeconomicos Pertenece su Vivienda?**



Fuente propia

Por otra parte, en este ítem evidenciamos que todas las viviendas son de estrato 1 ya que son viviendas de interés social, entregadas a personas que en su tiempo fueron vulnerables por diferentes situaciones que se venían presentando con ellos.

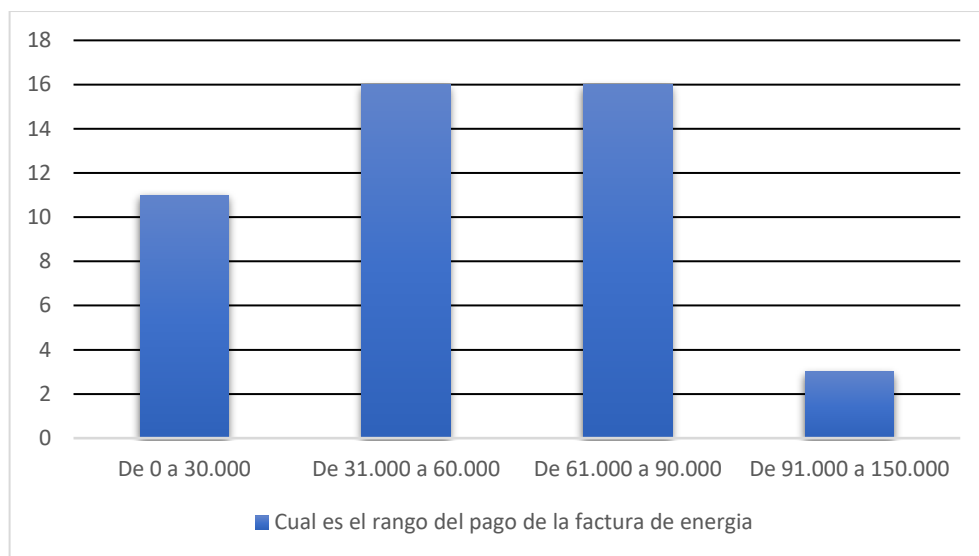
**Gráfica 7. ¿Cuántas Personas Residen en su Vivienda?**



Fuente Propia

Seguido a ello, en esta pregunta evidenciamos que en la mayoría de las viviendas con un 56.5% residen de 3 a 5 personas ya que estas están conformadas por papa, mama y sus 2 o 3 hijos, de igual manera el 32.6% es de 1 a 2 personas que son parejas que ya tienen edad avanzada porque sus hijos residen en otras ciudades pero aun así les ayudan para subsistir y abuelitos de escasos recursos que se encuentran vinculados en programas que tienen la alcaldía municipal, continuamos con el 8.7% de 6 a 8 familias porque en algunos casos los hijos de los padres cabeza de familia viven con ellos y con sus nietos ya que son separados y finalmente se encuentran las familias de más de 8 personas que estas son las de las viviendas familiares que residen toda la familia completa, conformada por padres, hijos, nietos y bisabuelos.

**Gráfica 8. ¿Cual es el Rango del Pago de la Factura de Energia?**

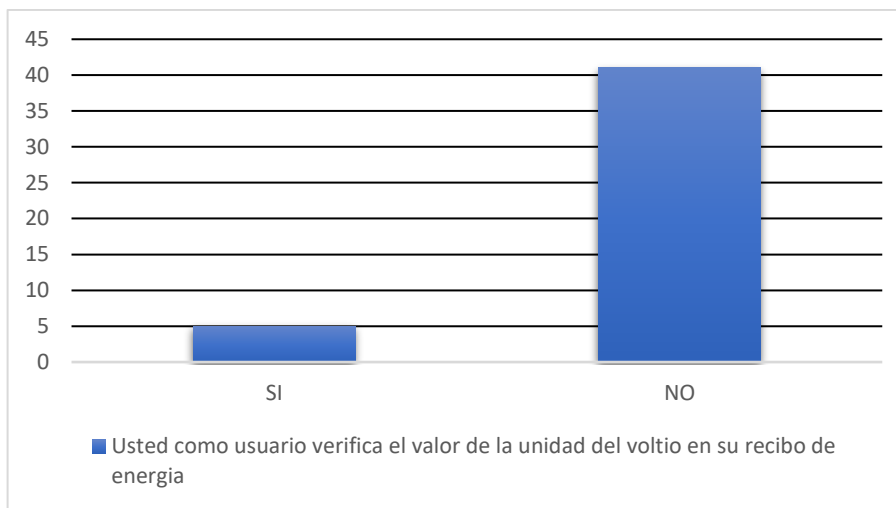


Fuente Propia

En este ítem, se evidencia el rango del valor del pago de la factura de la energía, en el que el 34.8% esta con igual porcentaje con los valores de 31.000 a 60.000 y de 61.00 a 90.000 ya que según la información suministrada hay meses en los que el consumo sube al mes anterior, en este rango se encuentran las familias de 3 a 5 y de 6 a 8 habitantes en ellas, el cual por temas de internet, de utilización de computador y del celular para que sus hijos realicen sus tareas se ve reflejado el alza en el consumo, seguido a ello encontramos que el 23.9% es de 0 a 30.0000 que son las viviendas con 1 o 2 habitantes que son los tienen pocos aparatos eléctricos ya que su estado socio económico les da para tener lo básico y necesario y finalmente encontramos con un promedio bajo del valor de 91.000 a 150.000 que son las viviendas familiares con más de 8 personas el cual por la cantidad de las mismas se genera mayor consumo del servicio.



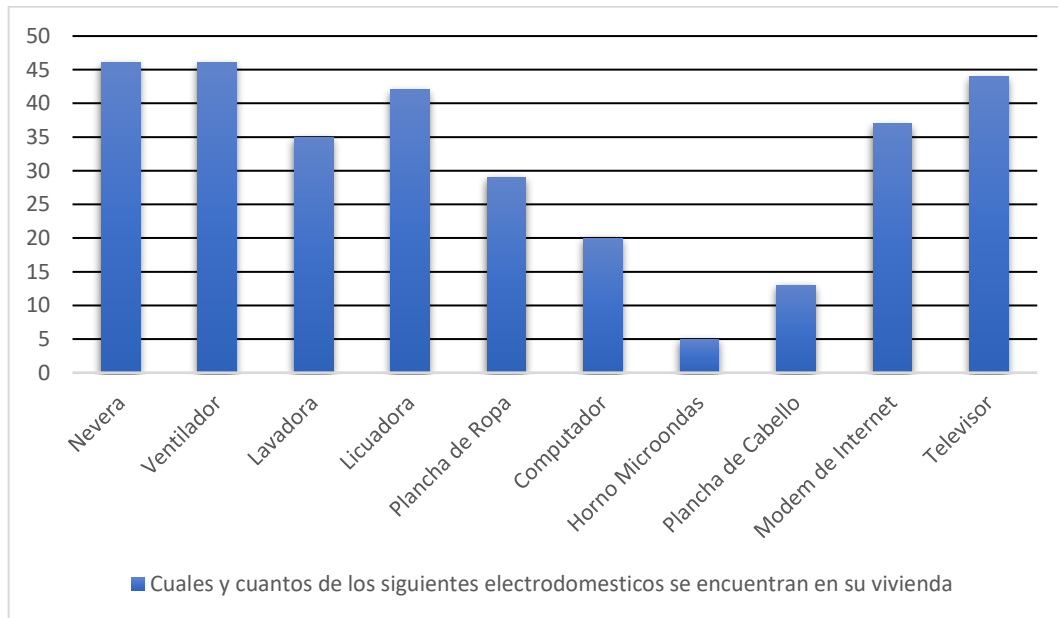
**Gráfica 9. ¿Cual es el Rango del Pago de la Factura de Energia?**



Fuente Propia

En este espacio, evidenciamos si las familias revisan el valor de la unidad del voltio en el recibo de la energía, por ende, el 89.1% no mira este valor ya que por temas de tiempo o sencillamente no se fijan en estos valores y el 10.9% si se fijan en el costo del valor unitario para poder hacer sus cuentas y verificar si está acorde o no el valor total a pagar del recibo.

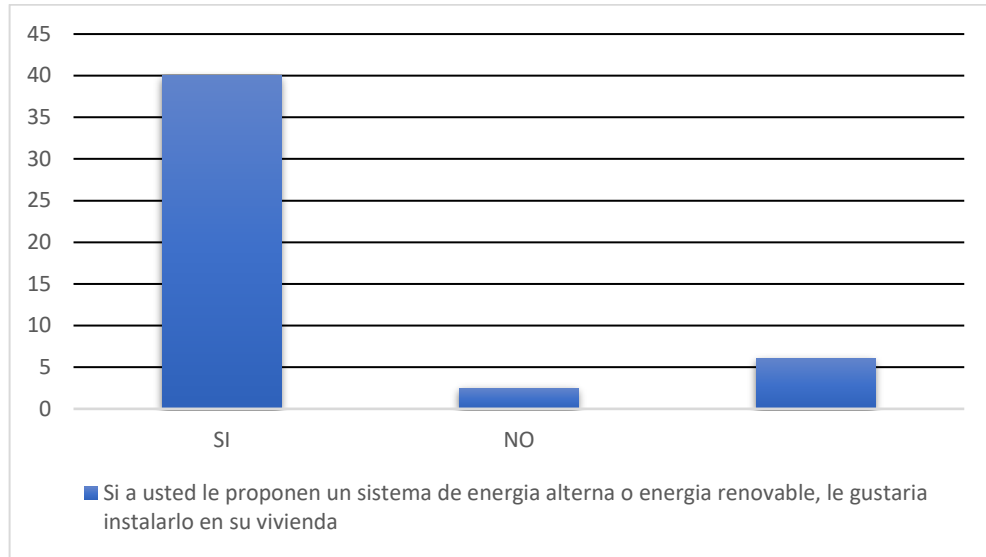
**Gráfica 10. ¿Cuales y Cuantos de los Siguients Electrodomesticos se Encuentran en su Vivienda?**



Fuente Propia

En esta pregunta podemos evidenciar alguno de los tipos de electrodomésticos que tienen cada una de las familias que residen en estas viviendas, el cual en el que las 46 viviendas encuestadas cuentan con nevera y ventilador que serían del 100% que esto es de carácter necesario para una vivienda de clima cálido, seguido a ello encontramos que 44 de las 46 viviendas encuestadas cada una de ellas cuentan con televisor para un 95.7%, continuamos con la licuadora que esto lo tienen 42 familias para un 91.3%, también se tiene que 37 viviendas cuentan con modem de internet para un 80.4% ya que en estos tiempos la mayoría de familias utilizan este tipo de herramienta para que sus hijos realicen las tareas y tener una comunicación más cercana con sus familiares por medio de las redes sociales, el 76.1% que son 35 viviendas cuentan con lavadora ya que es muy útil para las familias grandes, seguimos con el 63% que son 29 viviendas, estas cuentan con plancha de ropa el cual son más que todo las viviendas que se mencionaron anteriormente de 1 a 2 habitantes el cual son los de edad avanzada ya que en sus tiempos la plancha era un privilegio para lucir más impecable sus prendas de vestir, 20 familias que son el 43.5% cuentan con un computador ya que estos o fueron regalados cuando en su momento dieron las viviendas o comprado con mucho esfuerzo de los padres cabeza de hogar, el 28.3% que son 13 familias tienen plancha de cabello, este electrodoméstico no es de carácter necesario pero si es un privilegio para las familias que lo tienen y finalmente con el 10.9% que son 5 familias tienen horno microondas el cual también es como un privilegio que lo tengan ya que muchas familias no lo tienen porque no cuentan con el recurso suficiente.

**Gráfica 11. ¿Si a Usted le Proponen un Sistema de Energía Alterna o Energía Renovable, le Gustaría Instalarlo en su Vivienda?**



Fuente Propia

Finalmente con esta última pregunta, nos dimos cuenta que la mayoría de las familias con un 87% si les gustaría tener un sistema de energía alterna ya que nos comentaron de que sería algo satisfactorio y de gran ayuda para disminuir un gasto en su hogar, porque en muchas ocasiones no tienen para pagar el valor total de su recibo y es cuando se empiezan a colgar en los pagos del mismo y llega el momento en el que la empresa de energía les realiza el corte del servicio y cuando sucede les sale aún más caro porque les cobran reconexión y es más tediosa la situación, ya que si en muchas ocasiones no les alcanza para pagar el valor del recibo, se les ve más pesado pagar una reconexión que llega a ser costosa para ellos, el otro 13% no les gustaría por miedo a que este sistema no les funcione o les llegue a generar alguna falla en sus electrodomésticos.

Seguido a ello, procedemos a realizar un promedio del consumo diario y consumo mensual con 7 recibos de la energía el cual se encuentran en los anexos, que estos fueron recolectados en las diferentes manzanas del barrio, lo que nos genera la siguiente información.

**Tabla 19. Información del Consumo Diario y Mensual de Algunas Viviendas.**

Dirección	Fecha	Consumo Diario (KWH)	Consumo Mensual (KWH)
Manzana G Casa 4	25/06/2021 al 27/07/2021	7	224
Manzana C Casa 61	27/07/2021 al 27/08/2021	4,7	141
Manzana C Casa 54	27/07/2021 al 26/08/2021	8,8	266
Manzana A Casa 46	26/05/2021 al 25/06/2021	4	121
Manzana E Casa 13	25/06/2021 al 27/07/2021	3,4	109
Manzana E Casa 52	26/08/2021 al 27/09/2021	2,4	78
Manzana C Casa 46	27/10/2020 al 26/11/2020	2,8	83
Manzana C Casa 40	24/05/2019 al 25/06/2019	3,8	113
Manzana C Casa 56	24/02/2021 al 26/03/2021	2,2	65
Manzana D Casa 14	27/07/2021 al 26/08/2021	5,4	162
Manzana C Casa 53	25/07/2020 al 27/10/2020	4,2	125
Manzana C Casa 41	25/06/2021 al 27/07/2021	4,4	142
Manzana C Casa 51	26/11/2019 al 26/12/2019	6,2	187
Manzana D Casa 30	27/04/2021 al 26/05/2021	2,4	72
Manzana D Casa 15	26/05/2021 al 26/06/2021	3,9	119
Manzana D Casa 09	25/06/2021 al 27/07/2021	3,3	106
Manzana D Casa 51	27/07/2021 al 26/08/2021	3,2	96

Fuente Propia

Con la información anterior calculamos un promedio, el cual es de 4,78 para el consumo diario promediado en una familia y 147,85 mensual. En la tabla 19 se evidencian los resultados.

**Tabla 20. Resultado del promedio diario y mensual.**

Dirección	Fecha	Consumo Diario (KWH)	Consumo Mensual (KWH)
Manzana G Casa 4	25/06/2021 al 27/07/2021	7	224
Manzana C Casa 61	27/07/2021 al 27/08/2021	4,7	141
Manzana C Casa 54	27/07/2021 al 26/08/2021	8,8	266
Manzana A Casa 46	26/05/2021 al 25/06/2021	4	121
Manzana E Casa 13	25/06/2021 al 27/07/2021	3,4	109
Manzana E Casa 52	26/08/2021 al 27/09/2021	2,4	78
Manzana C Casa 46	27/10/2020 al 26/11/2020	2,8	83
Manzana C Casa 40	24/05/2019 al 25/06/2019	3,8	113
Manzana C Casa 56	24/02/2021 al 26/03/2021	2,2	65
Manzana D Casa 14	27/07/2021 al 26/08/2021	5.4	162
Manzana C Casa 53	25/07/2020 al 27/10/2020	4,2	125
Manzana C Casa 41	25/06/2021 al 27/07/2021	4,4	142
Manzana C Casa 51	26/11/2019 al 26/12/2019	6,2	187
Manzana D Casa 30	27/04/2021 al 26/05/2021	2,4	72
Manzana D Casa 15	26/05/2021 al 26/06/2021	3,9	119
Manzana D Casa 09	25/06/2021 al 27/07/2021	3,3	106

Direccion	Fecha	Consumo Diario (KWH)	Consumo Mensual (KWH)
Manzana D Casa 51	27/07/2021 al 26/08/2021	3,2	96
<b>PROMEDIO</b>		3,917647059	129,9411765

Fuente Propia

Finalmente, la fase 2 se realiza para tener un acercamiento a la población y poder obtener datos de primera mano con los cuales podemos orientar la investigación para realizar el diseño de la turbina. Es claro resaltar que se toma una muestra de la población en la que verificamos su consumo diario y mensual pero el diseño se realiza bajo la norma del "Retie" para cumplir con los estándares establecidos, ya que no se pudo adquirir información en meses picos como lo es diciembre el cual llega una gran población flotante y debemos tener en cuenta estos consumos por ende nos basamos en lo que solicita el Retie para una vivienda Unifamiliar.

Para finalizar el desarrollo metodológico teniendo en cuenta ya el diseño de la turbina, se plantea la estructura que va a llevar al funcionamiento del proyecto el cual hemos dividido en 4 partes fundamentales del diseño que son las siguientes:

- ❖ Punto de captación, la investigación que hemos realizado nos conlleva a ubicar el punto de captación en la cuenca del Rio Sumapaz, en la Sub cuenca numero 2 denominada de Rio Bajo Sumapaz que nos permite realizar un empalme entre el Rio Sumapaz y el Rio Magdalena.

El diseño que planteamos es pensando en evitar solidos que nos vayan a generar afectaciones en la generación de la energía, para ello diseñamos 2 cámaras y un retorno que trabajaría de la siguiente manera, para captar el agua del Rio Sumapaz se instala una compuerta que podemos abrir gradualmente para que el flujo ingrese por la parte inferior y pueda llenar la primer cámara de tal manera que los sólidos que se crucen salgan a flote y se pueda conducir por el retorno el cual retorna al Rio Sumapaz, seguido a ello de la cámara 1 cruza el flujo a la cámara 2 donde nos ayuda a que algunas arenas se decanten y puedan ser retornadas, donde se generaría un resalto que va al canal conductor.

- ❖ Canal Conductor, planteamos un canal donde lo estimamos de 3 metros a cielo abierto para que transporte el agua a la casa de operación en el cual encontramos la turbina Kaplan que va a estar generando movimiento y de igual manera continuar el fluido para ser retornado al rio magdalena, con una distancia aproximada que se tiene del punto de captación al punto de entrega que es de 400 metros lineales con una pendiente del 4%.

❖ Casa de Operación, se diseña de 22 x 6 perpendicular al canal de tal manera que internamente se deja un espacio para el área de la instalación de la turbina dos módulos para la ubicación de los transformadores y equipos que sean requeridos por un diseño eléctrico y puedan ser almacenados, más dos oficinas que son para la operación, control y monitoreo del sistema, de igual manera se trabaja una cubierta a dos aguas y un pasillo en el cual se pueden instalar paneles de control ya que se deja amplio para la movilidad de las personas que lo operen, donde nos basamos para trabajar el diseño estructural como lo especifica el Título E de la Norma Sismo Resistente de tal manera como se plantea el diseño de columnas, cimentación, vigas aéreas y confinamiento de muros.

❖ Punto de Entrega, se ubica en el Rio Magdalena de tal manera se pueda realizar la entrega del fluido que nos ayuda a generar movimiento en la turbina y no tiene afectaciones ambientales ni contaminantes lo cual se puede ir libremente por el Rio Magdalena.

## 6.1 COSTOS Y RECURSOS

A continuación, realizamos el despliegue de los costos del Diseño de una Turbina el cual fue realizado con la ayuda de un ingeniero industrial que realiza producción de piezas en pvc; Por otro lado, presentamos el presupuesto del proyecto basándonos a los diseños y teniendo en cuenta los APU que se encuentran en los anexos el cual los precios de los materiales pueden variar ya que actualmente están muy volátiles.

**Tabla 21. Costo del Rodete en PVC Rígido.**

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
PVC RIGIDO	Acero inoxidable ASTM destinado a moldeo	KG	0,277	\$ 39.810,00	\$ 11.027,37
PVC RIGIDO	Pasador de aletas	UND	5	\$ 1.891,38	\$ 9.456,90
PVC RIGIDO	Pasador de aletas	UND	5	\$ 1.134,83	\$ 5.674,15
PVC RIGIDO	Tuerca almenada	UND	1	\$ 56.741,33	\$ 56.741,33
PVC RIGIDO	Tuerca de sujeción	UND	9	\$ 4.000,00	\$ 36.000,00

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
DIN 931 M 16	Perno cabeza hexagonal	UND	9	\$ 10.440,41	\$ 93.963,69
SFK 29422 E	Rodamiento axial de rodillos a rotura	UND	1	\$ 151.310,00	\$ 151.310,00
MONTAJE	Tarea de ensamble de elementos	HORA	15	\$ 56.741,33	\$ 851.119,95
INGENIERIA DE DISEÑO	Recursos profesionales	HORA	7	\$ 77.425,00	\$ 541.975,00
INGENIERIA DE FABRICACION	Recursos profesionales de procedimiento constructivo	HORA	15	\$ 77.425,00	\$ 1.161.375,00
DELINEACION	Recursos profesionales de expresión grafica	HORA	5	\$ 58.320,00	\$ 291.600,00
				TOTAL BASE	\$ 3.210.243,39
				IVA	19%
				TOTAL	\$ 3.820.189,63

Fuente Propia.

**Tabla 22. Costo de Distribuidor con PVC Rígido.**

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
Pvc Rígido	Acero inoxidable ASTM para moldeo	KG	0,343	\$ 39.810,00	\$ 13.654,83
Pvc Rígido	Tuerca de sujeción	Und	9	\$ 4.000,00	\$ 36.000,00
Soldadura	Durman	Galon	1	\$ 15.400,00	\$ 15.400,00
Montaje	Tareas de ensambles de elementos	HORA	7	\$ 57.000,00	\$ 399.000,00
Ingeniería De Diseño	Recursos profesionales	HORA	5	\$ 77.425,00	\$ 387.125,00



	de concepción de la maquina				
Ingeniería De Fabricacion	Recursos profesionales de construcción de la maquina	HORA	5	\$ 77.425,00	\$ 387.125,00
Delineacion	Recursos profesionales de Expresión grafica	HORA	2	\$ 58.320,00	\$ 116.640,00
				TOTAL BASE	\$ 1.354.944,83
				IVA	19%
				TOTAL	\$ 1.612.384,35

Fuente Propia

**Tabla 23. Costo de Cónica en PVC Rígido.**

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
PVC RIGIDO	Acero inoxidable ASTM para moldeo	KG	0,012	\$ 41.350,00	\$ 496,20
PVC RIGIDO	Tuerca de sujeción	UND	1,1	\$ 4.000,00	\$ 4.400,00
MONTAJE	Tareas de ensambles de elementos	HORA	1	\$ 57.240,00	\$ 57.240,00
INGENIERIA DE DISEÑO	Recursos profesionales de concepción de la maquina	HORA	2	\$ 77.425,00	\$ 154.850,00
INGENIERIA DE FABRICACION	Recursos profesionales de construcción de la maquina	HORA	3	\$ 77.425,00	\$ 232.275,00
DELINEACION	Recursos profesionales	HORA	1	\$ 58.320,00	\$ 58.320,00

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
	de Expresión grafica				
				TOTAL BASE	\$ 507.581,20
				IVA	19%
				TOTAL	\$ 604.021,63

Fuente Propia

**Tabla 24. Costo de la Cubierta en PVC Rígido.**

Material	Resumen	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
PVC RIGIDO	Acero inoxidable ASTM para moldeo	KG	0,075	\$ 39.810,00	\$ 2.985,75
PVC RIGIDO	Tuerca de sujeción	UND	2	\$ 4.000,00	\$ 8.000,00
MONTAJE	Tareas de ensambles de elementos	HORA	15	\$ 57.240,00	\$ 858.600,00
INGENIERIA DE DISEÑO	Recursos profesionales de concepción de la maquina	HORA	5	\$ 77.425,00	\$ 387.125,00
INGENIERIA DE FABRICACION	Recursos profesionales de construcción de la maquina	HORA	7	\$ 77.425,00	\$ 541.975,00
DELINEACION	Recursos profesionales de Expresión grafica	HORA	2	\$ 58.320,00	\$ 116.640,00
				TOTAL BASE	\$ 1.915.325,75
				IVA	19%
				TOTAL	\$ 2.279.237,64

Fuente Propia

**Tabla 25. Costo de Tubo de Desfogue en PVC Rígido.**

Material	Resumen	Und.	Cant.	Precio Unitario	Costo Total
PVC RIGIDO	Acero inoxidable ASTM para moldeo	KG	11,404	\$ 39.810,00	\$ 453.993,24
MECANIZADO BASICO	Mecanizado conformado de pieza	HORA	5	\$ 38.100,00	\$ 190.500,00
MONTAJE	Tareas de ensambles de elementos	HORA	1	\$ 57.240,00	\$ 57.240,00
INGENIERIA DE DISEÑO	Recursos profesionales de concepción de la maquina	HORA	1	\$ 77.425,00	\$ 77.425,00
INGENIERIA DE FABRICACION	Recursos profesionales de construcción de la maquina	HORA	1	\$ 77.425,00	\$ 77.425,00
DELINEACION	Recursos profesionales de Expresión grafica	HORA	1	\$ 58.320,00	\$ 58.320,00
				TOTAL BASE	\$ 914.903,24
				IVA	19%
				TOTAL	\$ 1.088.734,86

Fuente Propia

**Tabla 26. Costo Total.**

Costo Total PVC Rigido	
Total Base	\$ 7.902.998,41
IVA	19%
TOTAL	\$ 9.404.568,11

Fuente Propia

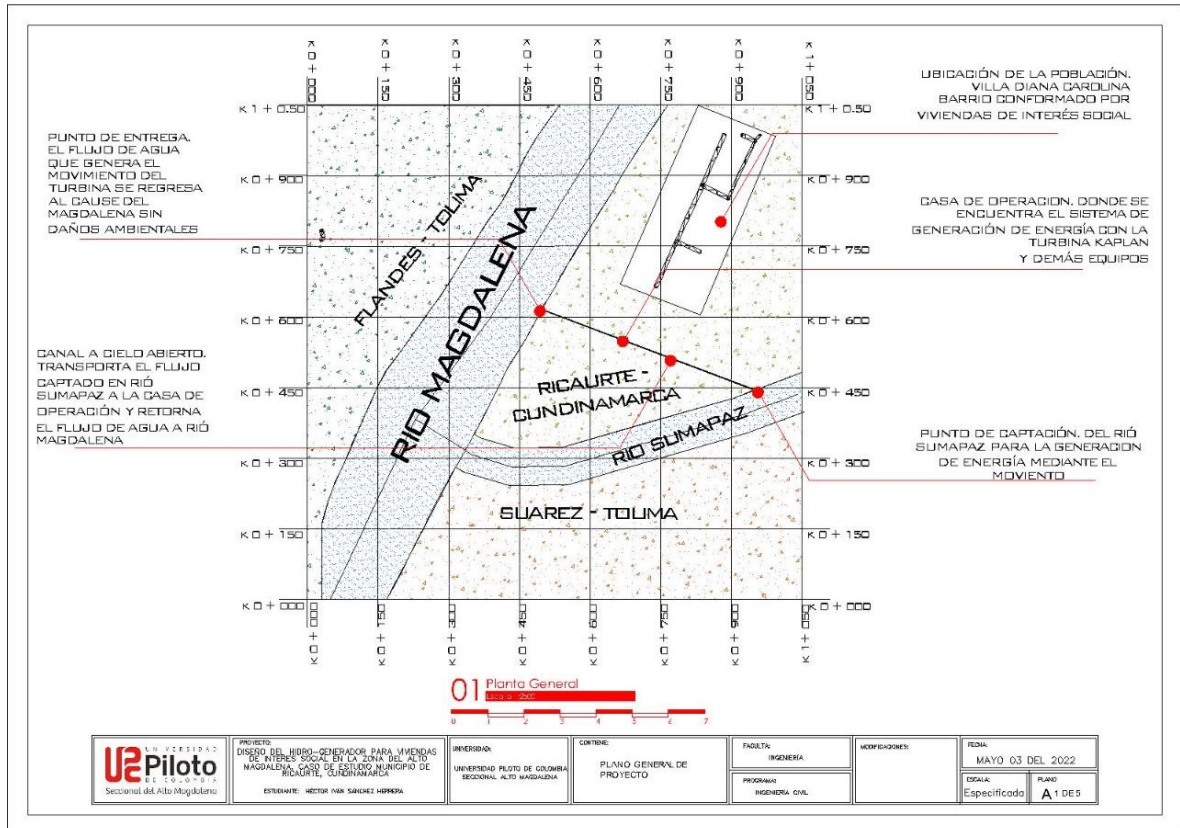
**Tabla 27. Presupuesto General de la Casa de Operación, Captador & Canal de Transporte**

PRESUPUESTO DISEÑO HIDROGENERADOR						
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL	
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				\$ 17,376,347.73	
1.1	Cerramiento de obra en lona y parales en madera h=2.4.	ML	400	\$ 30,394.77	\$ 12,157,909.00	
1.2	Campamento en Teja ondulada No 6-180 mt y bloque No. 4. Incluye baño portatil.	UND	1	\$ 1,001,662.82	\$ 1,001,662.82	
1.3	Localización y Replanteo.	M2	123.6	\$ 4,494.61	\$ 555,533.80	
1.4	Descapote Manual.	M2	123.6	\$ 29,621.70	\$ 3,661,242.12	
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				\$ 459,732,189.73	
2.1	<b>EXCAVACIONES</b>				\$ 369,786,382.33	
2.1.1	Excavacion mecanica de 0 a 3.00 m, Incluye Retiro para Canal	M3	3808	\$ 94,149.67	\$ 358,521,950.98	
2.1.2	Excavacion manual de 0 a 1.20 m, Incluye retiro para Cimentacion.	M3	52.704	\$ 78,679.34	\$ 4,146,716.15	
2.1.3	Excavacion mecanica de 0 a 3.00 m, Incluye Retiro para captacion	M3	75.6	\$ 94,149.67	\$ 7,117,715.20	
2.2	<b>RELLENOS</b>				\$ 89,945,807.40	
2.2.1	Relleno en concreto pobre relación 1:3 para el canal.	M3	68	\$ 300,864.65	\$ 20,458,796.47	
2.2.2	Relleno en recebo B-200, incluye extendido, nivelación y compactación, para Cimentacion.	M3	123.6	\$ 109,771.40	\$ 13,567,745.24	
2.2.3	Relleno en recebo B-200, incluye extendido, nivelación y compactación para el canal.	M3	272	\$ 202,371.40	\$ 55,045,021.24	
2.2.4	Relleno en recebo B-200, incluye extendido, nivelación y compactación para punto de captacion	M3	4.32	\$ 202,371.40	\$ 874,244.45	
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>				\$ 46,049,763.21	
3.1	<b>CONCRETO</b>				\$ 22,274,351.08	
3.1.1	Concreto Ciclopeo	M3	26.352	\$ 264,544.73	\$ 6,971,282.78	
3.1.2	Concreto viga cimentación de 3000PSI.	M3	8.235	\$ 333,899.80	\$ 2,749,664.87	
3.1.3	Concreto Viga Aerea 3000PSI.	M3	8.235	\$ 358,876.74	\$ 2,955,349.95	
3.1.4	Concreto Columnas 3000PSI.	M3	2.52	\$ 349,471.19	\$ 880,667.40	
3.1.5	Placa de contrapiso e=10cm, incluye malla electrosoldada 6mm.	M2	121.1	\$ 60,210.93	\$ 7,291,543.62	
3.1.6	Placa del Punto de Captacion E=20cm	M3	4.08	\$ 349,471.19	\$ 1,425,842.46	
3.1.7	Muros Plantalla para Punto de Captacion = 20 cm	M3	15.6	\$ 360,878.19		
3.2	<b>ACERO</b>				\$ 23,775,412.13	
3.2.1	Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Viga Cimentación.	Kg	545.7306	\$ 7,207.56	\$ 3,933,387.24	
3.2.2	Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Para viga cimentación.	Kg	307.44	\$ 6,356.82	\$ 1,954,340.37	
3.2.3	Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Viga aerea.	Kg	545.7306	\$ 8,075.85	\$ 4,407,235.85	
3.2.4	Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Viga aerea.	Kg	286.944	\$ 7,466.26	\$ 2,142,398.05	
3.2.5	Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Columnas.	Kg	278.32	\$ 7,554.88	\$ 2,102,672.92	
3.2.6	Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Columnas.	Kg	313.6	\$ 6,597.98	\$ 2,069,125.09	
3.2.8	Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Punto de captacion .	Kg	948.56	\$ 7,554.88	\$ 7,166,252.61	
<b>4</b>	<b>OBRA GRIS</b>				\$ 20,928,610.52	
4.1	<b>MAMPOSTERIA</b>				\$ 8,285,644.35	
4.1.1	Mamposteria en bloque No.5 e=15cm, incluye filos y dilataciones.	M2	223.2	\$ 37,122.06	\$ 8,285,644.35	
4.2	<b>MORTERO</b>				\$ 12,642,966.17	
4.2.1	Pañete sobre nivelación de muros, e= 1.5 cm, relación 1:3.	M2	446.4	\$ 21,916.40	\$ 9,783,480.07	
4.2.1	Alistado para nivelación de pisos, e= 2.0 cm, relación 1:3.	M2	121.1	\$ 23,612.60	\$ 2,859,486.10	
<b>5</b>	<b>OBRA COMPLEMENTARIAS</b>				\$ 186,000,000.00	
5.1	Suministro e instalacion de canal prefabricada	ML	400	\$ 465,000.00	\$ 186,000,000.00	
<b>6</b>	<b>CARPINTERIA</b>				\$ 6,017,500.00	
6.1	<b>PUERTAS</b>				\$ 4,600,000.00	
6.1.2	Suministro e instalación de puerta de Principal en acero galvanizado de 2.90x2.25M. lisa Bco.	Und	2	\$ 2,300,000.00	\$ 4,600,000.00	
6.2	<b>VENTANAS</b>				\$ 1,417,500.00	
6.2.3	Suministro e instalación de ventana 2.10x1.50M, Negra 6 mm. Incluye divisiones, pintura, herrajes y accesorios necesarios.	Und	1	\$ 1,417,500.00	\$ 1,417,500.00	
<b>7</b>	<b>ASEO GENERAL</b>				\$ 400,000.00	
7.1	Limpieza general y recolección de materiales	GL	1	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00	
SUB-TOTAL					\$ 736,504,411.19	
				ADMINISTRACION	5%	\$ 36,825,220.56
				IMPREVISTOS	4%	\$ 1,473,008.82
				UTILIDADES	6%	\$ 88,380.53
				<b>TOTAL</b>		<b>\$ 774,891,021.10</b>

## 6.2 DISEÑO FINAL DEL PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN

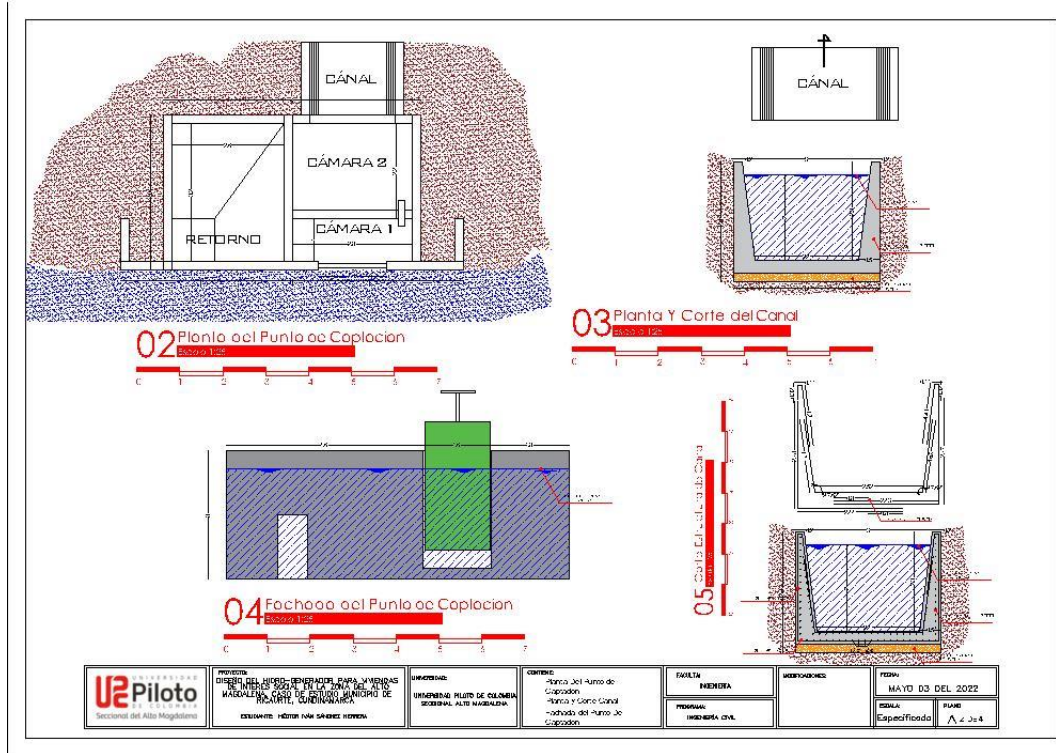
Continuamos con la presentación de los planos que se realizaron bajo los diseños que se mencionaron en el desarrollo metodológico.

**Figura 31. Plano A1-4, Plano General de Captación.**



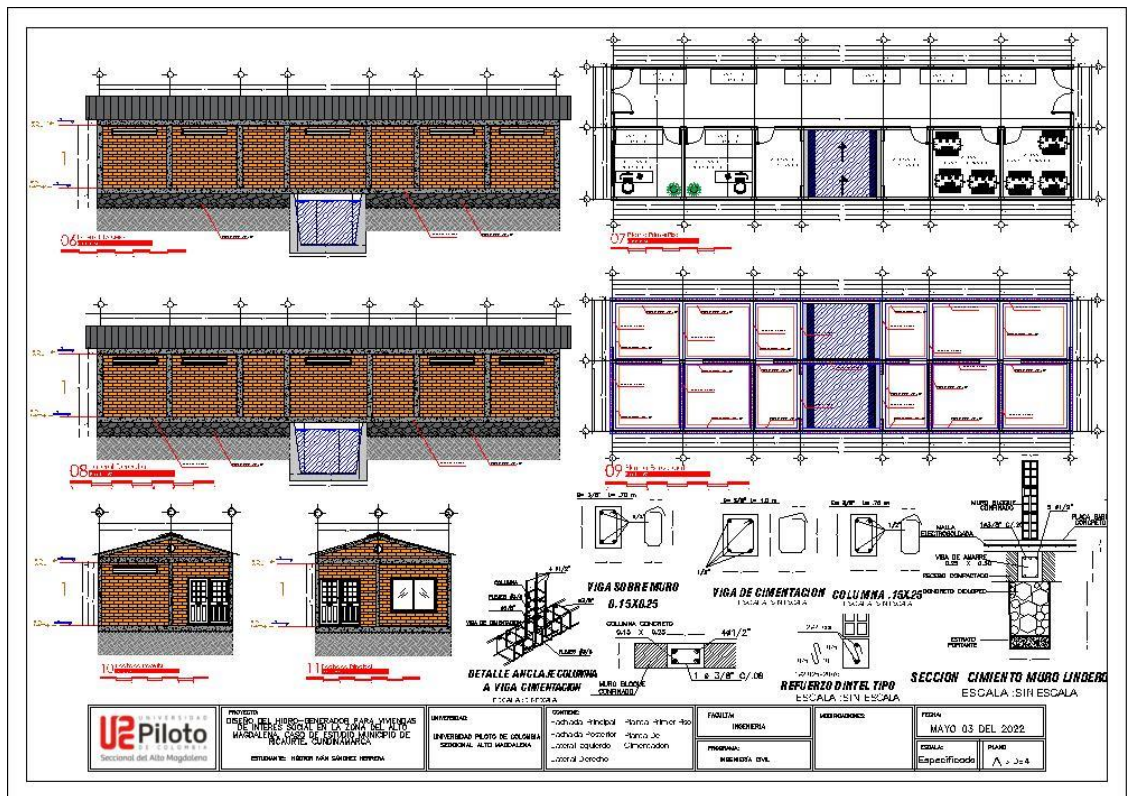
En el plano A1-4 Se plantea la ubicación a una escala de 2500 en el cual se localiza los afluentes como son el Río Sumapaz, Río Magdalena, los diferentes territorios que se encuentran aledaños y la ubicación del sistema de captación, la ubicación de la casa de operación, de igual manera se localiza la comunidad la cual se beneficiara del proyecto.

Figura 32. Plano A2-4, Planta del Punto de Captación y Planta de la Canal.



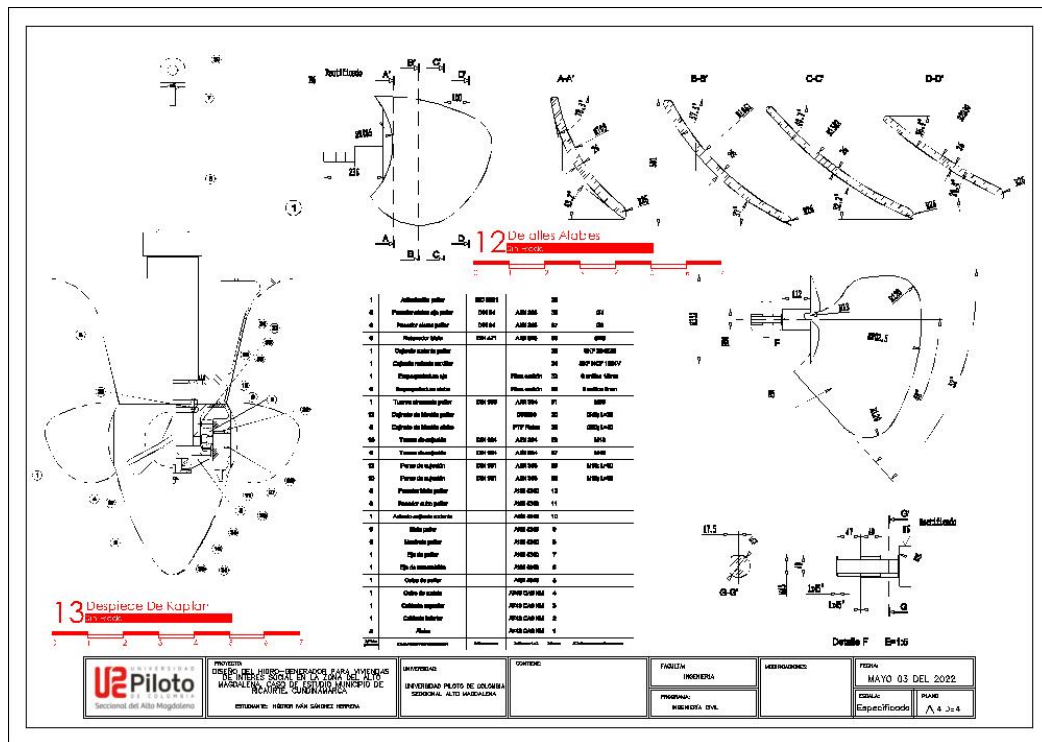
El Plano A2-4 se evidencia la planta del punto de captación se distribuye en dos cámaras las cuales trabajarán limpiando el agua de sólidos para evitar daños en la turbina donde finalmente retorna al afluente y se presenta el plano de la fachada del punto de captación donde evidenciamos como el sistema de la compuerta va dando ingreso gradualmente al flujo y se encuentra el despiece de fierros para el diseño del canal pre fabricado.

Figura 33. Plano A3-4 Plano de la Casa de Operación.



Para el Plano A3-4 se presenta todo el diseño de fachadas, plantas de la casa de operación y la parte de la cimentación con los detalles estructurales que plantea la NSR-10 en el Título E.

Figura 34. Plano A4-4, Plano de Despiece de la Turbina Kaplan.



En la presente Figura evidenciamos el despiece de los alabes y de la turbina el cual es el diseño final para el Hidro-Generador.

Seguido a ello para el desarrollo de este proyecto comenzó con la formulación de una problemática sentida por la comunidad del Barrio Villa Diana Carolina en el Municipio de Ricaurte Cundinamarca, que consideraba que para su presupuesto pagar una factura de la electricidad era un punto muy oneroso para su economía, con base a esos planteamientos y mirando la topografía de la zona, se consideró desarrollar la idea de realizar un sistema de generación de energía utilizando el agua del Rio Sumapaz y el agua del Rio Magdalena, teniendo en cuenta que por altitud el Rio Sumapaz está por encima del Rio Magdalena, en consecuencia a partir de ese momento se manejaron las preguntas de investigación de las cuales se sacaron los objetivos específicos y se diseñó la metodología con la cual se desarrolló el proyecto. Teniendo en cuenta los costos actuales la importancia de desarrollar este diseño; en el desarrollo de este proyecto que se hizo dentro del Semillero Sentram y con las tutorías del Ing. Flaminio Hernandez y Ancizar Barragán durante un tiempo de 2 años, se publicó un artículo en Acofi, con la intencionalidad de esta magna obra, teniendo en cuenta que el no desarrollarlo la comunidad le podría costar a la misma un monto aproximado de \$720.000 por año de acuerdo al consumo promedio por vivienda si continúan con el mismo sistema de energía, pero



que al desarrollarla le beneficiaría la calidad de vida a estas familias y un ahorro económico, que consideramos se está relacionando con la misión institucional y la misión del programa de Ingeniería Civil, como es el caso del estudiante que desarrolló esta idea.

Finalmente, el costo del proyecto de teniendo en cuenta el diseño de la turbina, el canal a cielo abierto, el punto de captación y la casa de operaciones es de \$784'295.589,21

## 7. CONCLUSIONES

- ❖ Se propuso un diseño de un hidro-generador, como solución a la problemática social y económica de los habitantes de Villa Carolina de la ciudad de Ricaurte – Cundinamarca para un total de 365 familias, la posibilidad de conectarse a este sistema generador de electricidad con factores que favorecen a la comunidad y al medio ambiente, por constituir una obra enmarcada dentro de la sostenibilidad.
  
- ❖ El diseño del hidro-generador se obtuvo con base en el análisis de la información obtenida de las encuestas, de los consumos registrados en los recibos de la electrificadora y de las propiedades físico-mecánicas de los materiales calculadas para el canal de captación proveniente del río Sumapaz, con el cumplimiento de la infraestructura exigida por la RETIE y el objetivo 7 del desarrollo sostenible, energía asequible y no contaminante.
  
- ❖ Finalmente se presenta la propuesta teniendo en cuenta materiales de alta calidad y que cumplan con las condiciones de efectos ambientales porque cualquier tipo no cumple para las necesidades en la construcción del diseño, de igual manera los diferentes materiales que se utilizan para la construcción y el diseño del canal deben cumplir con un requisito importante el cual es que no debe generar ningún químico para que el agua que se regresa al afluente no salga contaminada; en este orden de ideas el costo del proyecto teniendo en cuenta los requisitos mencionados genera un bajo costo en las tarifas de los consumidores por mes a lo que hoy en día tienen que pagar.

## **8. RECOMENDACIONES**

El presente proyecto se puede continuar con el insumo de un ingeniero eléctrico para el diseño de la bobina para determinar las salidas de la potencia como guía del transformador donde se cubren las 365 viviendas con un aproximado de 6 transformadores donde se distribuyen conjuntamente por manzanas para tener un amplio monitoreo y control.

Seguido a ello se recomienda a la comunidad tener conciencia de como la energía limpia nos ayuda en el medio ambiente a reducir daños y a reducir costos económicos; cabe resaltar que es importante la replicabilidad del proyecto en cualquier parte del país y/o del mundo para generarle beneficio a las comunidades que habiten en las riberas de los ríos o de un cauce y poder ayudar a mitigar la contaminación ambiental.

Se recomienda solicitar ante la autoridad ambiental que tipo de permiso se requiere para instalar el hidro-generador en la subcuenca del rio bajo Sumapaz.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia de Ricaurte . (s.f.). *ricaurte-cundinamarca*. Obtenido de <https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Presentacion.aspx>

Alcaldia de Ricaurte . (s.f.). *ricaurte-cundinamarca*. Obtenido de <https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Pasado-Presente-y-Futuro.aspx>

Alcaldia de Ricaurte. (s.f.). *ricaurte-cundinamarca*. Obtenido de <https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alvarez, G., & Dorantes, R. (Abril-Junio de 2010). Energia Sustentable en Edificios y Casas. *revistaciencia*, 62-73. Obtenido de [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaCasas.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaCasas.pdf)

Area Tecnologia. (s.f.). *areatecnologia.com*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>

Bermudez Novoa, N. D. (2018). *Biblioteca Unipiloto*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5835/BERMUDEZ%20DAVID%20TRABAJO%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cardona Mancilla, C. C., & Sanchez Rios, C. A. (29 de Mayo de 2015). *Repositorio Institucional ITM*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12622/50>

coco. (2021). flores. *semana*, 23-45.

Colombia, C. d. (20 de Septiembre de 2021). *Secretaria senado*. Obtenido de <http://www.secretariasenado.gov.co/index.php/constitucion-politica>

Consejo Colombiano de Construccion Sostenible. (2011). *Elemento clave para la nueva economia verde responsable*. Obtenido de [www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamboia.pdf](http://www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamboia.pdf)

Corporacion Autonoma Regional. (s.f.). *car.gov.co*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/vercontenido/81#>

Cuadro, S., & Restrepo, F. (2003). *Biblioteca utb*. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0007112.pdf>

DANE. (2018). *Geoportal DANE*. Obtenido de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/analisis-cnpv-2018/>

dirección de monitoreo, modelamiento y laboratorio ambiental de la CAR. (s.f.). *Car.gov*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade4ba476544.pdf>

Forero Parrado, J. A., Moreno Aguilar, J. J., & Cespedes, N. S. (22 de Junio de 2019). *Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia*. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11596/1/2019\\_Elaboraci%  
%b3n\\_de\\_un\\_prototipo\\_de\\_turbina.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11596/1/2019_Elaboraci%c3%b3n_de_un_prototipo_de_turbina.pdf)

Giraldo, C., Bedoya, C., & Alonso, L. (2015). *CORE*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148682761.pdf>

Guarin, J., & Florez, J. (2013). *Universidad Tecnologica de Pereira*. Obtenido de [http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4095/62124G915.pdf?  
sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4095/62124G915.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico D.F: Mc Graw Hill Education.

Lopez, J., Silva, R., & Mendoza, E. (2011). Aprovechamiento de la energía de las corrientes con el Hidrogenerador IMPULSA. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 97-110.

Lopez, A., Somolinos, J., & Nuñez, L. (2014). Modelado Energetico de Convertidores Primarios para el Aprovechamiento de las Energias Renovables Marinas. *Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 224-235.

Lopez, J. &. (2011). Aprovechamiento de la energía de las corrientes con el Hidrogenerador IMPULSA. *Tecnología y ciencias del agua*, 2, 97-110. Obtenido de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/238/217>

Mena, E. M. (26 de Julio de 2011). Habitabilidad de la Vivienda de Interes Social Prioritaria en el Marco de la Cultura. *Cuaderno de Viviendas y Urbanismo*, 296-314.

Obtenido de file:///C:/Users/hecto/Downloads/5477-Texto%20del%20art%C3%ADculo-21499-1-10-20130621.pdf

Ordoñez, V. (2017). Competencias Investigativas Dirigidas a los Profesores de Ingeniería Eléctrica, desde un Modelo de Energía Alternativa. *Revista Cientific*, 283-303.

Palma , D., & Peña, C. (31 de Octubre de 2018). *U.Catolica*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22838/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20DISE%C3%91O%20DE%20TURBINA%20KAPLAN.pdf>

Pastrana Arango , A. (03 de Octubre de 2001). *minciencias*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ley-697-2001.pdf>

Republica, C. d. (22 de Septiembre de 2015). *secretariassenado*. Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

Rus Arias, E. (10 de Diciembre de 2020). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-exploratoria.html>

Secretaria Juridica Distrital. (11 de Julio de 1994). *Bogota Juridica*. Obtenido de <http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Unidad de Planeacion Minero Energetica. (13 de Mayo de 2014). *Upme*. Obtenido de [https://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY\\_1715\\_2014.pdf](https://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf)

Universdad Piloto de Colombia-Seccional Alto Magdalena (2018). Infraestructura Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena. Girardot, Cundinamarca, Colombia.


Universidad Piloto de Colombia Seccional Girardot . (s.f.). *unipiloto*. Obtenido de <https://www.unipiloto.edu.co/la-universidad/vision-mision-institucional-2/>

Universidad Piloto de Colombia. (s.f.). *unipiloto*. Obtenido de <https://www.unipiloto.edu.co/la-universidad/historia/>

Vargas, J., Velasquez, F., & Torres , C. (18 de Abril de 2016). Desarrollo del prototipo de un hidrogenerador eléctrico como alternativa de generación de energía limpia en zonas rurales. *INGENIARE*, 91-101.

Vinueza, L. (2017). *UDLA*. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8083/1/UDLA-EC-TIERI-2017-34.pdf>

## ANEXO A. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS “APU”

	Entidad Contratante: Universidad Piloto de Colombia				
	Ciudad: Girardot				
	Departamento: Cundinamarca				
	Contratista:				
Seccional del Alto Magdalena	Análisis de Precios Unitarios				
	Fecha:	1/07/2020			
<b>CAPITULO:</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
<b>ITEM: 1.3</b>	<b>Localización y Replanteo.</b>				
	Unidad:	M2			
<b>I. EQUIPO</b>					
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>
Estación topografica (Gama media)			\$ 12,000	0.04	\$ 480
Herramienta menor			\$ 121,600	0.001	\$ 122
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 601.600</b>
<b>II. MATERIALES</b>					
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	
Estaca de made	un	\$ 1,800	0.60	\$ 1,080	
Hilo rojo	ml	\$ 8,000	0.07	\$ 560	
Mojon en concreto	ml	\$ 8,086	0.08	\$ 647	
Puntilla con cabeza Ø2"	lb	\$ 3,100	0.02	\$ 62	
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 2,348.88</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>					
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>
					<b>Subtotal:</b>
					<b>\$ -</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>					
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>
Cuadrilla Topografica	\$ 514,710.00	0.00	\$ 514,710.00	0.003	\$ 1,544.13
					<b>Subtotal:</b>
					<b>\$ 1,544.13</b>
				<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 4,495</b>
<b>ITEM: 1.4</b>	<b>Descapote Manual.</b>				
	Unidad:	M2			
<b>I. EQUIPO</b>					
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>
Herramienta menor			\$ 2,250	0.4	\$ 900
Equipo Topografia			\$ 1,435,110	0.01	\$ 14,351
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 15,251.10</b>
<b>II. MATERIALES</b>					
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$ -</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>					
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>
					<b>Subtotal:</b>
					<b>\$ -</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>					
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>
Cuadrilla	\$ 287,412.00		\$ 287,412.00	0.05	\$ 14,370.60
					<b>Subtotal:</b>
					<b>\$ 14,370.60</b>
				<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 29,621.70</b>





ITEM: 1.1		Cerramiento de obra en lona y parales en madera h=2,4.				Unidad:	ML
<b>I. EQUIPO</b>							
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario		
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 112.50
<b>II. MATERIALES</b>							
Descripcion		Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario		
Parales de madera H=2.50 m		ml	\$ 10,500	1	\$ 10,500		
Tela verde 100ml x 2.10 m		ml	\$ 4,195	1	\$ 4,195		
Puntilla con cabeza Ø3" (500gr)		gr	\$ 4,900	0.1	\$ 490		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 15,185
<b>III. TRANSPORTE</b>							
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario		
						<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario		
Oficial	\$ 19,844.00	1.75	\$ 34,727.00	0.25	\$ 8,681.75		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.25	\$ 6,415.52		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 15,097.273
						<b>Total costo directo:</b>	\$ 30,394.77
ITEM: 1.2		Campamento en Teja ondulada No 6-180 mt y bloque No. 4. Incluye baño portatil.				Unidad:	Und
<b>I. EQUIPO</b>							
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario		
Herramienta menor			\$ 2,250	0.18	\$ 12,500		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 12,500.000
<b>II. MATERIALES</b>							
Descripcion		Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario		
Teja ondulada No 6-180 mt		Un.	\$ 27,900	8	\$ 223,200		
Ladrillo de obra (Bloque #4)		Un.	\$ 500	230	\$ 115,000		
Vara común (4m)		Un.	\$ 11,400	3	\$ 34,200		
Puerta campamento		Un.	\$ 102,000	1	\$ 102,000		
Amarre alambre Teja Ac (100 Und.)		Un.	\$ 179	15	\$ 2,685		
Baño portátil		Un.	\$ 250,000	2	\$ 500,000		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 977,085.00
<b>III. TRANSPORTE</b>							
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario		
						<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario		
Oficial	\$ 19,844.00	1.75	\$ 34,727.00	0.2	\$ 6,945.40		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.2	\$ 5,132.42		
						<b>Subtotal:</b>	\$ 12,077.818
						<b>Total costo directo:</b>	\$ 1,001,662.82



Entidad Contratante: Universidad Piloto Colombia		
Ciudad: Girardot		
Departamento: Cundinamarca		
Contratista:		
Análisis de Precios Unitarios		
Fecha:	1/07/2020	

<b>CAPITULO:</b>		<b>EXCAVACION MANUAL</b>				
<b>ITEM: 2.1.1</b>		<b>Excavacion manual de 0 a 1.20 m, Incluye retiro para vigas cimentación.</b>				
					<b>Unidad:</b>	<b>M3</b>
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 3,275	0.8	\$ 2,620.00	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 2,620.000</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ -</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
Material común de excavación		20	x	\$ 1,750	\$ 35,000	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 35,000.000</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 41,059.34</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 78,679.34</b>
<b>ITEM: 2.1.4</b>		<b>Excavacion mecanica de 0 a 3,00 m, Incluye Retiro para Canal</b>				
					<b>Unidad:</b>	<b>M3</b>
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 3,275	0.8	\$ 2,620	
Reto Excavadora			\$ 90,000	0.4	\$ 36,000	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 38,620.00</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ -</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
Material común de excavación		20	x	\$ 1,750	\$ 35,000	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 35,000.000</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67	
			\$ -		\$ -	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 20,529.67</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 94,149.67</b>


	Entidad Contratante: Universidad Piloto Colombia				
	Ciudad: Girardot				
	Departamento: Cundinamarca				
	Contratista:				
Seccional del Alto Magdalena					
Analisis de Precios Unitarios					
Fecha: 1/07/2020					
<b>CAPITULO: RELLENOS</b>					
<b>ITEM: 2.2.1 Relleno en concreto pobre relación 1:3 para vigas de cimentación.</b>					
					Unidad: M3
<b>I. EQUIPO</b>					
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 8,750	0.25	\$ 2,188
					Subtotal: \$ 2,300.0
<b>II. MATERIALES</b>					
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario	
Cemento	Bulto	\$ 25,400	9.00	\$ 228,600	
Arena	m3	\$ 48,334	1.10	\$ 53,167	
Agua	m3	\$ 5,600	0.25	\$ 1,400	
					Subtotal: \$ 283,167.40
<b>III. TRANSPORTE</b>					
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario
					Subtotal:
<b>IV. MANO DE OBRA</b>					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63
					Subtotal: \$ 15,397.25
					Total costo directo: \$ 300,864.65
<b>ITEM: 2.2.2 Relleno en recebo B-200, incluye extendido, nivelación y compactación, para Cimentación.</b>					
					Unidad: M3
<b>I. EQUIPO</b>					
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113
Pisón vibrante, tipo rana			\$ 7,500	0.4	\$ 3,000
					Subtotal: \$ 3,112.500
<b>II. MATERIALES</b>					
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario	
Recebo B-200	m3	\$ 65,000	1.10	\$ 71,500	
					Subtotal: \$ 71,500.00
<b>III. TRANSPORTE</b>					
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario
Material relleno	20		x	\$ 1,450	\$ 29,000
					Subtotal: \$ 29,000.000
<b>IV. MANO DE OBRA</b>					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.12	\$ 3,079.45
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.12	\$ 3,079.45
					Subtotal: \$ 6,158.90
					Total costo directo: \$ 109,771.40
<b>ITEM: 2.2.3 Relleno en recebo B-200, incluye extendido, nivelación y compactación para el canal.</b>					
					Unidad: M3
<b>I. EQUIPO</b>					
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113
Retrocargadora(Pagarita)			\$ 80,000	0.12	\$ 9,600
Motoniveladora			\$ 80,000	0.55	\$ 44,000
vibrador de tamdet			\$ 70,000	0.6	\$ 42,000
					Subtotal: \$ 95,712.500
<b>II. MATERIALES</b>					
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario	
Recebo B-200	m3	\$ 65,000	1.10	\$ 71,500	
					Subtotal: \$ 71,500.00
<b>III. TRANSPORTE</b>					
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario
Material relleno	20		x	\$ 1,450	\$ 29,000
					Subtotal: \$ 29,000.000
<b>IV. MANO DE OBRA</b>					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.12	\$ 3,079.45
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.12	\$ 3,079.45
					Subtotal: \$ 6,158.90
					Total costo directo: \$ 202,371.40

	Entidad Contratante: Universidad Piloto De Colombia					
	Ciudad: Girardot					
	Departamento: Cundinamarca					
	Contratista:					
Seccional del Alto Magdalena						
Analisis de Precios Unitarios						
Fecha: 1/07/2020						
<b>CAPITULO:</b>	<b>CONCRETOS Y ESTRUCTURA</b>					
<b>ITEM: 3.1.1</b>	<b>Concreto Zapatas de 3000PSI.</b>					
						Unidad: M3
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 8,750	0.25	\$ 2,188	
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 6,250	0.5	\$ 3,125	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
						<b>Subtotal:</b> \$ 5,425.000
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800		
Arena	m3	\$ 48,334	0.52	\$ 25,134		
Grava	m3	\$ 65,000	0.90	\$ 58,500		
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008		
						<b>Subtotal:</b> \$ 262,441.68
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
						<b>Subtotal:</b> \$ -
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.6	\$ 15,397.25	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.6	\$ 15,397.25	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.6	\$ 20,838.79	
						<b>Subtotal:</b> \$ 51,633.30
						<b>Total costo directo:</b> \$ 319,499.98
<b>ITEM: 3.1.2</b>	<b>Concreto viga cimentación de 3000PSI.</b>					
						Unidad: M3
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 8,750	0.25	\$ 2,188	
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 6,250	0.5	\$ 3,125	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
						<b>Subtotal:</b> \$ 5,425.000
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800.00		
Arena	m3	\$ 48,334	0.56	\$ 27,067.04		
Grava	m3	\$ 65,000	0.90	\$ 58,500.00		
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008.00		
Formaletas	m2	\$ 26,020	0.40	\$ 10,408.00		
Distanciadores	Und	\$ 300	25	\$ 7,500.00		
						<b>Subtotal:</b> \$ 282,283.04
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
						<b>Subtotal:</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.9	\$ 23,095.88	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.9	\$ 23,095.88	
						<b>Subtotal:</b> \$ 46,191.76
						<b>Total costo directo:</b> \$ 333,899.80

ITEM: 3.1.3		Concreto Viga Aerea 3000PSI.					Unidad:	M3
<b>I. EQUIPO</b>								
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario			
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.15	\$ 1,125			
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.5	\$ 1,806			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,043.750</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario				
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800.00				
Arena	m3	\$ 48,334	0.56	\$ 27,067.04				
Grava	m3	\$ 65,000	0.84	\$ 54,600.00				
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008.00				
Formaletas	m2	\$ 26,020	0.40	\$ 10,408.00				
Distanciadores	Und	\$ 300	25	\$ 7,500.00				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 278,383.04</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.9	\$ 23,095.88			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.9	\$ 23,095.88			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.9	\$ 31,258.19			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 77,449.95</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 358,876.74</b>	
ITEM: 3.1.4		Concreto columnas de 3000PSI.					Unidad:	M3
<b>I. EQUIPO</b>								
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario			
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.15	\$ 1,125			
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.5	\$ 1,806			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,043.750</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario				
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800.00				
Arena	m3	\$ 48,334	0.56	\$ 27,067.04				
Grava	m3	\$ 65,000	0.84	\$ 54,600.00				
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008.00				
Formaletas	m2	\$ 26,020	0.35	\$ 9,107.00				
Distanciadores	Und	\$ 300	27	\$ 8,001.00				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 277,583.04</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.8	\$ 27,785.06			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 68,844.40</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 349,471.19</b>	

ITEM: 3.1.5						Placa de contrapiso e=10cm, incluye malla electrosoldada 6mm.	
						Unidad:	M2
<b>I. EQUIPO</b>							
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario		
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.3	\$ 2,250		
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.3	\$ 1,084		
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>3,446.250</b>
<b>II. MATERIALES</b>							
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario			
Acero corrugado 60000 PSI	kg	\$ 6,152.00	2.35	\$ 14,457.20			
Alambre negro recocido	kg	\$ 2,475	0.50	\$ 1,237.50			
Concreto	m3	\$ 45,000	0.11	\$ 4,950.00			
Deseconfrante emulsionado	un	\$ 8,499.00	0.03	\$ 254.97			
Dist. Cp clip mort 1/4 "	un	\$ 1,340	4.00	\$ 5,360.00			
Malla electrosoldada	un	\$ 4,952	0.08	\$ 396.16			
Membrana curadora blanca	kg	530	0.1	\$ 53.00			
Puntilla con cabeza 2"	lb	\$ 580	0.20	\$ 116.00			
Repisa ordinario	un	\$ 2,292	0.20	\$ 458.40			
Tabla chapa ordinario	un	\$ 9,162	0.4	\$ 3,664.80			
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>30,948.03</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario		
					<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63		
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.3	\$ 10,419.40		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>25,816.65</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$</b>	<b>60,210.93</b>
ITEM: 3.1.7						Placa del Punto de Captacion E=20cm	
						Unidad:	M3
<b>I. EQUIPO</b>							
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario		
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.15	\$ 1,125		
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.5	\$ 1,806		
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>3,043.750</b>
<b>II. MATERIALES</b>							
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario			
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800.00			
Arena	m3	\$ 48,334	0.56	\$ 27,067.04			
Grava	m3	\$ 65,000	0.84	\$ 54,600.00			
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008.00			
Formaletas	m2	\$ 26,020	0.35	\$ 9,107.00			
Distanciadores	Und	\$ 300	27	\$ 8,001.00			
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>277,583.04</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>							
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario		
					<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67		
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67		
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.8	\$ 27,785.06		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$</b>	<b>68,844.40</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$</b>	<b>349,471.19</b>


ITEM: 3.1.7		Muros Plantalla para Punto de Captacion = 20 cm					Unidad:	M3
<b>I. EQUIPO</b>								
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario			
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.15	\$ 1,125			
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.5	\$ 1,806			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,043.750</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario				
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	7.00	\$ 177,800.00				
Arena	m3	\$ 48,334	0.56	\$ 27,067.04				
Grava	m3	\$ 65,000	0.84	\$ 54,600.00				
Agua	m3	\$ 5,600	0.18	\$ 1,008.00				
Formaletas	m2	\$ 26,020	0.75	\$ 19,515.00				
Distanciadores	Und	\$ 300	30	\$ 9,000.00				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 288,990.04</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.8	\$ 27,785.06			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 68,844.40</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 360,878.19</b>	
ITEM: 3.1.7		Concreto Ciclopeo					Unidad:	M3
<b>I. EQUIPO</b>								
Descripcion	Marca	Tipo	Tarifa/hora	Rendimiento	Valor unitario			
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 7,500	0.15	\$ 1,125			
Vibrador a gasolina	Astroequipos		\$ 3,613	0.5	\$ 1,806			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,043.750</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
Descripcion	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Valor unitario				
Cemento Argos gris	Bulto	\$ 25,400	4.50	\$ 114,300.00				
Arena	m3	\$ 48,334	0.37	\$ 18,028.58				
Grava	m3	\$ 65,000	0.56	\$ 36,400.00				
Agua	m3	\$ 5,600	0.13	\$ 728.00				
Piedra Fracturada tamaño maximo 30Cm	m3	\$ 58,000	0.40	\$ 23,200.00				
				\$ 0.00				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 192,656.58</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
Material	Vol o peso	Distancia	M3-KM	Tarifa	Valor unitario			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal total	Rendimiento	Valor unitario			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.8	\$ 20,529.67			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.8	\$ 27,785.06			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 68,844.40</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 264,544.73</b>	

	Entidad Contratante: Universidad Piloto de Colombia					
	Ciudad: Girardot					
	Departamento: Cundinamarca					
	Contratista:					
Seccional del Alto Magdalena						
Analisis de Precios Unitarios						
Fecha: 1/07/2020						
<b>CAPITULO:</b>	<b>ACEROS</b>					
<b>ITEM: 3.2.1</b>	<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Viga Cimentación.</b>					
						Unidad: Kg
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180	
						<b>Subtotal:</b> \$ 180.000
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Acero	kg	\$ 4,100	0.99	\$ 4,075.40		
						<b>Subtotal:</b> \$ 4,075.40
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
						<b>Subtotal:</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.085	\$ 2,952.16	
						<b>Subtotal:</b> \$ 2,952.16
						<b>Total costo directo:</b> \$ 7,207.56
<b>ITEM:3.2.3</b>	<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Para viga cimentación.</b>					
						Unidad: kg
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
						<b>Subtotal:</b> \$ 112.500
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Acero	kg	\$ 3,150	0.99	\$ 3,118.50		
						<b>Subtotal:</b> \$ 3,118.50
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
						<b>Subtotal:</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.09	\$ 3,125.82	
						<b>Subtotal:</b> \$ 3,125.82
						<b>Total costo directo:</b> \$ 6,356.82
<b>ITEM: 3.2.4</b>	<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2"Longitudinal para Viga aerea.</b>					
						Unidad: Kg
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180	
						<b>Subtotal:</b> \$ 180.000
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Acero	kg	\$ 4,100	0.99	\$ 4,075.40		
						<b>Subtotal:</b> \$ 4,075.40
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
						<b>Subtotal:</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.11	\$ 3,820.45	
						<b>Subtotal:</b> \$ 3,820.45
						<b>Total costo directo:</b> \$ 8,075.85



<b>ITEM: 3.2.5</b>		<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Viga aerea.</b>					Unidad:	Kg
<b>I. EQUIPO</b>								
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 180.000</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>				
Acero	kg	\$ 3,150	0.99	\$ 3,118.50				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,118.50</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.12	\$ 4,167.76			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 4,167.76</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 7,466.26</b>	
<b>ITEM: 3.2.6</b>		<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Columnas.</b>					Unidad:	Kg
<b>I. EQUIPO</b>								
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>			
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 180.000</b>	
<b>II. MATERIALES</b>								
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>				
Acero #4	kg	\$ 4,100	0.99	\$ 4,075.40				
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 4,075.40</b>	
<b>III. TRANSPORTE</b>								
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>			
						<b>Subtotal:</b>		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>								
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>			
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.095	\$ 3,299.48			
						<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,299.48</b>	
						<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 7,554.88</b>	

<b>ITEM: 3.2.7</b>		<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 3/8" para flejes Columnas.</b>				
					Unidad:	Kg
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 180.000</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Acero	kg	\$ 3,150	0.99	\$ 3,118.50		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,118.50</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
					<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.095	\$ 3,299.48	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,299.48</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 6,597.98</b>
<b>ITEM: 3.2.9</b>		<b>Acero de refuerzo de 60.000 psi 1/2" Longitudinal para Piscina Muro - Piso .</b>				
					Unidad:	Kg
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.08	\$ 180	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 180.000</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>		
Acero #4	kg	\$ 4,100	0.99	\$ 4,075.40		
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 4,075.40</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
					<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.095	\$ 3,299.48	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 3,299.48</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 7,554.88</b>

		Entidad Contratante: Universidad Piloto de Colombia				
		Ciudad: Girardot				
		Departamento: Cundinamarca				
		Contratista:				
Análisis de Precios Unitarios					Fecha:	1/07/2020
<b>CAPITULO:</b>		<b>MAMPOSTERIA Y PAÑETES</b>				
<b>ITEM: 4.1.1</b>		<b>Mampostería en bloque No.5 e=15cm, incluye filos y dilataciones.</b>				
					Unidad:	M2
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
Andamios			\$ 1,250	0.05	\$ 62.50	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 175.000</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	
Bloque N°5		Unidad	\$ 850	13	\$ 11,050	
Mortero 1:3 (produccion)		M3	\$ 359,957	0.030	\$ 10,799	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 21,848.71</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ -</b>
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Oficial	\$ 19,843.71	1.75	\$ 34,731.32	0.25	\$ 8,682.83	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.25	\$ 6,415.52	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 15,098.35</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 37,122.06</b>
<b>ITEM: 4.2.1</b>		<b>Pañete sobre nivelación de muros, e= 1.5 cm, relación 1:3.</b>				
					Unidad:	M2
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 8,750	0.25	\$ 2,188	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 2,300.0</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	
Cemento		Bulto	\$ 25,400	0.14	\$ 3,429	
Arena		m3	\$ 48,334	0.02	\$ 773	
Agua		m3	\$ 5,600	0.003	\$ 17	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 4,219.14</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
					<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 15,397.25</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 21,916.40</b>
<b>ITEM: 4.2.2</b>		<b>Alistado para nivelación de pisos, e= 2.0 cm, relación 1:3.</b>				
					Unidad:	M2
<b>I. EQUIPO</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarifa/hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Herramienta menor			\$ 2,250	0.05	\$ 113	
Mezcladora de 1 1/2 bulto	ASTROMACK	MCA-480LP	\$ 8,750	0.25	\$ 2,188	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 2,300.0</b>
<b>II. MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	
Cemento		Bulto	\$ 25,400	0.18	\$ 4,572	
Arena		m3	\$ 48,334	0.02	\$ 1,063	
Agua		m3	\$ 5,600	0.050	\$ 280	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 5,915.35</b>
<b>III. TRANSPORTE</b>						
<b>Material</b>	<b>Vol o peso</b>	<b>Distancia</b>	<b>M3-KM</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Valor unitario</b>	
					<b>Subtotal:</b>	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
<b>Trabajador</b>	<b>Jornal</b>	<b>Prestaciones</b>	<b>Jornal total</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Valor unitario</b>	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63	
Ayudante	\$ 14,023.00	1.83	\$ 25,662.09	0.3	\$ 7,698.63	
					<b>Subtotal:</b>	<b>\$ 15,397.25</b>
					<b>Total costo directo:</b>	<b>\$ 23,612.60</b>

Fuente. Propia

## ANEXO B. PREGUNTA 1 DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

The image shows a Google Forms interface for a survey titled "Encuesta Socio-Económica". The subtitle is "Recolección de datos para investigación de Tesis de grado". The survey is currently in the "Preguntas" (Questions) tab, showing 46 responses. The first question is "¿Tipo de Vivienda?" with four radio button options: A. Propia, B. Arrendada, C. Familiar, and D. Posesión. The second question is "¿A cuál de los siguientes estratos socioeconómico pertenece su vivienda?" with one visible radio button option labeled "1". The interface includes a top navigation bar with "Preguntas", "Respuestas 46", and "Configuración". A right-hand sidebar contains icons for adding, deleting, and duplicating questions. The bottom of the screen shows a Windows taskbar with various application icons and system information: 11°C, Muy nublado, and the date 26/11/2021 at 3:01 a.m.

Registro para la obtención de datos

docs.google.com/forms/d/12LImOEPC-XgkIXMoiTH0wcQzKwZXHCcsVAaaX69LFq0/edit

Registro para la obtención de datos en viviendas

Enviar

Preguntas Respuestas 46 Configuración

### Encuesta Socio-Económica

Recolección de datos para investigación de Tesis de grado

1. ¿Tipo de Vivienda?

- A. Propia
- B. Arrendada
- C. Familiar
- D. Posesión

2. ¿A cuál de los siguientes estratos socioeconómico pertenece su vivienda?

- 1

11°C Muy nublado 3:01 a. m. 26/11/2021

## ANEXO C. PREGUNTA 2 Y 3 DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

Registro para la obtención de datos en viviendas

Preguntas Respuestas 46 Configuración

2. ¿A cuál de los siguientes estratos socioeconómico pertenece su vivienda?

1

2

3

4

3. ¿Cuántas personas residen en su vivienda?

A. De 1 a 2

B. De 3 a 5

C. De 6 a 8

D. Mas de 8

11°C Muy nublado 3:02 a. m. 26/11/2021

## ANEXO D. PREGUNTA 4 Y 5 DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

Registro para la obtención de datos en viviendas

Preguntas Respuestas 46 Configuración

4. ¿Cuál es el rango del pago de la factura de energía?

- A. De 0 a 30.000
- B. De 31.000 a 60.000
- C. De 61.000 a 90.000
- D. De 91.000 150.000

5. ¿Usted como usuario verifica el valor de la unidad del voltio en su recibo de energía?

- A. SI
- B. NO

11°C Muy nublado 3:02 a. m. 26/11/2021

## ANEXO E. PREGUNTA 6 DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

Registro para la obtención de datos

docs.google.com/forms/d/12LImOEpC-XgkiXMolTH0wcQzKwZXHCcsVAaaX69LFq0/edit

Registro para la obtención de datos en viviendas

Enviar

Preguntas Respuestas 46 Configuración

6. ¿Cuáles y cuantos de los siguientes electrodomésticos se encuentran en su vivienda?

- Nevera
- Ventilador
- Lavadora
- Licuadora
- Plancha de ropa
- Computador
- Horno microondas
- Plancha de cabello
- Modem de internet
- Televisor

11°C Muy nublado 3:02 a. m. 26/11/2021

## ANEXO F. PREGUNTA 7 DE ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA

Registro para la obtención de datos en viviendas

Preguntas Respuestas 46 Configuración

- Computador
- Horno microondas
- Plancha de cabello
- Modem de internet
- Televisor

7. Si a usted le proponen un sistema de energía alterna o energía renovable, le gustaría instalarlo en su vivienda \*

A. SI

B. NO

11°C Muy nublado 3:02 a. m. 26/11/2021




# ANEXO G. RECIBO DE ENERGÍA 1

## ¿TU ENERGÍA ES CUIDAR TU INFORMACIÓN?

En Enel-Codensa nos importa el manejo de tus datos personales. Por eso te invitamos a que conozcas nuestra Política de Tratamiento de Datos Personales.

Consúltala en [www.enel.com.co/es/politica-de-tratamiento-de-datos](http://www.enel.com.co/es/politica-de-tratamiento-de-datos)  
Cualquiera que sea tu energía, crece en ella.

What's your power?



codensa


Para pagos y consultas tu número de cliente es:

### 5247700-9

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 576528917-7

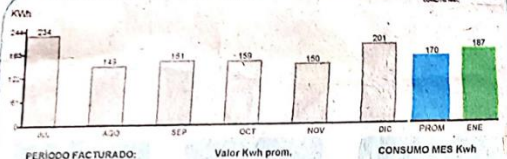
**CLIENTE**

FLOR MARIA OSORIO VANEGAS  
MZ C CS 51 P.1 V. DIANA CAROLINA  
VILLA DIANA CAROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



¿Quieres tu factura virtual? Escanea el código

### COMPORTAMIENTO CONSUMO



PERIODO FACTURADO: 26 NOV 2019 A 26 DIC 2019

Valor Kwh prom. \$528.03

CONSUMO MES Kwh 187

En este periodo tu consumo de Energía se encuentra dentro de lo habitual.

### INFORMACIÓN DE LA CUENTA

CLASE DE SERVICIO: Residencial

ESTRATO: 1

CARGA KW: 2

FACTOR: 1

RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0142

RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0249

MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018

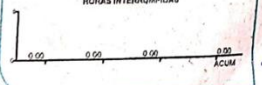
MEDIDOR NO: 214715

### CALIDAD DEL SERVICIO

TRIMESTRE: CRO: \$0

Consumo promedio de trimestre: 0 kWh

HORAS INTERRUMPIDAS



### USO SEGURO DE LA ENERGÍA

Revisa el estado de tus electrodomésticos y todas las instalaciones de tu hogar al menos una vez al año. Si encuentras algo raro, contáctate con un experto, evita hacerlo por cuenta propia.

### ¿Cómo pagar tu factura?

**Medios Electrónicos:** APP Banco Internet, Punto Pago Redehab, Teléfono Banco, Dólar Automático, Cajero Electrónico, Botón de Pago, Móvil, Daviplata, Nequi.

**Corresponsales Bancarios:** Corvajat, Almacenes de Cadena, MOVIBRED, etc.

**Red Distrital / Centros de Servicio:** RED CADE MICROGAS, enel, etc.

**COMPONENTES TARIFARIOS / Componentes del costo:**  
0,02157 T; 30,06 D; 173,16 CV; 47,89 PR; 40,03 R; 8,28 CF; 0,00 / \$528,03 Costo kWh Mes

# ANEXO H. RECIBO DE ENERGÍA 2



CODENSA S.A. ESP.  
NIT: 830.037.288-0  
Cr. 13A No. 83-68

**¡IMPORTANTE!**  
Tienes facturas pendientes por pagar.  
Evita sobrecostos y cobros judiciales  
pagando inmediatamente.

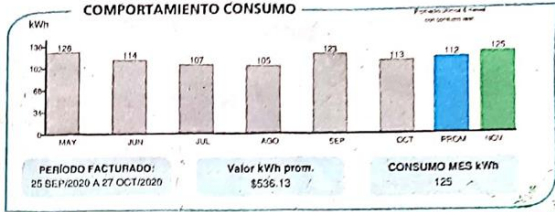


Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

**5247702-3**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 61192970-9

**CLIENTE**  
2436  
**JOSE URIEL LUNA**  
MZ C CASA 53 P.1 V. DIANA CAROLI  
VILLA DIANA CAROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**  
CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0147  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0254  
CARGA kW: 0 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 215455  
MEDIDOR NO:

**¡INFORMACIÓN IMPORTANTE!**  
En tu factura se incluyen cuotas de diferido de consumos de energía sobre los períodos que no fueron pagados, según las condiciones definidas por el Gobierno Nacional.

## HOY PUEDES PROTEGER A LOS QUE QUIERES.

TU SEGURIDAD ES IMPORTANTE PARA NOSOTROS, PERO NECESITAMOS DE TU COOPERACIÓN.

Si tu vivienda no está en una de las zonas de la red eléctrica que estamos mejorando, te invitamos a tomar medidas para proteger a los que quieres.

CONOCE MÁS EN WWW.ENEL.COM.CO SECCIÓN PERSONAS.

What's your power?

**Contáctanos**

ENERGÍA SERVICIO AL CLIENTE  
5 115 115  
7 115 115

ASEO SERVICIO AL CLIENTE  
110

EMERGENCIAS  
115

DENUNCIAS  
5 894 894

DEFENSOR DEL CLIENTE  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-clienta.html>

radicacionescodensa@enel.com @CodensaEnergia  
Chat de servicio en www.enel.com.co @CodensaEnergia  
App Móvil Enel-Codensa @CodensaServicio



**COMPONENTES TARIFARIOS\*** Componentes del costo:  
G 215 04 T 30 42 S 151 24 CV 50 90 P 98 47 E1 R 21 54 CF 0 00 / \$563 43 Costo kWh Mes

\* Precio de venta al público de la energía eléctrica en Colombia. Fuente: Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Resolución No. 3025 de Diciembre de 2017. IVA Regimen General. CONSUMIDOR FINAL. El precio de venta al público de la energía eléctrica en Colombia se compone de los costos de generación, transmisión y distribución, más los costos de comercialización y el impuesto de consumo. El precio de venta al público de la energía eléctrica en Colombia se compone de los costos de generación, transmisión y distribución, más los costos de comercialización y el impuesto de consumo. El precio de venta al público de la energía eléctrica en Colombia se compone de los costos de generación, transmisión y distribución, más los costos de comercialización y el impuesto de consumo.

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Siempre usa tu lavadora con la carga completa para disminuir la frecuencia de uso durante la semana y desconéctala cuando hayas terminado de lavar.

## HOY USAMOS NUESTRA ENERGÍA PARA CUIDAR LA TUYA

Durante esta temporada invernal, volamos por tu servicio de energía. Por eso hemos dispuesto 223 cuadrillas para atender emergencias. Además, te invitamos a:

- Reportar los cortes de energía de manera oportuna.
- Evitar el desperdicio de energía al salir de casa.
- Reportar cualquier peligro de caer o ser golpeado por cables eléctricos.

En caso de emergencia, llama al 115 o escríbele a Elena al 316 283 60 92

**¿Cómo pagar tu factura?**

Medios Virtuales de Pago: APP Banca, Internet, Punto Pago, Teléfono Banco, Débito Automático, Cobro Electrónico, APP Enel Codensa, Botón de Pago Online.

Medios Físicos de Pago: Billetera Virtual, Corresponsales Bancarios, Almacenes de Cadena.

Redes de Pago: RPD CADE RECOLECTORA, enel, MOVIED, CERVAJAL, pagofácil, eklor, MOVIED, RPD, Bolatona, MOVIED, RPD, Bolatona, MOVIED, RPD, Bolatona.

Código QR

El realiza el pago en un corresponsal bancario, exige el desdoblamiento que emite el datáfono como soporte del pago. El sello del corresponsal no es un soporte válido en caso de reclamo.

# ANEXO I. RECIBO DE ENERGÍA 3



CODENSA S.A. ESP.  
NT: 826 037 268-0  
Cr. 13A No. 93-66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



Para pagos y consultas  
tu número de cliente es

**5503826-4**

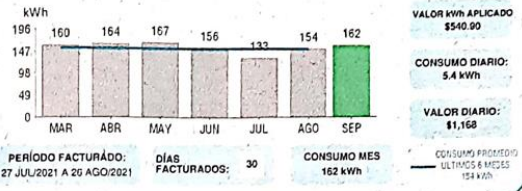
FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 648052513-6

CLIENTE

2774

**YEISON MOLINA LONDOÑO**  
MZ D CS 14 URB. VILLA DIANA CAROLINA  
MZ D CS 14  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA

COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0694  
LECTURA: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0099  
CARGA kW: 3 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10019  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 384291  
MEDIDOR NO:

¡Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** de energía se encuentra dentro de lo habitual!

**HOY TUS HIJOS PUEDEN DISEÑAR Y SER PARTE DE UNA CIUDAD CIRCULAR.**

Comenzó la segunda edición de Play Energy, un concurso para que niños, niñas y jóvenes conozcan la importancia de la economía circular en un divertido recorrido de 7 ratos que estarán disponibles hasta octubre del 2021. Anticipos a participar, podrán concursar por fantásticos premios.

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

**Contáctanos**

radicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Gratuito las 24 horas.

**ASEO SERVICIO AL CLIENTE 110**  
DENUNCIAS 5 894 894  
[denuncias@enel.com](mailto:denuncias@enel.com)

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
[defensor@enel.com](mailto:defensor@enel.com)

COMPONENTES Y AMPERIOS Componentes del costo: Vigencia JUL 2021  
C: 239.52 T: 41.57 D: 159.74 CV: 59.41 PR: 52.65 R: 28.84 CF: 0.00 \$576.80 Costa kWh Mes  
Tarifa aplicada Opción Tarifaria 340.80 Costa kWh Mes



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Procura no guardar comida caliente en la nevera, así evitas que esta deba usar energía extra para enfriar.

**Una Instalación Provisional** es cuando se suministra el servicio de energía a un proyecto en construcción o instalaciones transitorias, tiene un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva.

Para solicitarla, debes contar con la licencia de construcción vigente emitida por el ente encargado.

La condición de provisionalidad se otorga solo para periodos no mayores a seis meses.

CODENSA S.A. ESP. - NIVEL DE TENSIÓN E INDEPENDENCIA: Invenio CODI FACTURACIÓN. En el momento de ser emitida en formato digital, esta factura es una copia electrónica de la factura original emitida en formato físico. El presente documento es una copia electrónica de la factura original emitida en formato físico. El presente documento es una copia electrónica de la factura original emitida en formato físico.

2774

4.981 - Página 1 de 2

# ANEXO J. RECIBO DE ENERGÍA 4



Para pagos y consultas tu número de cliente es:

**5247722-7**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 629851609-0

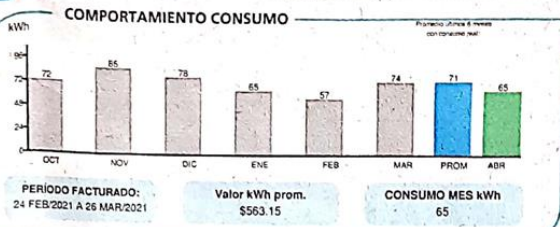
CODENSA S.A. ESP.  
NIT: 830.037.242-0  
Cr. 13A No. 93-60

¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código

**CLIENTE**

**2435**

**EUGENIA TORRES TRUJILLO**  
MZ C CSA 56 P. 1 V. DIANA CAROLINA  
V. ILLA DIANA CAROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0144  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0251  
CARGA kW: 1 MAIZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 216937  
MEDIDOR NO:

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** de energía se encuentra dentro de lo habitual!

**HOY PUEDES ACTUALIZAR TUS DATOS CON NOSOTROS.**

Al hacerlo y completar tu registro rápidamente, te brindaremos información para que optimices y conozcas más tu energía.

**ACTUALIZALOS YA ESCANEANDO EL CÓDIGO CON TU CELULAR**

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE**

COMPONENTES TARIFARIOS Componentes del costo Vigencia FEB 2021

Descripción	Código	Valor	Unidad
Tarifa aplicada Opción Tarifaria	553.15	Cobro	kWh Mes

**Contáctanos**

EMERGENCIAS **115**  
Oreálculo: Las 24 horas.

DENUNCIAS **5 894 894**

DEFENSOR DEL CLIENTE  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
Denuncias@enel.com

radiacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Configura las pantalla de tu televisor y computador en modo ahorro de energía, así puedes disminuir tu consumo cuando los estés usando.

**Actualiza los datos de tu tarjeta Crédito Fácil CODENSA**

**¡HACERLO ES MUY SENCILLO!**

Acércate a nuestros puntos de atención. Solo tienes que presentar tu cédula y recibo Enel-CODENSA.

Sociobank. COLPATRIA

\*Para registrar de The Bank of Nova Scotia US2000 bajo licencia: Scotiabank Colombia Establecimiento bancario. Ver términos y condiciones en [www.creditofacil.codensa.com](http://www.creditofacil.codensa.com)

# ANEXO K. RECIBO DE ENERGÍA 5

## ¿LA DIFERENCIA HACE PARTE DE TU ENERGÍA?

En Enel Codensa sabemos que cada cliente tiene sus diferencias de consumo. Por eso, para ayudarte a entender mejor tu factura, hemos creado una nueva herramienta que te permite comparar tu consumo con el de otros clientes que viven en tu zona.

¿Quieres tu factura virtual? Escanea el código

**enel**  
codensa

Para pagos y consultas tu número de cliente es **5251577-4**


FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 856601488

---

**CLIENTE**

**MARIA ISIDORA PEÑA GOMEZ**  
MZ C CA 40 URB VILLA DIANA CAROLINA

**RICARTE**  
VILLA DIANA CAROLINA



---

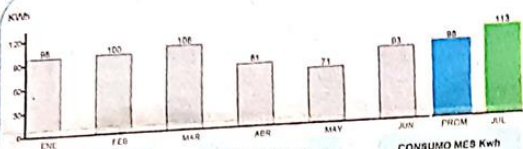
**CONTACTANOS**

EMERGENCIAS: 115

DEFENSA AL CLIENTE: 5 894 894

DEFENSA DEL CLIENTE: defensa@enel.com

**COMPORTAMIENTO CONSUMO**



PERIODO FACTURADO: 24 MAY 2019 A 25 JUN 2019

Valor Kwh prom: \$506.34

CONSUMO MES Kwh: 113

---

**¿Cómo pagar tu factura?**

**Medios Electrónicos:** APP Banco, Internet, Punto Pago Redeban, Teléfono Banco, Débito Automático, Cajero Electrónico, Estación de Pago Online, Móvil.

**Corresponsales Bancarios:** Carvajal, Purocard, etc.

**Red Distrital - Centros de Servicio:** Almacenes de Carabana, etc.

**En este periodo tu consumo de Energía se encuentra dentro de lo habitual.**

**INFORMACIÓN DE LA CUENTA:**  
CLASE DE SERVICIO: Residencial  
ESTRATO: 1  
CARGA KW: 1  
FACTUR: 1  
RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0137  
RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0137  
MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
MEDIDOR NO: 213538

**TRIMESTRE:**  
CRO: \$0  
Consumo promedio de trimestre: 0 Kwh

**HORAS ININTERRUMPIDAS:**

---

**Pagos de pago donde se reciben facturas vendidas**

**RED CADE**

**Almacenes de Carabana**

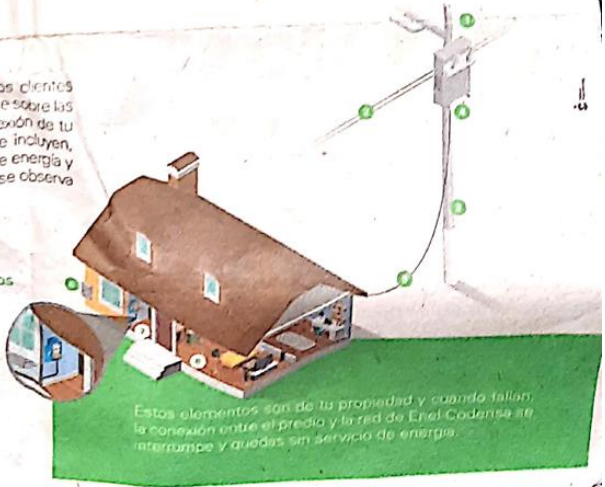
**BURO SEGURO DE LA ENERGÍA**

Si necesitas conectar varios electrodomésticos es mejor instalar más tomacorrientes. Evita el uso de multímetros o adaptadores de este tipo.




**Estimado cliente**

Para nosotros es muy importante mantener informados a nuestros clientes sobre el servicio de energía. En esta oportunidad queremos informarte sobre las responsabilidades y deberes que tienes con los elementos de conexión de tu predio, los cuales permiten conectarte a la red de Enel-Codensa e incluyen, entre otros, los interruptores termomagnéticos (tacos), el medidor de energía y la acometida (cable que va desde el medidor hasta el poste), como se observa en la siguiente imagen:

1. Transformador de energía  
Propiedad de Enel-Codensa
2. Red de baja tensión  
Propiedad de Enel-Codensa
3. Poste
4. Punto de conexión  
A partir de este punto los elementos de conexión son propiedad del cliente
5. Acometida  
Propiedad del cliente
6. Medidor de energía  
Propiedad del cliente
7. Interruptores termomagnéticos  
Propiedad del cliente
8. Instalaciones eléctricas internas  
Propiedad del cliente.



# ANEXO L. RECIBO DE ENERGÍA 6



Para pagos y consultas tu número de cliente es:

**5247708-5**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 615552076-3

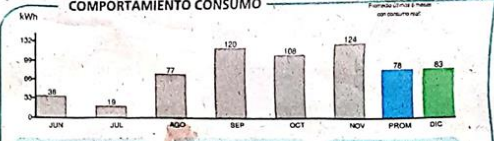
**¿Quieres tu factura virtual? Escanea el código**

**CLIENTE**

2458

**GUILLERMO ESTRELLA DONCEL**  
MZ C CS 49 P.I V. DIANA CAROLINA  
VILLA DIANA CAROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA

**COMPORTAMIENTO CONSUMO**



PERÍODO FACTURADO: 27 OCT/2020 A 26 NOV/2020

Valor kWh prom. \$536.13

CONSUMO MES kWh 83

**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0173

ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0280

CARGA kW: 2 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018

FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 206675

MEDIDOR NO:

**¡INFORMACIÓN IMPORTANTE!**

En tu factura se incluyen cuotas de diferido de consumos de energía sobre los periodos que no fueron pagados, según las condiciones definidas por el Gobierno Nacional.

**HOY LA SEGURIDAD ES TU NUEVA TRADICIÓN NAVIDEÑA.**

El mejor regalo es el buen ejemplo. Hazlo correcto con el alumbrado de tu hogar y de tu comunidad: reporta el robo de energía o la manipulación de medidores para proteger tu vida y la de todos.

**HAZLO ANÓNIMAMENTE AL 442 2849 O EN WWW.ROBOENERGIA.ENE.LCOL.COM.CO**

What's your power?

**Contáctanos**

**ENERGÍA SERVICIO AL CLIENTE**  
5 115 115  
7 115 115

**EMERGENCIAS**  
115

**ASEO SERVICIO AL CLIENTE**  
110

**DENUNCIAS**  
5 894 894

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>

**radicacionescodensa@enel.com**  
**@CodensaEnergia**

**Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)**  
**@CodensaEnergia**

**App Móvil Enel-Codensa**  
**@CodensaServicio**

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

En Navidad, evita poner los enchufes de tus adornos uno encima de otro. En su lugar, ubicalos de a dos por cada toma o usa un multitoma.

**HOY GESTIONA MÁS FÁCIL TUS NUEVAS CONEXIONES.**

Ahora Enel-Codensa te ofrece más opciones para gestionar tus conexiones de energía, solicita una cuenta nueva, una independización, un aumento y disminución de carga o cualquier modificación a tu conexión.

Hazlo en cualquiera de nuestros canales.

Chatea con Elena por WhatsApp +57 316 283 6092

Ingresa [www.enel.com.co/es/canales-de-atencion](http://www.enel.com.co/es/canales-de-atencion)

Llama al 7 115 115 o 5 115 115

Escríbenos [radicacionescodensa@enel.com](mailto:radicacionescodensa@enel.com)

**¿Cómo pagar tu factura?**

**Medios Virtuales de Pago:** APP Banco, Internet, Puntos Pago, Teléfono Banco, Débito Automático, Cargos Electrónico, APP Enel-Codensa, Banca de Pago Online.

**Billetes Virtuales:** Puntos Pago, Movib, Carvajal, Movired, Puntorred, PagoFácil, Carvajal, PagoFácil, Carvajal, PagoFácil, Carvajal, PagoFácil.

**Corresponsales Bancarios:** Banco de Bogotá, Banco de la Guajira, Banco de Occidente, Banco de Santander, Banco de la Nación, Banco de Cundinamarca, Banco de Boyacá, Banco de Cauca, Banco de Tolima, Banco de Valle del Cauca, Banco de Córdoba, Banco de Santander, Banco de la Nación, Banco de Cundinamarca, Banco de Boyacá, Banco de Cauca, Banco de Tolima, Banco de Valle del Cauca, Banco de Córdoba, Banco de Santander.

**Almacenes de Cadena:** enel, enel, enel.

**Código QR**

**COMPONENTES TARIFARIOS CORRESPONDIENTES DEL CONSUMO:**  
C: 14.04 T: 35.71 D: 194.57 CV: 55.41 PPR: 46.57 R: 30.00 CF: 0.00 / \$279.33 Costo kWh Mes

**ATENCIÓN:** El consumo de energía eléctrica en Colombia se mide en kWh. El precio de venta al público (PVP) de la energía eléctrica en Colombia se expresa en \$/kWh. El precio de venta al público (PVP) de la energía eléctrica en Colombia se expresa en \$/kWh. El precio de venta al público (PVP) de la energía eléctrica en Colombia se expresa en \$/kWh.

# ANEXO M. RECIBO DE ENERGÍA 7



CODENSA S.A. ESP.  
NIT: 633.037.249-0  
Cr. 13A No. 93-66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código

### ¡AVISO!

Por temas de orden público que afectó nuestros suministros, en esta ocasión recibirás tu factura en papel blanco con características ecológicas similares al papel nominal de nuestra factura.

Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

**5504070-4**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 637137396-9

**CLIENTE**

3033  
**NOE GERARDO HERRERA LEAL**  
MZ D CA 51 URB VILLA DIANA CAROLINA  
MZ D CA 51  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA

**COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA**

VALOR kWh APLICADO	\$531.26
CONSUMO DIARIO:	2.4 kWh
VALOR DIARIO:	\$528
CONSUMO MES	72 kWh
CONSUMO PROMEDIO ULTIMOS 6 MESES:	25 kWh

PERÍODO FACTURADO: 27 ABR/2021 A 26 MAY/2021  
DÍAS FACTURADOS: 29

**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial  
ESTRATO: 1  
CARGA kWh: 3  
FACTOR: 1

RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0742  
RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0108  
MANZANA DE LECTURA: MSRTU10019  
MEDIDOR NO: 385014

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** presenta una variación. Encuentra las posibles causas y tips de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

**SE VALE PEDIR UNA MANO PARA ESTAR AL DÍA.**

Continuamos a tu lado en momentos difíciles. Te brindamos una solución de pago a tu factura de energía para garantizar la prestación del servicio.

**LLEGA A UN ACUERDO CON NOSOTROS EN:**  
[WWW.ENEL.COM.CO](http://WWW.ENEL.COM.CO)  
APP ENEL-CODENSA  
7 115 115

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

**Contáctanos**

indicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6052

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Operativa las 24 horas.

**ASO SERVICIO AL CLIENTE 110**  
denuncias@enel.com

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com

**COMPONENTES Y PARÁMETROS** Componente del costo: Vigencia: ABR/2021  
G: 24.25 T: 36.06 DI: 16.67 CV: 60.22 PR: 48.78 R: 21.72 CF: 0.00 / \$558.16 Costo kWh Mes  
Tarifa aplicada Opción Territorio 831-29 Costo kWh Mes

**Calidad del Servicio**

Para mayor detalle consultar las resoluciones CREG 015 de 2018 y 214 de 2019.

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Configura la pantalla de tu televisor y computador en modo ahorro de energía, así puedes disminuir tu consumo cuando los estés usando.

**Una Instalación Provisional** es cuando se suministra el servicio de energía a un proyecto en construcción o instalaciones transitorias, tiene un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva.

Para solicitarla, debes contar con la licencia de construcción vigente emitida por el ente encargado.

La condición de provisionalidad se otorga solo para periodos no mayores a seis meses.

**¿Cómo pagar tu factura?**

Medios Virtuales de Pago: APP Banco, Internet, Puntos Pago, Redeban, Teléfono Banco, Débito Automático, Celero Electrónico, APP Enel-Codensa, Boleto de Pago Online.

Dólares Virtual: Dólar Virtual, Dólar Móvil, Dólar Puntos, Dólar Tarjetas.

Corresponsales Bancarios: Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Banco de la Guajira, Banco de Santander, Banco de los Ríos, Banco del Atlántico, Banco del Caribe, Banco del Magdalena, Banco del Meta, Banco del Cesar, Banco del Tolima, Banco del Cauca, Banco del Valle del Cauca, Banco del Quindío, Banco del Risaralda, Banco del Chocó, Banco del Nariño, Banco del Huila, Banco del Boyacá, Banco del Santander, Banco del Cesar, Banco del Tolima, Banco del Cauca, Banco del Valle del Cauca, Banco del Quindío, Banco del Risaralda, Banco del Chocó, Banco del Nariño, Banco del Huila, Banco del Boyacá, Banco del Santander.

Almacenes de Cadena: RED CADE, enel, ALFA, ALFA 2, ALFA 3, ALFA 4, ALFA 5, ALFA 6, ALFA 7, ALFA 8, ALFA 9, ALFA 10, ALFA 11, ALFA 12, ALFA 13, ALFA 14, ALFA 15, ALFA 16, ALFA 17, ALFA 18, ALFA 19, ALFA 20.

Código QR

# ANEXO N. RECIBO DE ENERGÍA 8



CODENSA S.A. E.S.P.  
NIT. 830.037.249-0  
C. 13A No. 92-00

codensa



¿Quieres tu factura virtual? Escanea el código



PAPEL ECOLÓGICO

Para pagos y consultas tu número de cliente es:

**5300054-2**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS NOMBRE: 2098-1

**CLIENTE**  
2098  
**COLSUBSIDIO**  
MP RICAURTE MZ A CA 46 URB VILLA  
URB VILLA DIANA CAROLINA ET 3  
RICAURTE  
RICAURTE



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO:	Residencial	RUTA REPARTO:	4000 3 01 331 0019
ESTRATO:	1	RUTA LECTURA:	4000 3 01 331 0126
CARGA kW:	1	MANZANA DE LECTURA:	MSRTU10018
FACTOR:	1	MEDIDOR NO.:	290177
		MEDIDOR NO.:	

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** presenta una variación. Encuentra las posibles causas y tipo de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)



**HOY PUEDES AYUDARNOS A CUIDAR DE NUESTROS TÉCNICOS.**

Los accidentes por mordeduras de perros son frecuentes en nuestros técnicos. Ayúdanos a evitarlos, teniendo a tu mascota bajo control cuando nuestros técnicos estén trabajando cerca de tu vivienda. Así, ellos pueden realizar su trabajo de forma segura y sin accidentes.

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

**COMPONENTES TARIFARIOS** Componentes del costo: Vigencia: MAY/2021  
G: 0.28 \$/kWh T: 0.31 \$/kWh Q: 195.84 CV: 57.25 PR: 46.67 N: 15.11 CF: 0.00 \$558.66 Costo kWh Mes Tarifa aplicada Opción Tarifaria: 573.35 Costo kWh Mes

**Contáctanos**

- radicacionescodensa@enel.com
- Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)
- App Móvil Enel-Codensa
- 316 283 6032

**EMERGENCIAS 115**  
Código de 24 horas

**ASISTENTE AL CLIENTE 110**

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Configura la pantalla de tu televisor y computador en modo ahorro de energía, así puedes disminuir tu consumo cuando los estés usando.

Este documento es propiedad de Codensa S.A. E.S.P. y no debe ser reproducido, distribuido o publicado en ningún medio sin el consentimiento escrito de Codensa S.A. E.S.P. El uso no autorizado de este documento puede constituir un delito.



# ANEXO N. RECIBO DE ENERGÍA 9



CODENSA S.A. ESP  
NIT: 830.037.248-0  
Cr. 13A No. 93-66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPEL  
ECOLÓGICO

Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

**5247710-6**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 648052697-2

**CLIENTE**

2256

DORA CECILIA SANCHEZ HERRERA  
MZ C CASA 61 P.1 V. DIANA CAROLI  
VILLA DIANA AROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA

**COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA**



VALOR kWh APLICADO \$500.23  
CONSUMO DIARIO: 4.7 kWh  
VALOR DIARIO: \$1,091  
CONSUMO PROMEDIO ULTRASS 6 MSES 169 kWh

PERÍODO FACTURADO: 27 JUL/2021 A 26 AGO/2021  
DÍAS FACTURADOS: 30  
CONSUMO MES: 141 kWh


**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0176  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0283  
CARGA KW: 2 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 211731  
MEDIDOR NO:

Este mes tuvimos acceso a la LECTURA DE TU MEDIDOR y tu CONSUMO de energía se encuentra dentro de lo habitual!

**HOY TUS HIJOS PUEDEN DISEÑAR Y SER PARTE DE UNA CIUDAD CIRCULAR.**

Comenzó la segunda edición de Plan Energy, un concurso para que niños, niñas y jóvenes expresen la importancia de la economía circular en un recorrido de 7 retos que estarán disponibles hasta octubre del 2021. Animados a participar, podrán concluir por fanáticos premios!



**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

**Contactanos**

radicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Gratuito las 24 horas.

**ASEO DENUNCIAS 5 894 894**  
denuncias@enel.com

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com


**COMPONENTES TARIFARIOS** Componentes del costo: Vigencia JUL/2021

U: 0.259.52 T: 41.57 B: 183.26 CV: 59.41 PR: 52.65 R: 28.89 CP: 0.00 \$515.32 Costo kWh Mes Tarifa aplicada Opción Familiar \$500.23 Costo kWh Mes

**CALIDAD DEL SERVICIO**

DURACIÓN INTERUPCIONES (min)

FRECUENCIA INTERUPCIONES (eventos)



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Procura no guardar comida caliente en la nevera, así evitas que esta deba usar energía extra para enfriar.

**Una Instalación Provisional** es cuando se suministra el servicio de energía a un proyecto en construcción o instalaciones transitorias, tiene un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva.




Para solicitarla, debes contar con la licencia de construcción vigente emitida por el ente encargado.




La condición de provisionalidad se otorga solo para periodos no mayores a seis meses.

**¿Cómo pagar tu factura?**




Medios Virtuales de Pago

**Redes de Pago**



Corresponsales Bancarios

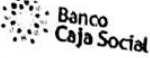
**Red Distrital Centros de Servicio Código QR**




Almacenes de Cadena

Si realizas el pago en un corresponsal bancario, exige el desprendible que emite el datáfono como soporte de pago. El sello del corresponsal no es un soporte válido.


# ANEXO O. RECIBO DE ENERGÍA 10



**Banco Caja Social**



**Curvajal**



**PAPEL ECOLÓGICO**

Para pagos y consultas tu número de cliente es:

**5137431-7**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 644371688-5

**TRANSACCION EXITOSA**

17/08/2021 / 08:28:16 a.u.

CUC: US25005650

Nombre comercio: TELECOMUNICACIONES R

Direccion: CARRERA 15 6 A

Numero Transaccion: 004034

Detalle: Recaudo Banco Caja Social

Numero de autorizacion: 981050

Nombre del convenio: ENEL CUBA W3

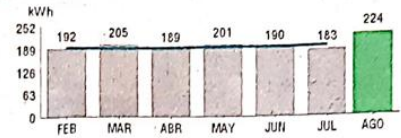
Codigo del convenio: 15762201

Referencia 1: 0151374317644371688

Valor: \$ 66.720

Comision: \$ 0

**COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA**



VALOR kWh APLICADO: \$57.88

CONSUMO DIARIO: 7.0 kWh

VALOR DIARIO: \$2.020

CONSUMO PROMEDIO ULTIMOS 6 MESES: 184 kWh

PERIODO FACTURADO: 25 JUN 2021 A 27 JUL 2021

DÍAS FACTURADOS: 32 /

CONSUMO MES: 224 kWh

Este mes tuvimos acceso a la LECTURA DE TU MEDIDOR y tu CONSUMO de energía se encuentra dentro de lo habitual!

**AYUDAS**

Por favor valide por los datos impresos en este comprobante sean correctos. Para resolver cualquier inquietud comuníquese con la línea Bogotá: 3077060 o Nacional 01 8000 910038

**Contáctanos**

radicacionescodensa@enel.com

Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

App Móvil Enel-Codensa

316 283 6092

**EMERGENCIAS 115**  
Consultas las 24 horas.

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Ubica espejos frente a ventanales o fuentes de luz, esto te ayudará a iluminar naturalmente los espacios en tu hogar, ahorrando energía.

**HOY GESTIONA MÁS FÁCIL TUS NUEVAS CONEXIONES.**

Ahora Enel-Codensa te ofrece más opciones para gestionar tus conexiones de energía, solicita una cuenta nueva, una independencia, un aumento y disminución de carga o cualquier modificación a tu conexión.

Hazlo en cualquiera de nuestros canales.

Chatea con Elena por WhatsApp

Ingresar [www.enel.com.co/](http://www.enel.com.co/)

Llama al 7 115 115 o 6 115 115

Escríbenos [radicacionescodensa@enel.com](mailto:radicacionescodensa@enel.com)

# ANEXO P. RECIBO DE ENERGÍA 11



CODENSA S.A. ESP.  
NIT: 800.037.248-0  
Cr. 13A No. 93-66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPÉL ECOLÓGICO

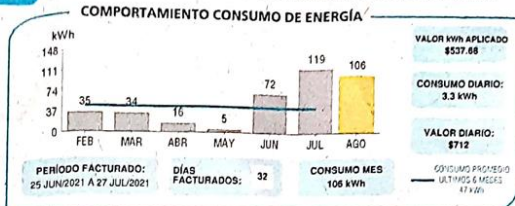
Para pagos y consultas  
tu número de cliente es

**5504070-4**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 644371603-9

**CLIENTE**

2822  
**NOE GERARDO HERRERA LEAL**  
MZ D CA 51 URB VILLA DIANA CAROLINA  
MZ D CA 51  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0742  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0108  
CARGA kW: 3 MANZANA DE LECTURA: MRSUT10019  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 395014  
MEDIDOR NO:

Esta mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** presenta una **variación**. Encuentra las posibles causas y tipos de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

**HOY PASÁNDOTE A LA FACTURA VIRTUAL ENEL-CODENSA AYUDAS AL PLANETA.**

Además, puedes participar por dos patinetas eléctricas.  
Ingresa a [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co) o escanea el código.

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

**Contáctanos**

radicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Código los 24 horas

ASEO SERVICIO AL CLIENTE 110  
denuncias@enel.com

DEFENSOR DEL CLIENTE  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com

**COMPONENTES TÁNDAMOS** Componentes del código: Vigencia: JUN 2021  
Estrato: 1 T: 47.50 B: 169.12 Cr: 55.72 Pr: 52.72 R: 12.63 CFI: 0.00 / 5572.21 Costo kWh Mes 537.68 Costo kWh Mes  
CÓDIGO DE SERVICIO: 5504070-4



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Ubica espejos frente a ventanales o fuentes de luz, esto te ayudará a iluminar naturalmente los espacios en tu hogar, ahorrando energía.

**HOY GESTIONA MÁS FÁCIL TUS NUEVAS CONEXIONES.**

Ahora Enel-Codensa te ofrece más opciones para gestionar tus conexiones de energía, solicita una cuenta nueva, una independización, un aumento y disminución de carga o cualquier modificación a tu conexión.

Hazlo en cualquiera de nuestros canales.

Chatea con Enel por WhatsApp: 316 283 6092  
Ingresa: [www.enel.com.co/es/canales-de-atencion](http://www.enel.com.co/es/canales-de-atencion)  
Llama al: 7 115 115 / 6 115 115  
Escríbenos: [radicacionescodensa@enel.com](mailto:radicacionescodensa@enel.com)

**¿Cómo pagar tu factura?**

Red Distrital Centros de Servicio Código QR

APP Banco Internet Punto Pago Balcón Banco

Débito Automático Cajero Electrónico APP Enel Codensa Boleto de Pago Online

Redes de Pago: PAGO MÓVIL, MOVIE\* (Banco de Bogotá), PAGO MÓVIL (Banco de Occidente), PAGO MÓVIL (Banco de la Guajira), PAGO MÓVIL (Banco de Santander), PAGO MÓVIL (Banco de los Ríos), PAGO MÓVIL (Banco de Nariño), PAGO MÓVIL (Banco de Pasto), PAGO MÓVIL (Banco de Popayán), PAGO MÓVIL (Banco de Risaralda), PAGO MÓVIL (Banco de Tolima), PAGO MÓVIL (Banco de Cauca), PAGO MÓVIL (Banco de Chocó), PAGO MÓVIL (Banco de Córdoba), PAGO MÓVIL (Banco de Magdalena), PAGO MÓVIL (Banco de Meta), PAGO MÓVIL (Banco de Norte de Santander), PAGO MÓVIL (Banco de Sucre), PAGO MÓVIL (Banco de Tolima), PAGO MÓVIL (Banco de Cauca), PAGO MÓVIL (Banco de Chocó), PAGO MÓVIL (Banco de Córdoba), PAGO MÓVIL (Banco de Magdalena), PAGO MÓVIL (Banco de Meta), PAGO MÓVIL (Banco de Norte de Santander), PAGO MÓVIL (Banco de Sucre).

Medios Virtuales: Billetera Virtual (Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Banco de la Guajira, Banco de Santander, Banco de los Ríos, Banco de Nariño, Banco de Pasto, Banco de Risaralda, Banco de Tolima, Banco de Cauca, Banco de Chocó, Banco de Córdoba, Banco de Magdalena, Banco de Meta, Banco de Norte de Santander, Banco de Sucre).

Corresponsales Bancarios: SUPERCAJE Bona, SUPERCAJE Bona y CADE Tolberin.

Almacenes de Cadena: SUPERCAJE Bona y CADE Tolberin.

\* Puntos de pago donde se reciben facturas vencidas. \*\* No se acepta el pago de la factura de energía en el SUPERCAJE Bona, SUPERCAJE Bona y CADE Tolberin. Si realizas el pago en un corresponsal bancario, exige el documento que emite el datáfono como soporte de pago. El sello del corresponsal no es un soporte válido en caso de reclamo.

# ANEXO Q. RECIBO DE ENERGÍA 12



codensa



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPEL  
ECOLÓGICO

Para pagos y consumos  
tu número de cliente es:

**5040475-9**

FACTURA DE SERVICIOS PUBLICOS No. 644371638-9

**CLIENTE**

2316  
**LUGA TAFUR MARIN**  
MNZ E CASA 13 VILLA CAROLINA

**RICAUARTE**  
CENTRO

**COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA**



VALOR kWh APLICADO: \$537.68  
CONSUMO DIARIO: 3.4 kWh  
VALOR DIARIO: \$733  
CONSUMO PROMEDIO ULTIMOS 6 MESES: 74 kWh

PERIODO FACTURADO: 25 JUN 2021 A 27 JUL 2021  
DÍAS FACTURADOS: 32  
CONSUMO MES: 109 kWh

**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0236  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0344  
CARGA kWh: 2 MANZANA DE LECTURA: MSRTU01318  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 36736501  
MEDIDOR NO:

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** presenta una **variación**. Encuentra las posibles causas y tips de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

## HOY PASÁNDOTE A LA FACTURA VIRTUAL ENEL-CODENSA AYUDAS AL PLANETA.

Además, puedes participar por dos patinetas eléctricas.

Ingresar a [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co) o escanea el código.




OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.

\*Aplicar condiciones y restricciones.

COMPONENTES TARIFARIOS Componentes del costo Vigencia JUN 2021  
GUSA \$7 T: 47.02 D: 166.12 CV: 55.70 PR: 52.72 R: 12.83 CP: 0.00 / \$872.21 Costo kWh Mes Tarifa aplicada Opción Tarifaria \$37.65 Costo kWh Mes

**Contáctanos**

radicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Gratuito las 24 horas.

**ASEO SERVICIO AL CLIENTE 110**

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com

**CALIDAD DEL SERVICIO**



PERIODO: Junio 2021

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Ubica espejos frente a ventanales o fuentes de luz, esto te ayudará a iluminar naturalmente los espacios en tu hogar, ahorrando energía.

## HOY GESTIONA MÁS FÁCIL TUS NUEVAS CONEXIONES.

Ahora Enel-Codensa te ofrece más opciones para gestionar tus conexiones de energía, solicita una cuenta nueva, una independización, un aumento y disminución de carga o cualquier modificación a tu conexión.

Hazlo en cualquiera de nuestros canales.

Chat  
con Enel por WhatsApp  
+57 316 283 6092

Ingresar  
[www.enel.com.co/  
es/canales-de-atencion](http://www.enel.com.co/es/canales-de-atencion)

Llámanos al  
7 115 115  
5 115 115

Escribenos  
radicacionescodensa@enel.com

# ANEXO R. RECIBO DE ENERGÍA 13



CODENSA S.A. ESP.  
NIT: 830.037.248-0  
Cr. 13A No. 93-66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPÉL  
ECOLÓGICO

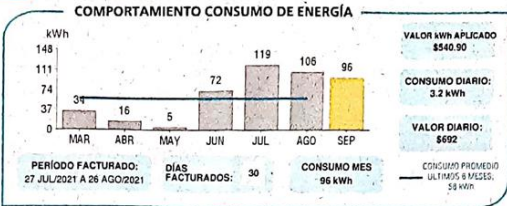
Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

**5504070-4**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 648052522-4

**CLIENTE**

2822  
**NOE GERARDO HERRERA LEAL**  
MZ D CA 51 URB VILLA DIANA CAROLINA  
MZ D CA 51  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0742  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0108  
CARGA kW: 3 MANZANA DE LECTURA: MSRTU100119  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO.: 385014  
MEDIDOR NO.:

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** presenta una **variación**. Encuentra las posibles causas o tips de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

**HOY TUS HIJOS PUEDEN DISEÑAR Y SER PARTE DE UNA CIUDAD CIRCULAR.**

Comenzó la segunda edición de Play Energy, un concurso para que niños, niñas y jóvenes conciben la importancia de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Te retribuye de 7 millones que estarán disponibles hasta octubre del 2021. ¡Anímate a participar y podrás concursar por fantásticos premios!

**OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.**

COMPONENTES TARIFARIOS: Componentes del costo: Vigencia: JUL/2021  
C: 235.52 T: 41.57 D: 156.74 CV: 59.41 PR: 52.65 R: 26.89 CP: 0.00 \$376.80 Costo kWh Mes Tarifa aplicadas Digital Tarifas \$40.90 Costo kWh Mes

**Contáctanos**

radicacionescodensa@enel.com  
Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
App Móvil Enel-Codensa  
316 283 6092

@CodensaEnergia  
@CodensaEnergia  
@CodensaServicio

**EMERGENCIAS 115**  
Gratuito las 24 horas.

**ASEO SERVICIO AL CLIENTE 110**  
DENUNCIAS 5 894 894  
denuncias@enel.com

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com



**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Procura no guardar comida caliente en la nevera, así evitas que esta deba usar energía extra para enfriar.

**Una Instalación Provisional** es cuando se suministra el servicio de energía a un proyecto en construcción o instalaciones transitorias, tiene un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva.

Para solicitarla, debes contar con la licencia de construcción vigente emitida por el ente encargado.

La condición de provisionalidad se otorga solo para periodos no mayores a seis meses.

**¿Cómo pagar tu factura?**

Medios Virtuales de Pago: APP Banco, Internet, Puntos Pago, Teléfono Banco, Débito Automático, Cobro Electrónico, APP Enel-Codensa, Botón de Pago Online.

Billetes Virtuales: Shop PAY, MOVIL, Langa.

Corresponsales Bancarios: Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Banco de la Guajira, Banco de Santander, Banco de los Ríos, Banco de Oro, Banco de Providencia, Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Banco de la Guajira, Banco de Santander, Banco de los Ríos, Banco de Oro, Banco de Providencia.

Almacenes de Codena: RED CADE, enel.

Código QR

Si realizas el pago en un corresponsal bancario, exige el comprobante que emite el datáfono como soporte de pago. El estilo del corresponsal no es un soporte válido en caso de reclamo.



# ANEXO T. RECIBO DE ENERGÍA 15



COENSA S.A. ESP.  
NIT: 900 037 248-0  
Cr. 13A No. 93 66



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPEL  
ECOLÓGICO

Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

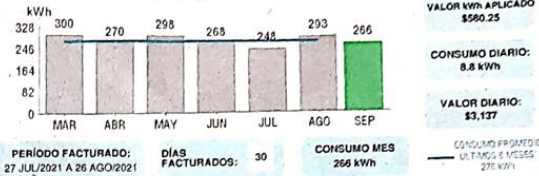
**5247712-0**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 648052695-8

### CLIENTE

2254  
**SILVIA HELENA VILLA GARCIA**  
MZ C CAS 54 P.1 V. DIANA CAROLIN  
VILLA DIANA CAROLINA  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA

### COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA



### INFORMACIÓN DE LA CUENTA

CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0174  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0281  
CARGA kW: 3 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO.: 18335127  
MEDIDOR NO.: 18335127



Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** de energía se encuentra dentro de lo habitual!



### HOY TUS HIJOS PUEDEN DISEÑAR Y SER PARTE DE UNA CIUDAD CIRCULAR.

Comienza la segunda edición de 'Play Energy', un concurso para que niños, niñas y jóvenes conciben la importancia de la economía circular en un divertido recorrido de 7 retos que estarán disponibles hasta octubre del 2021. ¡Animarse a participar, podrán concursar por fantásticos premios!



OPEN POWER  
FOR A BRIGHTER FUTURE.

**COMPONENTES TARIFARIOS** Componentes del costo: Vigencia: JUL/2021  
D: 29.52 T: 41.57 D: 195.26 CV: 59.41 PR: 52.65 R: 26.89 CF: 0.00 / \$615.32 Costo kWh Mes Tarifa aplicada Opción Tarifaria \$80.25 Costo kWh Mes

### Contáctanos

- radiacionescodensa@enel.com
- Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)
- App Móvil Enel-Codensa
- 316 283 6092
- @CodensaEnergia
- @CodensaEnergia
- @CodensaServicio

ENERGÍA SERVICIO AL CLIENTE  
Bogotá y Sabana 7 115 115  
Cundinamarca 5 115 115

EMERGENCIAS  
115  
Consultas las 24 horas.

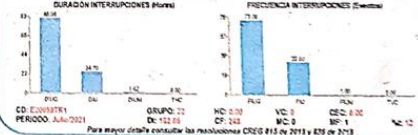
ASEO  
SERVICIO AL CLIENTE  
110

DENUNCIAS  
5 894 894  
denuncias@enel.com

DEFENSOR DEL CLIENTE  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-cliente.html>  
defensor@enel.com



### CALIDAD DEL SERVICIO



### USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Procura no guardar comida caliente en la nevera, así evitas que esta deba usar energía extra para enfriar.

Una **Instalación Provisional** es cuando se suministra el servicio de energía a un proyecto en construcción o instalaciones transitorias, tiene un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva.



Para solicitarla, debes contar con la licencia de construcción vigente emitida por el ente encargado.



La condición de provisionalidad se otorga solo para periodos no mayores a seis meses.

AVISO DE CONFIDENCIALIDAD: Este documento es propiedad de Enel. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de Enel puede dar lugar a acciones legales. El hecho del consentimiento no es garantía de validez en caso de reclamo.

# ANEXO U. RECIBO DE ENERGÍA 16



CORPORACIÓN BANCARIA DEL CAJAMARCA  
REVAL ENEL GIPIAPODI  
CR 8 20 A 21 BARRIO CR  
LIMÓN, PERÚ

RECAUDO  
CÓDIGO: 4423  
IMPORTE: 1115.115  
RUC: 05540704

**VALOR: 1115.115**

Este mes tuvimos acceso a la LECTURA DE TU MEDIDOR y tu CONSUMO presenta una variación. Encuentra las posibles causas y tips de consumo en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)

AL OLINA

CUENTA  
PARTO: 4000 3 01 331 0742  
LECTURA: 4000 3 01 331 0108  
DE LECTURA: MSRTU10019  
NO: 385014



¿Quieres tu factura virtual?  
Escanea el código



PAPEL ECOLOGICO

Para pagos y consultas  
tu número de cliente es:

**5504070-4**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 640733922-5

COMPORTAMIENTO CONSUMO DE ENERGÍA



VALOR kWh APLICADO: \$534.47  
CONSUMO DIARIO: 3.9 kWh  
VALOR DIARIO: \$688

PERÍODO FACTURADO: 26 MAY/2021 A 25 JUN/2021  
DÍAS FACTURADOS: 30  
CONSUMO MES: 119 kWh

## HOY PUEDES AYUDARNOS A CUIDAR DE NUESTROS TÉCNICOS.

Los accidentes por mordeduras de perros son frecuentes en nuestros técnicos. Ayúdanos a evitarlos, teniendo a tu mascota bajo control cuando nuestros técnicos estén trabajando cerca de tu vivienda.

Así, ellos pueden realizar su trabajo de forma segura y sin accidentes.



OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.

**COMPONENTES TARIFARIOS** Componentes del costo Vigencia: MAY/2021  
G: 228.84 T: 56.31 D: 162.77 CV: 57.29 PR: 49.82 M: 18.15 CP: 0.00 \$534.47 Costo kWh Mes Tarifa aplicable: Opción Tarifaria \$54.41 Costo kWh Mes

### Contáctanos

 [indicacionescodensa@enel.com](mailto:indicacionescodensa@enel.com)  
 Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)  
 App Móvil Enel-Codensa  
 310 283 6092

 @CodensaEnergia  
 @CodensaEnergia  
 @CodensaServicio

**EMERGENCIAS**  
 115  
 Operativo las 24 horas.

**ASO SERVICIO AL CLIENTE**  
 110  
[denuncias@enel.com](mailto:denuncias@enel.com)

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
[https://www.enel.com.co/ver/personas/defensor\\_cliente.html](https://www.enel.com.co/ver/personas/defensor_cliente.html)  
[defensor@enel.com](mailto:defensor@enel.com)

### Calidad del Servicio

DURACIÓN ENTRE INTERRUPTOS (min)

PERÍODO	VALOR
CD 11/2019	10.0
CD 11/2020	11.0
PERÍODO 11/2021	11.0

FRECUENCIA DE INTERRUPTOS (número)

PERÍODO	VALOR
CD 11/2019	1.0
CD 11/2020	1.0
PERÍODO 11/2021	1.0

Para mayor detalle consultar los estadísticos ENEL 811.06.010 y 811.06.010

### USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Configura la pantalla de tu televisor y computador en modo ahorro de energía, así puedes disminuir tu consumo cuando los estés usando.

### RESUELVE TUS TRÁMITES DE FORMA SEGURA.

El agendamiento, duplicados y otros trámites NO tienen ningún costo, no te dejes engañar. Realiza tus trámites desde la comodidad de tu hogar, en nuestro Centro de Servicio Virtual ingresando a [www.enel.com.co/personas](http://www.enel.com.co/personas)

### ¿Cómo pagar tu factura?

**Medios Virtuales de Pago**

- APP Banco
- Internet
- Punto Pago Redeban
- Telefono Banco
- Debito Automático
- Canal Electrónico
- APP Enel-Codensa
- Botón de Pago Online

**Clientes Virtual**

- Supercade
- movi
- payfect
- CONRED
- pagomov
- MOVIBRED
- comercio

**Corresponsales Bancarios**

- RED CADE
- enel
- Almacenes de Cadena

\* Puntos de pago donde se reciben factura vendida. Excepción Centro de Servicio Chapimayo y Calle 60. Ya no se aceptará el pago de la factura de energía en el SUPERCADE Guba, SUPERCADE Itoca y CADE Tulumayo. Si realizas el pago en un corresponsal bancario, exige el desprendible que emite el datáfono como soporte de pago. El sello del corresponsal no es un soporte válido en caso de reclamo.



# ANEXO V. RECIBO DE ENERGÍA 17



CODENSA S.A. ESP  
NIT: 500 037 249 0  
Cr. 13A No. 93-66

**¡IMPORTANTE!**  
Tienes facturas pendientes por pagar.  
Evita sobrecostos y cobros jurídicos pagando inmediatamente.

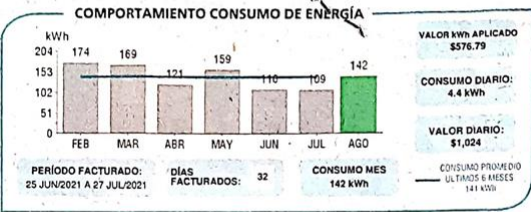


Para pagos y consultas tu número de cliente es:

**5251576-2**

FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS No. 644371751-5

**CLIENTE**  
2229  
**MARIA LUCELY GOMEZ PORTILLO**  
MZ C CA 41 PI 1 URB VILLA DIANA CAROLINA,  
RICAURTE  
VILLA DIANA CAROLINA



**INFORMACIÓN DE LA CUENTA**  
CLASE DE SERVICIO: Residencial RUTA REPARTO: 4000 3 01 331 0149  
ESTRATO: 1 RUTA LECTURA: 4000 3 01 331 0256  
CARGA kW: 1 MANZANA DE LECTURA: MSRTU10018  
FACTOR: 1 MEDIDOR NO: 213537  
MEDIDOR NO:

Este mes tuvimos acceso a la **LECTURA DE TU MEDIDOR** y tu **CONSUMO** de energía se encuentra dentro de la habitual!

**HOY PASÁNDOTE A LA FACTURA VIRTUAL ENEL-CODENSA AYUDAS AL PLANETA.**

Además, puedes participar por dos patinetas eléctricas.  
Ingresa a [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co) o escanea el código.

OPEN POWER FOR A BRIGHTER FUTURE.

\*Aplican condiciones y restricciones.

**Contáctanos**

- radicacionescodensa@enel.com
- Chat de servicio en [www.enel.com.co](http://www.enel.com.co)
- App Móvil Enel-Codensa
- 316 283 6092

**EMERGENCIAS 115**  
Círculo las 24 horas.

**ASEO SERVICIO AL CLIENTE 110**

**DEFENSOR DEL CLIENTE**  
<https://www.enel.com.co/es/personas/defensor-clienta.html>  
defensor@enel.com



**COMPONENTES TARIFARIOS** Componentes del costo: Vigencia: JUN 2021  
Código: 4000 3 01 331 0149 - Cív. 55 70 - Pw: 52 72 - R: 12 53 - CR: 0 00 - \$625.37 Costo kWh Mes  
Tarifa aplicada Opción Tarifaria: \$76.79 Costo kWh Mes

**USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

Ubica espejos frente a ventanales o fuentes de luz, esto te ayudará a iluminar naturalmente los espacios en tu hogar, ahorrando energía.

**HOY GESTIONA MÁS FÁCIL TUS NUEVAS CONEXIONES.**

Ahora Enel-Codensa te ofrece más opciones para gestionar tus conexiones de energía, solicita una cuenta nueva, una interdependencia, un aumento y disminución de carga o cualquier modificación a tu conexión.

Hazlo en cualquiera de nuestros canales:

- Chatea con Elena por WhatsApp: +57 316 283 6092
- Ingresa: [www.enel.com.co/es/canales-de-atencion](http://www.enel.com.co/es/canales-de-atencion)
- Llama al: 7 115 115 / 5 115 115
- Escríbenos: [radicacionescodensa@enel.com](mailto:radicacionescodensa@enel.com)

**¿Cómo pagar tu factura?**

Medios Virtuales de Pago: APP Banco, Internet, Punto Pago Redeban, Teléfono Banco, Débito Automático, Celero Electrónico, APP Enel-Codensa, Boleto de Pago Online.

Medios Físicos de Pago: Puntos de Pago (Supermercados, Farmacias, etc.), Boleto Virtual, Corresponsales Bancarios, Almacenes de Codensa.

**Código QR**

\* Puntos de pago donde se reciben facturas vencidas. \*\* No se aceptará el pago de la factura de energía en SUPERCADE Súba, SUPERCADE Bova y CADE Tolimán. Si realizas el pago en un corresponsal bancario, elige el desprendible que emita el datáfono como soporte de pago. El sello del corresponsal no es un soporte válido en caso de reclamo.

## ANEXO W. ARTÍCULO CIENTÍFICO



# DISEÑO DE UN HIDRO-GENERADOR PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN LA ZONA DEL ALTO MAGDALENA. CASO DE ESTUDIO MUNICIPIO DE RICAURTE, CUNDINAMARCA

**Héctor Iván Sánchez Herrera**

**Universidad Piloto de Colombia  
Girardot, Colombia**

### Resumen

La investigación en desarrollo se titula "Diseño de un hidro-generador para viviendas de interés social en la zona del alto magdalena. caso de estudio municipio de Ricaurte, Cundinamarca", realizada por estudiantes y docentes de la facultad Ingeniería civil de la universidad piloto de Colombia seccional Alto Magdalena. El objetivo del proyecto consiste en realizar el diseño de un generador eléctrico impulsado por energías renovables que son las fuentes hídricas, donde se plantea por la necesidad de los habitantes del sector, en generar un sistema de corriente alterna para la comunidad, la filosofía que se formula en el proyecto, es: "Por pequeño que sea el flujo hídrico, con un sistema adecuado se generara la energía", lo que los autores plantean es darle una aplicación al diseño en un barrio donde el gobierno de Colombia dono casas VIS a personas de bajos recursos, las cuales sería de gran ayuda poder evitarles pagar uno de los servicios con pago oneroso en el balance de estos personajes.

El barrio se encuentra ubicado en el municipio de Ricaurte, Cundinamarca el cual es privilegiado por dos de las fuentes hídricas más grandes de Colombia, que son el río Sumapaz y Río Magdalena, con lo anterior mencionado se plantea un diseño que se pueda realizar sin tener que represar la fuente y generar daños ambientales.

Finalmente se plantea tener una cantidad de familias a las cuales se puedan llegar a suplir la necesidad, realizando cálculo de cargas por vivienda, donde se pueda conectar un tipo de circuito y saber con cuanta cantidad de caudal se podría mantener o abastecer la demanda solicitada.

**Palabras clave:** hidro-generador; viviendas; agua; electricidad

### **Abstract**

*The research under development is entitled " Design of a hydro-generator for social housing in the area of Alto Magdalena, case study municipality of Ricaurte, Cundinamarca", conducted by students and teachers of the civil engineering faculty of the pilot university of Colombia sectional Alto Magdalena. The objective of the project is to design an electric generator driven by renewable energies that are water sources, where it is proposed by the need of the inhabitants of the sector, to generate an alternating current system for the community, the philosophy that is formulated in the project, is : No matter how small the water flow is, with an adequate system the energy will be generated", what the authors propose is to give an application to the design in a neighborhood where the government of Colombia donated VIS houses to low-income people, which would be of great help to avoid paying one of the services with onerous payment in the balance of these characters.*

*The neighborhood is located in the municipality of Ricaurte, Cundinamarca which is privileged by two of the largest water sources in Colombia, which are the Sumapaz River and Magdalena River, with the above mentioned a design that can be done without having to dam the source and generate environmental damage is proposed.*

*Finally, it is proposed to have a number of families to which the need can be supplied, calculating the loads per house, where a type of circuit can be connected and to know how much flow could be maintained or supply the requested demand.*

**Keywords:** hydro-generator; homes; water; electricity

## **1. Introducción**

La generación de energía por medios convencionales va avanzando a medida que avanza el tiempo, una alternativa que rápidamente pierde viabilidad. Desde el punto de vista de responsabilidad ambiental, es necesario disponer del uso de combustibles fósiles, más cuando su disponibilidad es menor y las dificultades que presenta su extracción encarecen la energía que genera. En el caso de las Hidroeléctricas en el que ambientalmente son menos agresivas, no es diferente ya que el impacto social es muy elevado y requieren un almacenamiento de grandes volúmenes de agua que se podrían utilizar para riego o para abastecer las necesidades tanto de pequeñas poblaciones como de grandes ciudades. Se podría citar el ejemplo de México, donde debido a su geografía y clima se distinguen dos grandes zonas de disponibilidad totalmente opuesta: el sur y sureste, donde la disponibilidad natural media per cápita es 7.3 veces mayor que en el resto del país, y el norte, donde se asienta el 77% de la población, pero sólo se tiene el 32% de la disponibilidad media natural nacional. Por lo tanto, una alternativa que se ha explorado en años recientes con mucho éxito es la desalinización, sin embargo, dos temas no resueltos de esta actividad son la excesiva cantidad de energía necesaria para el proceso y la disposición de los

vertidos hipersalinos. Por otra parte, la demanda de energía mantiene una tendencia ascendente, ya que aun cuando los avances tecnológicos han reducido significativamente el consumo de energía de los aparatos electrodomésticos y mecánicos, la cantidad de usuarios también ha aumentado casi exponencialmente. (Lopez Gonzales , 2011).

Dicho lo anterior, la generación de alternativa de energías renovables más personas la están utilizando en su vida diaria, las energías renovables son inagotables y limpias que pueden ser utilizadas de forma auto gestionable el cual se pueden aprovechar en el mismo lugar donde se producen, tiene como ventaja complementarse entre sí en el que se favorece la integración de ellas, por ende la electricidad que se obtiene son en forma de corriente continua y generalmente de bajo voltaje, esto disminuye el riesgo de accidentes en las líneas eléctricas; este tipo de energía no produce desechos, residuos, basuras, humos, polvos, vapores, olores ya que es una energía de fuente natural en el que no se contamina la naturaleza, ni se descompone el paisaje con torres, postes y líneas eléctricas.

Obteniendo el diseño de un prototipo de Hidro-generador para viviendas de interés social, el cual debemos analizar la población, identificar la cantidad de población que se va a beneficiar y el consumo eléctrico por familia para así proponer el diseño del Hidro-generador eléctrico para que beneficie a la población.

Para finalmente realizar y entregar un artículo Tipo D junto con el prototipo del hidro-generador.

## **2. Problema de Investigación**

El caso de estudio se encuentra en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca ubicado en la provincia del Alto Magdalena.

En el año 2013 el gobierno colombiano propuso la meta de construir un millón de viviendas de interés social (V.I.S) para personas de bajos recursos y familias que se encontraban en alto riesgo. Las viviendas de interés social cuentan con los servicios básicos exigidos. (Carlos Giraldo, 2015) En Colombia crearon la ley 1715 de 2014, y su objeto es "promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema nacional" (Republica, 2015); por ende las viviendas de interés social que se encuentran ubicadas en la Provincia del Alto Magdalena cuenta con afluentes cercanos que se pueden utilizar para generar la energía alternativa mediante Hidro-generadores lo cual se volverían en viviendas sostenibles, ya que en ellas viven familias que carecen de factor económico lo cual se les dificultaría pagar una factura por el servicio de energía eléctrica.

Las viviendas de Interés social están ubicadas en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca, Barrio Villa Diana Carolina el cual se encuentra cerca al afluente del Rio Magdalena y del Rio Sumapaz lo cual nos genera sustentabilidad del recurso natural para generar Energías Limpias.

### 3. Objetivos

#### GENERAL

Diseñar un prototipo de Hidro-generador para viviendas de interés social en la zona del alto magdalena.

#### ESPECÍFICOS

- Realizar y analizar el estado del arte de la población.
- Identificar cuanta población se podría beneficiar con el Hidro-generador.
- Se realizará reconocimiento exacto de cuantas familias serán beneficiadas, para determinar el tipo de consumo eléctrico por familia
- Proponer el diseño del Hidro-generador eléctrico para que beneficie a la población

### 4. Justificación

Las edificaciones son infraestructuras que produce la sociedad y su vida útil es alrededor de 100 años o más, en el que tiene gran impacto en el uso de la energía y los patrones de emisión contaminantes a la atmosfera el cual los elementos empleados en los envolventes de las edificaciones tienen consecuencias respecto al consumo de energía y cambio climático. Actualmente para que el desarrollo humano sea compatible con la conservación de los sistemas naturales que mantienen la vida, deben de ser sustentables.

Esto implica la incorporación de nuevas exigencias a lo largo del proceso constructivo y un cambio en las técnicas y sistemas de construcción. (Rodríguez, 2010).

La construcción es un medio de desarrollo para la comunidad y es uno de los medios principales del agotamiento en la naturaleza y el uso irresponsable de los recursos naturales.

Se calcula que, en el sector residencial y las oficinas a nivel mundial, se consume el 40% de energía, 30% de emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>) que se van para la atmosfera, el 50% son de materias primas y desperdicios y el 20% es de agua potable. (Juan David Bautista Gordillo, 2017) El cual estamos cumpliendo con uno de los 7 objetivos sostenibles, que es la energía asequible y no contaminante en el que la protección de los recursos naturales han tenido gran importancia en todo el mundo, debido a los fenómenos que se han presentado en el cambio climático el cual cada día son más evidentes y son el resultado de la contaminación, este prototipo no produce ningún tipo de contaminación y se estima que la energía hidroeléctrica evita la emisión de 249 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, además de generar ahorro del 50% al 90% en el costo de disposición de desechos sólidos, esta energía es inagotable siempre y cuando se continúe el ciclo del agua en el que está asegurado, ya que el agua utilizada se devuelve y no necesita de sistemas de refrigerador o calentador, asegurando a la comunidad de no llegar a quedar sin luz.

Las viviendas son habitadas por diferentes personas; según las naciones unidas, la habitabilidad residencial guarda relación con las características y cualidades del espacio, entorno social y medio ambiente que contribuyen a dar a las personas sensación de bienestar personal y colectivo e

Infundir la satisfacción de residir en un asentamiento determinado; el cual es una meta de bienestar que involucra el hecho físico, ambiente socio cultural y el entorno.

La habitabilidad es un estado generado a partir de las cualidades satisfactorias de necesidades y aspiraciones de los residentes, lo que determina una adecuación y relación permanente entre el hombre y su entorno. (Romaña, 2011).

En Ricaurte, Cundinamarca se encuentra las viviendas de interés social para personas de bajos recursos por lo cual no cuentan con la estabilidad económica suficiente para estar generando una rentabilidad económica en el pago de recibos.

Finalmente se pretende diseñar el Hidro-generador para suplir las necesidades de estas familias y obtener viviendas de interés social sostenibles y sustentables económicamente.

## 5. Referencias

### Artículos de revistas

- (Lopez Gonzales , 2011)

### Memorias de congresos

- (Republica, 2015)

### Fuentes electrónicas

- (Carlos Giraldo, 2015)
- (Rodriguez, 2010)
- (Juan David Baufista Gardillo, 2017)
- (Romaña, 2011)

### Sobre el autor

- **Héctor Iván Sánchez Herrera:** Est. Ingeniería Civil, Universidad Piloto de Colombia, Seccional alto magdalena. hector-sanchez2@upc.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)