

**Estudio de prefactibilidad para implementar la generación de energía para consumo propio en el Cultivo Jardines del Ochuval, utilizando caudales de la Quebrada La Higuera.**

**EDITH ANDREA VASCO AMAYA  
PEDRO RAMON ESCAMILLA SALAZAR**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA - CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNIMINUTO  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2009**

**Estudio de prefactibilidad para implementar la generación de energía para consumo propio en el Cultivo Jardines del Ochuval, utilizando caudales de la Quebrada La Higuera.**

**EDITH ANDREA VASCO AMAYA**

**PEDRO RAMON ESCAMILLA SALAZAR**

**Proyecto de grado**

**Especialista Marlyn Espinosa  
Asesora Metodológica**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA - CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNIMINUTO  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2009**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del presidente del jurado**

**Medellín, 31 de Julio de 2009**

# CONTENIDO

	pág
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>11</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>13</b>
<b>1. FORMULACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>16</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.6 DELIMITACIÓN.....	19
1.6.1 Temporal.....	19
1.6.2 Espacial.....	20
1.7 ALCANCE.....	20
1.8 RECURSOS.....	20
1.8.1 Humano.....	20
1.8.2 Técnico.....	20
1.8.3 Económicos.....	21
1.9 RESEÑA HISTÓRICA O REFERENCIA INSTITUCIONAL.....	21
1.10 REFERENCIA CORPORATIVA.....	21
1.11 CONTEXTO HISTÓRICO DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL DE LA FLORICULTURA EN COLOMBIA.....	22
<b>2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>26</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CULTIVO DE FLORES.....	26
2.1.1 Construcción y mantenimiento de infraestructura.....	26
2.1.2 Propagación plantas madres.....	26
2.1.3 Propagación bancos de enraizamiento.....	26
2.1.4 Producción.....	26
2.1.5 Estructura Productiva de la Floricultura.....	30
2.1.6 Aspectos Laborales.....	31
2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	31
2.2.1 Tipos de mini centrales, de acuerdo al sistema de carga de aducción:33	
2.2.2 Elementos de una mini central.....	34
2.2.3 Características generales de las turbinas.....	38
2.3 CONTEXTO MUNDIAL.....	43
2.3.1 Energía hidroeléctrica.....	44
2.3.2 Características de la energía hidroeléctrica.....	46
2.4 ENERGÍA Y LAS FLORES.....	47
2.4.1 Comparativo energético internacional.....	47
2.4.2 Consumo de energía en Colombia por subsectores agroindustriales48	

2.4.3	Caso específico del cultivo industrial de flores Jardines el Ochuval	50
<b>3.</b>	<b>VARIABLES RELEVANTES</b>	<b>53</b>
3.1	BASES LEGALES	53
3.1.1	Marco normativo de aplicación a las PCH	53
3.1.2	Marco regulatorio aplicado a las PCHs	53
3.1.3	Marco jurídico relevante para floricultura	54
<b>4.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>63</b>
4.1	ESTUDIOS BÁSICOS	63
4.1.1	Cartografía	63
4.1.2	Topografía	64
4.1.3	Estudio geotécnico	64
4.2	MARCO FÍSICO BIÓTICO	65
4.2.1	Geología y geomorfología	65
4.2.2	Hidrología	70
4.2.3	Climatología	72
4.2.4	Cobertura vegetal y uso del suelo	75
4.3	MARCO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO	76
4.3.1	División Política Administrativa	76
4.4	ESTUDIOS AMBIENTALES	78
4.4.1	Metodología propuesta como método preliminar de evaluación EAE78	
4.5	MARCO NORMATIVO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	83
4.6	ESTUDIO TECNICO	86
4.6.1	Determinación de los elementos geométricos del canal:	86
4.6.2	Cálculo de la pendiente de la quebrada:	87
4.6.3	Cálculo del caudal:	87
4.6.4	Método del flotador para estimación de caudal	89
4.6.5	Diferencia de niveles (salto)	90
4.6.6	Tubería	91
4.6.7	Potencial hidro energético	99
4.6.8	Obra civil	100
4.6.9	Red de distribución	102
4.7	ANÁLISIS FINANCIERO	102
4.7.1	Presupuesto de Inversión.	105
4.7.2	Evaluación Financiera	108
4.7.3	Financiación	109
4.7.4	Periodo de recuperación de la inversión.	109
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>112</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>115</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1 Cronograma de actividades .....	19
Tabla 2 Costos del proyecto .....	21
Tabla 3 Clasificación de centrales por capacidad de generación .....	32
Tabla 4 Consumo energético por sectores agroindustriales .....	47
Tabla 5 Valores comparativos del sector floricultor.....	48
Tabla 6 Consumo energético mensual por subsectores .....	48
Tabla 7 Consumo energético específico por subsectores .....	49
Tabla 8 Variables destacadas.....	53
Tabla 9 Emisiones atmosféricas .....	58
Tabla 10 Usos del agua .....	59
Tabla 11 Vertimientos.....	60
Tabla 12 Residuos sólidos.....	60
Tabla 13 Bosque y biodiversidad .....	61
Tabla 14 Usos del suelo .....	62
Tabla 15 Estaciones pluviométricas en el área de estudio .....	72
Tabla 16 Valoración cualitativa numérica de los impactos.....	81
Tabla 17 Área mojada y perímetro mojado en la sección de referencia de la quebrada .....	86
Tabla 18 Caudales a diferentes alturas de la lámina de agua .....	88
Tabla 19 Tiempos del flotador.....	90
Tabla 20 Valores de velocidad de onda utilizando la fórmula .....	93
Tabla 21 Valores de C Hazen Williams.....	94
Tabla 22 Pérdidas en la conducción .....	98
Tabla 23 Cantidades de obra civil.....	101
Tabla 24 Presupuesto de la inversión .....	106
Tabla 25 Participación en la inversión .....	107

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 Diagrama de flujo cultivo industrial de flores.....	28
Figura 2 Proceso de cultivo industrial de flores.....	29
Figura 3 Estructura productiva de la floricultura.....	30
Figura 4 Actividades de la industria de flores y demanda de energía .....	31
Figura 5 Esquema típico generación de energía hidroeléctrica .....	34
Figura 6 Ciclo hidrológico .....	46
Figura 7 Plano No. 1. Cuenca de la Quebrada Las Palmas Fuente IGAC: Plano 1:10000 Plancha 167 II-A- .....	67
Figura 8 Mapa geológico regional.....	69
Figura 9 Estaciones pluviométricas en el área de estudio .....	74
Figura 10 Distribución político-administrativa .....	77
Figura 11 Sección quebrada La Higuera .....	86
Figura 12 Pendiente de la quebrada con base en dos secciones tomadas ..	87
Figura 13 Método del flotador .....	89
Figura 14 Medición de velocidad mediante toma de tiempos del flotador.....	89
Figura 15 Salto.....	90
Figura 16 Anclajes en los cambios de dirección de la tubería .....	97
Figura 17 Potencial hidro energético .....	99
Figura 18 Obra civil.....	101

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág
Gráfica 1 Distribución de los cultivos en Colombia .....	23
Gráfica 2 Demanda mundial de energía .....	43
Gráfica 3 Oferta mundial de energía .....	45
Gráfica 4 Consumo energético específico por subsectores .....	49
Gráfica 5 Consumo energético Jardines Ochuval .....	51
Gráfica 6 Consumo energético por hora .....	52
Gráfica 7 Marco legal .....	54
Gráfica 8 Comportamiento de la precipitación en tres estaciones .....	73
Gráfica 9 Curva de calibración caudal quebrada la Higuera .....	89
Gráfica 10 Coeficiente C según Mendiluce .....	95
Gráfica 11 Coeficiente K según Mendiluce .....	95
Gráfica 12 Selección tipo de turbina. Salto vs caudal .....	100
Gráfica 13 Variación consumo de energía .....	103
Gráfica 14 Variación del precio de KW/h .....	104
Gráfica 15 Tendencia del precio KW/h .....	104
Gráfica 16 Porcentaje de participación en la inversión .....	108



## LISTA DE FOTOS

pág

Foto 1 y Foto 2 Iluminación artificial cultivo en dos etapas diferentes de los pompones.....	16
Foto 3 y Foto 4 Instalaciones eléctricas actuales.....	17
Foto 5 Invernadero cultivo .....	25
Foto 6 Perfil de suelo característico del valle de San Nicolás, con presencia de cenizas volcánicas en espesores promedio hasta de un metro, sobre arcillas .....	65
Foto 7 Imagen aérea del cultivo.....	71
Foto 8 Vista en sentido norte-sur parte alta de la cuenca de la quebrada Las Palmas.....	75

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A Evaluación Ambiental Estratégica para el cultivo de flores Jardines el Ochuval

ANEXO B Evaluación de impacto ambiental

ANEXO C Normatividad

ANEXO D Planos y cartera levantamiento topográfico

ANEXO E Flujo de costos

## INTRODUCCION

La importancia del proyecto se justifica en la demostración de la utilización racional de los recursos naturales con un propósito de autoabastecimiento a nivel de uno de los sectores de gran consumo, en uno de los renglones de la economía regional de mayor impacto en la balanza comercial del país.

Dentro del proceso de crecimiento específico en el área de gestión de proyectos, se evidenció la necesidad de dar aplicación real a los conocimientos adquiridos en el posgrado de gerencia de proyectos y aplicarlos a un estudio de caso.

En el proceso de selección temático se consideró que una de las principales actividades económicas en el departamento, que interactúa con el entorno natural, corresponde a la industria florícola en el oriente cercano antioqueño. Y ante el potencial hidrológico se propuso a nivel de prefactibilidad el aprovechamiento hidroenergético para el autoabastecimiento en la producción de pompones que representa un renglón de exportación considerable.

Al revisar la información preliminar se pudo observar que uno de los factores que más incide en los costos de producción, corresponde al consumo de energía eléctrica para la iluminación artificial nocturna.

Surgió entonces la idea de aliviar la demanda energética de este sector, haciendo aprovechamientos de recursos hídricos a nivel micro para autoconsumo en un sector en cuyo apalancamiento financiero es asequible.

El objetivo es proveer información para la determinación de la viabilidad técnica, económica, financiera y ambiental de la inversión en un proyecto de generación de energía con base en la hidroelectricidad, considerado como un servicio básico, expuesto cada día a la reducción de alternativas viables y rentables.

El alcance de este documento es la formulación y evaluación de prefactibilidad técnica, económica, financiera, social y ambiental del proyecto de implementación para la generación de energía, para consumo propio en el cultivo industrial de flores Jardines Ochuval en la vereda Las Lomitas del municipio de La Ceja.

Para la elaboración de los estudios básicos se considera que para este tipo de proyectos, una de las mayores limitaciones la constituye, los registros históricos de caudales de aquellas corrientes que son susceptibles de aprovecharse.

La metodología utilizada para la elaboración de este documento es la revisión de

información secundaria y la obtención de información primaria mediante técnicas de campo, tales como la topografía del terreno, la hidrometría y la obtención de datos por medio de entrevista a los usuarios del proyecto. Se realizó el procesamiento de éstos, con software especializados. También fue objeto de consulta las fuentes de datos institucionales del IGAC, del IDEAM, EPM, proveedores de equipos y materiales y profesionales del área de investigación.

Este documento es una invitación para que se planteen alternativas de investigación orientadas a la utilización racional de los recursos existentes para el desarrollo sostenible.

## GLOSARIO

**Azud:** Presa de pequeño tamaño, utilizado para producir un remanso del que poder derivar el agua a la casa de máquinas

**Cámara de carga:** Variante de la toma de agua convencional, generalmente ubicada al final del canal hidráulico, que alimenta la tubería forzada.

**Canal de descarga:** Canal por el que se restituye, al río, el agua que sale de las turbinas Canal hidráulico Canal abierto de forma prismática, y dimensiones bien definidas, empleado para conducir el agua a la cámara de carga.

**Capacidad:** La carga máxima que puede suministrar, en condiciones especificadas, un generador, una turbina, una central o un sistema durante un cierto periodo de tiempo, sin que se sobrepasen los límites permitidos de temperatura y esfuerzo.

**Casa de máquinas:** Edificio que tiene como misión proteger de las adversidades climatológicas, el equipo electro-hidráulico que convierte en electricidad la energía potencial y cinética del agua.

**Caudal ecológico:** Caudal que hay que mantener, para garantizar la vida piscícola, en el tramo de río comprendido entre la toma de agua y el canal de descarga.

**Caudal medio anual:** La velocidad a la que fluye el agua a través de una conducción hidráulica, promediando a lo largo de un año la media diaria; se expresa normalmente en  $m^3/seg$ .

**Caudal mínimo técnico:** El caudal mínimo con el que puede trabajar una turbina

**CCC Curva de Caudales Clasificados:** Representa el régimen de caudales del aprovechamiento y se construye a partir de un histograma, ordenando los caudales por orden de magnitud en vez de por orden cronológico

**Compuerta:** Dispositivo para cortar el paso del agua a una conducción hidráulica o a una turbina generalmente en conductos a baja presión.

**Corriente alterna:** Una corriente eléctrica que, en contraste con la corriente

continua, cambia periódicamente de polaridad. En Europa la frecuencia normal es de 50 Hz. En América, 60 Hz.

**Escorrentía:** Diferencia entre la precipitación areal y la evapotranspiración real, que alcanza el cauce del río como caudal superficial o sub-superficial.

**Estación de aforos:** Sección de control, aguas abajo de un tramo recto de razonable longitud, en el que se mide periódicamente, la altura de la lámina de agua.

**Evapotranspiración:** Suma del volumen de agua utilizado por la vegetación para su propio desarrollo (transpiración) y del que se evapora directamente del suelo y de la cubierta vegetal (evaporación).

**Flujo laminar:** Flujo de un fluido viscoso Newtoniano, incompresible, sin turbulencia, en el que todas las partículas se mueven en líneas distintas y separadas

**Central de agua fluyente:** Las que generan energía mientras el agua que circula por el cauce supere el mínimo técnico de la turbina que equipara la central.

**Golpe de ariete:** Cambio brusco de régimen en una tubería forzada, provocado por el cierre (o apertura) rápido de la válvula a la entrada de la turbina. Las sobrepresiones que provoca, son de un orden superior a las de la carga estática, y aunque transitorias pueden producir la rotura o el aplastamiento de la tubería

**Histograma caudales:** Representación gráfica, por orden cronológico, de la serie temporal de caudales registrados en una estación de aforos.

**Potencia:** La capacidad de realizar trabajo, medida en Julios/seg o en wátios.

Presas Estructura hidráulica utilizada para elevar el nivel de la lámina de agua y crear un salto, y o para embalsar agua.

**Relación beneficio/costo:** El cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios por el valor actualizado de los costos, a lo largo de la vida del aprovechamiento

**Rendimiento de una turbina:** Tiene en cuenta las pérdidas por fricción y turbulencia en la caja espiral, el anillo distribuidor, los alabes distribuidores, el rodete y el tubo de aspiración de una turbina, así como la energía cinética que se

pierde a la salida de este último.

**Salto bruto:** Distancia vertical, entre el nivel de la lámina de agua en la toma de agua y en el canal de descarga.

**Salto neto:** La altura de salto realmente utilizada para accionar la turbina, resultado de restar al salto bruto, todas las pérdidas de carga que puedan haberse producido entre toma y canal de descarga.

**TIR:** La tasa de descuento para la que el VAN es igual a cero

**Toma de agua:** Estructura destinada a desviar el agua del cauce a un canal hidráulico o a una tubería forzada que la conduce, bajo presión, a la casa de máquinas.

**Tubería de conducción:** Tubería que conduce el agua, a presión, desde la cámara de carga a la turbina.

**Turbinas de acción:** Turbinas en las que la energía potencial se transforma en un chorro de gran velocidad, que es proyectado contra unas cazoletas, fijas en la periferia de un disco.

**Turbinas de reacción:** Turbinas en las que la presión del agua actúa directamente sobre los alabes del rodete, disminuyendo de valor a medida que avanza en su recorrido.

**VAN:** Valor actualizado neto, diferencia entre los ingresos y los gastos de un proyecto, descontados ambos, al año cero en el que comienza la inversión

# 1. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el proceso del cultivo industrial de las flores tipo pompón se utiliza la iluminación artificial automatizada, para crear una respuesta fisiológica al crecimiento de las plantas, la que se realiza por sectores según las etapas fenológicas de las mismas.

En el caso particular de la empresa Jardines El Ochuval, cuenta con cuatro invernaderos o galpones con un total de 600 camas las cuales son atendidas cada 3 ó 4 hileras por una instalación de 10 u 11 bombillas de 200 W, llamadas guirnaldas; para un total de 50 unidades. En total se tienen 950 bombillas, las cuales están programadas para iluminar durante 5 minutos cada 25 minutos, se tienen 6 turnos programados, lo que implica que se iluminan al tiempo 160 bombillas en cada turno. Lo que demanda un consumo de energía de 32,000 W, que equivalen a 32 KW por 11 horas.

Foto 1 y Foto 2 Iluminación artificial cultivo en dos etapas diferentes de los pompones



Se puede evidenciar el gran consumo de energía eléctrica, lo cual incide de manera importante en los costos de producción. El no tener control sobre estos costos de producción, se desestimula la inversión y por tanto la generación de empleo en este tipo de actividad económica, lo que a la vez se refleja en aportes tributarios



Foto 3 y Foto 4 Instalaciones eléctricas actuales



Dada la fragilidad de esta industria, frente a los mercados internacionales, por las fluctuaciones de la tasa de cambio; se podría ampliar el margen de seguridad financiera, ampliando las utilidades. Desde que el fenómeno de revaluación arrancó, hace poco más de tres años, no solo se afecta el comercio internacional, sino que la industria recibe el impacto de estas coyunturas macroeconómicas.

En la floricultura se emplean cerca de 16 personas por hectárea. Este es el negocio agrícola más intensivo en mano de obra en el oriente antioqueño cercano, lo que pone de relieve el impacto que tendría para la región que el negocio dejara de ser productivo.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Bajo qué condiciones económicas, normativas, ambientales y técnicas es factible que el proyecto de generación de energía eléctrica a pequeña escala para autoconsumo, en Jardines El Ochuval del Municipio de La Ceja, por medio del aprovechamiento de la corriente de la Quebrada La Higuera, se convierte en una opción para aliviar los costos de producción?

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la viabilidad y estudio de pre-factibilidad, para la implementación de una alternativa para la generación de energía hidroeléctrica de pequeña escala, para autoconsumo en el cultivo Industrial Jardines El Ochuval en la vereda Las Lomitas del municipio de La Ceja, aprovechando el caudal de la Quebrada La Higuera.

## **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**1.4.1** Desarrollar los estudios de investigación técnicos, económicos, financieros, ambientales, sociales y normativos a nivel de prefactibilidad, para evaluar la

viabilidad del proyecto

**1.4.2** Generar una solución para el alto consumo de energía eléctrica del cultivo industrial de flores Jardines El Ochuval, aprovechando los recursos hídricos y condiciones topográficas de los alrededores de la empresa; por medio del diseño técnico del tipo de planta de generación de menor escala, de acuerdo a las condiciones geográficas y necesidades de consumo de energía de la empresa. Con esto se pretende hacer atractiva la inversión en la planta de generación de energía de pequeña escala para la financiación de la misma.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Si se implementa un sistema autosuficiente para suplir las necesidades de energía de la empresa, se beneficia la misma empresa al propiciar favorablemente una reducción en los costos y se contribuye al medio ambiente al producir una energía limpia.

El proyecto es valioso porque es aplicable a un renglón de la economía regional que es importante y es la mayor fuente de empleo en el oriente cercano antioqueño, como se refirió inicialmente.

Con la propuesta que arroje el estudio se impacta directamente al consumo externo de energía, es decir la dependencia y compra al proveedor de energía eléctrica se disminuye, mejorando así el flujo de caja.

Con este proyecto se busca difundir o presentar alternativas para empresarios que tengan la disponibilidad de recursos renovables potencialmente propicios para la generación de energía. Actualmente las energías renovables han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. La energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autónoma, puede garantizar que sean proyectos amigables, atractivos para la inversión y aplicable en otros sectores agroindustriales que estén en bajo las mismas condiciones.

El nuevo marco en el que se desarrolla la política energética nacional y regional, se caracteriza por la liberalización de mercados, la protección del medio ambiente y la eficiencia energética y el ahorro.

A menor escala, la generación de energía eléctrica con micro-centrales hidroeléctricas, son aplicables debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías.

## Oportunidades de la situación actual

- El alto consumo de energía se ve reflejado en los costos de producción, los que se pueden bajar con la generación de energía para autoconsumo. Las micro centrales eléctricas o plantas de generación a pequeña escala constituyen alternativas financieramente atractivas, ya que son auto sostenibles
- Además de las ventajas en el monto bajo de la inversión, las micro-centrales eléctricas requieren tiempos de construcción igualmente mínimos.
- Las micro-centrales eléctricas representan una fuente de energía renovable, limpia y sostenible. Esta característica incluso puede significar ingresos para el proyecto a través de la negociación de los Certificados de Reducción de Emisiones de CO2 contemplados en el Protocolo de Kyoto o acceder a fondos de financiación a través de los Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- Gracias a las condiciones topográficas, la construcción y mantenimiento de la micro central se hace muy sencillo y a bajos costos.

La evaluación de la factibilidad técnica y económica de un proyecto hidroeléctrico como una micro-central permite valorar, comparar y optimizar alternativas de pequeña generación económica pero alto impacto económico y bajo impacto ambiental considerando el bajo riesgo e incertidumbre en la toma de decisiones de inversión.

## 1.6 DELIMITACIÓN

### 1.6.1 Temporal.

Tabla 1 Cronograma de actividades

Actividades	Responsables	Duración	2009						
			Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Revisión de información primaria y secundaria	PE y AV	1 mes							
Inventario de municipios potencialmente aptos por su potencial hídrico	PE y AV	1 mes							
Contactar los posibles empresarios que estén interesados en la propuesta	PE y AV	1 mes							
Formulación de la propuesta de investigación en el caso específico del Cultivo industrial de flores Jardines El Uchuval	PE y AV	1 semana							
Conceptualización del proyecto, fundamentación teórica del documento. Adquisición de información base	PE y AV	1 mes							
Elaboración de propuesta, evaluación técnica, económica, financiera, social y ambiental	PE y AV	2 meses							
Conclusiones, recomendaciones y bibliografía	PE y AV	1 mes							

**1.6.2 Espacial.** El desarrollo del proyecto de investigación se ejecutará en el campamento La Primavera del municipio de Anorí Antioquia, oficinas de EPM e Interventoría del proyecto hidroeléctrico Porce III y en el Municipio de la Ceja.

## **1.7 ALCANCE.**

Formulación y evaluación de prefactibilidad técnica, económica, financiera, social y ambiental del proyecto de implementación para la generación de energía, para consumo propio en el cultivo industrial de flores Jardines Ochuval en la vereda Las Lomitas del municipio de La Ceja.

## **1.8 RECURSOS**

### **1.8.1 Humano.**

- Asesor Metodológico: Marlyn Espinosa Arrieta
- Asesores temáticos: Funcionarios de Interventoría proyecto Porce III, proveedores de equipos, funcionarios del sector hidroenergético
- Investigadores: Edith Andrea Vasco Amaya: Ingeniera Civil. Pedro Escamilla Salazar: Ingeniero Geógrafo. Magister en Saneamiento y desarrollo ambiental.

### **1.8.2 Técnico.**

- Computadores e impresora: 2 y 1
- Transporte: 1 Campero
- GPS
- Altimetro
- Equipos de comunicación
- Cámara fotográfica

### 1.8.3 Económicos.

Tabla 2 Costos del proyecto

<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Hora ingeniero	300	hora	\$ 25.000	\$ 7.500.000
Transporte desplazamientos a zonas objeto de estudio:	1	glb	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Viáticos:	1	glb	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Asesorías externas:	1	glb	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Papelería y gastos generales	1	glb	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 15.500.000</b>
Imprevistos (10%)			\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 17.050.000</b>

## 1.9 RESEÑA HISTÓRICA O REFERENCIA INSTITUCIONAL

### 1.10 REFERENCIA CORPORATIVA.

Jardines El Ochuval es una industria de propiedad familiar y con un servicio y operación de negocios por más de 18 años.

Se especializa en llevar a sus clientes en Estados Unidos y Canadá finas, frescas y bellas flores disponibles en la región. Distribuyen pompones, claveles, fundada en 1989. Está localizada en el municipio de La Ceja en el oriente cercano antioqueño, a una altitud de 2.160 msnm y una temperatura media de 18°C. Desde el aeropuerto se encuentra a sólo 20 kilómetros que les permite el envío a tiempo de las flores. Pasando de ser una finca con sólo 2 hectáreas, hoy tienen 17 Ha, y 200 empleados.

**MISION:** Exceder las expectativas de sus clientes cuando se trate de requisitos de flores frescas, con un crecimiento continuo y estable que garantice su presencia en el tiempo y superior desarrollo de sus empleados y las partes dentro de la armonía del medio ambiente.

**VISIÓN:** Convertirse en una empresa reconocida por su alta calidad, servicio al clientes, los avances tecnológicos, entorno organizacional, los avances medioambientales, el establecimiento de organización, el cuidado del medio ambiente y la estabilidad corporativa.

## **1.11 CONTEXTO HISTÓRICO DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL DE LA FLORICULTURA EN COLOMBIA.**

La explotación de las flores en Colombia inicia a comienzos del siglo XX al establecerse algunos granjeros europeos quienes cultivaron algunos jardines comerciales e instalaron sus mostradores en arreglos vivos y secos.

En las ciudades más grandes aparecieron comercios afiliados a la organización Mundial de floristas, entidad cuyo objetivo era el intercambio de arreglos florales entre los países miembros. De la misma manera surgieron clubes de jardinería como el club de jardinería de Bogotá fundado por la señora Lorencita Villegas de Santos hacia el año de 1930, de igual manera por estos mismos años la señora Elena Baraya de Ospina Organizo y dirigió la exposición mundial de orquídeas en Medellín.

A partir de la década del setenta se inicio en Colombia el cultivo de flores para exportación, como consecuencia de estudios realizados sobre la ventaja competitiva del país para la floricultura, es así como esta experimentó una expansión sin precedentes estimulada por la visión empresarial de algunos inversionistas quienes lograron superar las barreras que existían para la producción y comercialización de un producto nuevo y perecedero en el país, entrando a competir con países de una trayectoria significativa como Holanda, Francia, Inglaterra y Estados Unidos.

En Colombia la Floricultura se inicia principalmente con el cultivo de claveles, rosas, crisantemos y pompón, pero a partir del año de 1978 se empezaron a cultivar a gran escala variedades como heliconias, gladiolos, margaritas, orquídeas, entre otras.

A mediados de la década del noventa, existían en el país cerca de 450 cultivos comerciales de flores los cuales ocupaban 3690 hectáreas de cultivo, de los cuales el 87.3% se localizaba en el Departamento de Cundinamarca, el 7% en el departamento de Antioquia y otros departamentos participaban con un 5.5% de las hectáreas cultivadas.

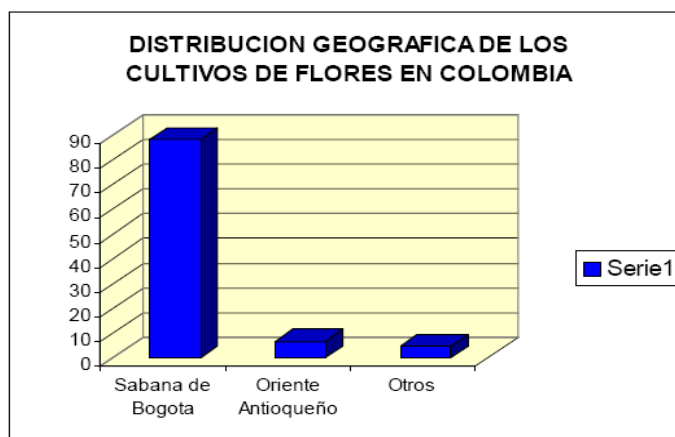
En El departamento de Cundinamarca, específicamente en la sabana de Bogotá las condiciones para el establecimiento de la producción de flores para exportación comenzaron a desarrollarse a partir del año de 1958 en donde con la creación del Plan Vallejo se estimularon las exportaciones y se consolidó la aceptación de las flores colombianas en los mercados externos. Aunque en este año se intentaron las primeras exportaciones de claveles y crisantemos a Europa amparados con certificados fitosanitarios, los problemas de transporte limitaron los esfuerzos realizados.

Como se observa, desde la década de los cincuenta se presentan los primeros intentos por introducir la floricultura para exportación, lo cual era una verdadera innovación para la agricultura Colombiana. Al cierre de la década las flores colombianas ganaron nuevos mercados. Las empresas comenzaron a establecer invernaderos grandes y se presenta una gran demanda y acogida de las flores colombianas en Estados Unidos, debido a la buena calidad, color, tamaño y duración de estas.

En la actualidad, el cultivo de flores se localiza geográficamente en Colombia de dos zonas principales. De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), un 88.5% del área total con flores se localiza en la sabana e Bogota y un 6.7 % en el oriente Antioqueño.

El restante 4.8% se ubica en otros departamentos del país como Boyacá con 1.36%, Valle con 1.34 %, Tolima, Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas y Norte de Santander con participaciones de 0.88%, 0.71%, 0.25%, 1.17%, 0.07% y 0.05 % respectivamente.

Gráfica 1 Distribución de los cultivos en Colombia



Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario – ICA

El capital invertido en la industria florícola colombiana, acorde con el estado de evolución de la estructura agraria, tiene una composición difícil de determinar pero con predominio del industrial y financiero, bien sea porque los agricultores capitalistas (típicos de la floricultura) han diversificado sus inversiones hacia otros sectores o porque los sectores industrial y financiero han decidido invertir en tierras suburbanas o han llegado a controlar franjas de la actividad en base a operaciones de crédito y mercadeo. La inversión extranjera crece cada día más en el cultivo, destacándose los capitales de Estados Unidos y Japón.

En Colombia predominan los cultivos de clavel, pompón, rosa y crisantemo, pero desde los años 80 se viene presentando un alto grado de diversificación, representado en unos 40 tipos para flores y 20 para follajes, cultivados para

exportación. Hasta 1970 se cultivaron clavel, rosa, crisantemo y pompón, a partir de 1970 se empezaron a cultivar alstroemeria, statice, gérbera, gypsophila, margarita y otras, llegando en 1989 a las 40 variedades cultivadas para exportación. Desde el decenio del 80 el clavel, el pompón y el crisantemo empezaron a perder peso en las exportaciones, mientras las rosas aumentaban en área.

Mientras que en 1983 el 50% del área estaba en clavel, el 20% en pompón, el 5% en crisantemos, el 16% en rosas y el 9 en otros tipos; para 1991 la situación cambió a 37% en clavel, 13% en pompón, 2% en crisantemo, 23% en rosa y 24% en otros tipos.

Otras especies que se cultivan en regiones frías de Cundinamarca, Antioquia y Cauca son guberas, anémonas, flor de estrella, lirios, agapantos, narcisos, fresias, nérines, helecho duro, verónica, cartuchos (callos): *Zantedeschia aethropica*, gedecias: *godetia* spp. (lilas blancas o rosadas), entre otras. En regiones tropicales de la zona cafetera del Quindío, Risaralda, Antioquia, Valle del Cauca, Santander y Tolima se cultivan heliconias, *Sterlizia* sp. (Ave del paraíso), *Caladias lucens*, *Anigosanthus* (Pata de canguro), helecho cuero, anturio de hoja, espárrago y orquídeas.

Aunque, en términos generales, las prácticas de cultivo son similares para todas las especies y variedades, sí vale la pena destacar las complicaciones de especies como claveles y crisantemos que, por sus problemas fitosanitarios, exigen controles más intensivos y mayores volúmenes de insumos. Hay que decir que la decisión de cultivar una flor u otra por parte de las empresas está determinada por la demanda, pero lo que realmente refleja la gran variedad de especies y variedades existentes en el mercado y las preferencias de cultivo, es la inmensa dependencia que de la biotecnología tiene la industria y la cada vez mayor capacidad para introducir recursos genéticos nuevos en el circuito comercial del sector.

Los principales importadores de flores colombianas son Estados Unidos con un porcentaje del 78%, Reino Unido con un 6%, Canadá con un 2%, Alemania con un 1%, y otros con un 13%. Mientras en Estados Unidos el 90% de las ventas se hacen por consignación, en Europa prima la venta por contrato fijo. Hay empresas florícolas de tamaño pequeño, grande y mediano. Las empresas pequeñas tienen menos de tres hectáreas en cultivo y son el 56% del total; las medianas tienen entre tres y diez hectáreas y abarcan el 29% del total; mientras que las empresas grandes, con más de diez hectáreas en flores, son el 15% de las empresas florícolas y concentran la mayor parte de la producción y las exportaciones de flores. Las tendencias en la concentración de la tierra tienen una estructura regionalmente diferenciada y ha variado con el tiempo, pasando de una concentración del 50% entre las 10 empresas más grandes en 1981 a una concentración de menos del 40%.



Foto 5 Invernadero cultivo



## 2. BASES TEÓRICAS

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CULTIVO DE FLORES

El proceso de cultivo de flores involucra en general actividades que se describen a continuación.

#### 2.1.1 Construcción y mantenimiento de infraestructura

En esta etapa se realizan las construcciones o mantenimiento de infraestructura ya existente para evitar el deterioro o que necesitan remplazarse, por ejemplo, cambios de plástico de los invernaderos, mantenimiento de reservorios, pozos profundos, sistema de tratamiento de agua residual, cambio de redes de aspersión y fertirriego, prados y jardines, construcción de vías, instalaciones eléctricas, maquinaria y equipos, etc.

#### 2.1.2 Propagación plantas madres

En esta actividad se siembran las plantas madres para producción de esquejes, para lo cual se destina un área especial del cultivo.

#### 2.1.3 Propagación bancos de enraizamiento

Los esquejes, con el objeto de lograr su enraizamiento, se colocan en un sustrato que generalmente es la escoria de carbón o cascarilla de arroz carbonizada, se utilizan bancos de propagación consistentes en mesas metálicas de 0,90 metros de altura por 1,2 metros de largo y un borde de madera de 15 a 20 cm. de alto, forrado con plástico negro. Caracterización del consumo final de la energía en el sector agroindustrial N° 8, perforado con el fin de proporcionar un buen drenaje del sustrato depositado en los bancos.

#### 2.1.4 Producción

En el área de producción se llevan a cabo diferentes sub-procesos como son:

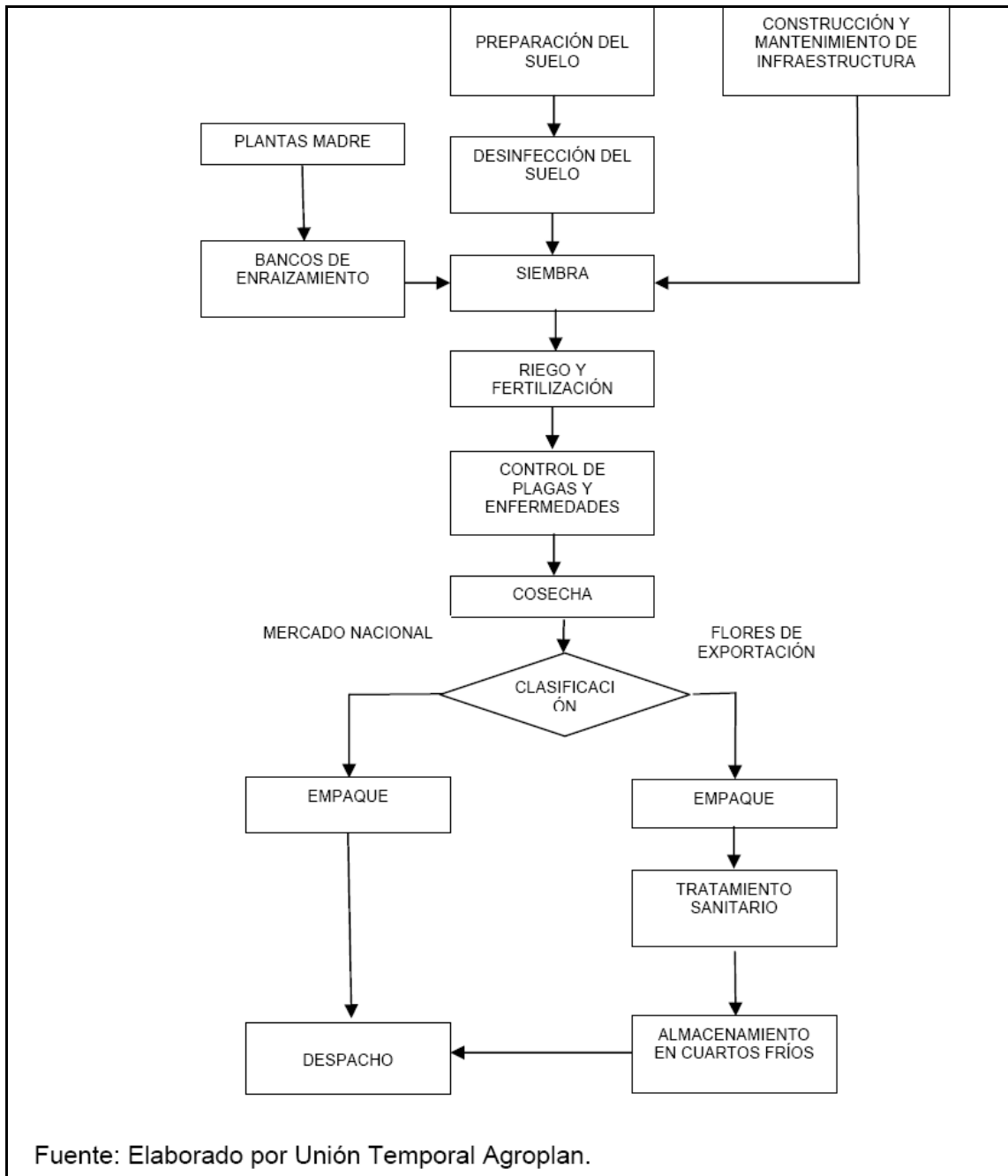
- **Preparación de suelos.** La tierra debe ser movida con el fin de homogenizar su contenido orgánico.
- **Desinfección del suelo.** Se utilizan sustratos que tengan un buen drenaje con el fin de evitar encharcamiento, lo cual produce pudriciones en las plantas, para lo cual se utiliza una mezcla de aluvión, ceniza de cascarilla de arroz carbonizada y bovinaza en proporciones de 85%, 10% y 5%

respectivamente. Se usan 5 centímetros cúbicos por litro de agua; quince litros de solución sirven para desinfectar un metro cuadrado por 20 cm. de altura de suelo.

- **Siembra.** Los esquejes seleccionados para ser trasplantados al cultivo se llevan al invernadero donde son sembrados por lotes, lo cual facilita la identificación de la flor para las labores de riego fertilización y control de plagas
- **Riego y fertilización.** Una vez sembrados los esquejes se debe efectuar el riego para que éstos comiencen a absorber nutrientes del nuevo suelo, la fertilización se realiza normalmente usando foliares en solución en el agua de riego
- **Control de plagas y enfermedades.** Periódicamente se deben aplicar fungicidas y plaguicidas que eviten la contaminación del cultivo por parásitos, insectos o enfermedades de las plantas.
- **Cosecha de la flor.** Este es un proceso manual ya que un mal corte al momento de la cosecha puede reducir la calidad de la flor y su durabilidad, el corte se debe hacer hacia la mitad del tallo y en diagonal para evitar que el tallo se astille.
- **Labores de renovación del cultivo.** Este proceso se lleva a cabo cuando se va a cambiar de cultivo, cuando se han detectado enfermedades o cuando el tiempo de explotación se ha cumplido y comprende todas las actividades anteriores.
- **Poscosecha**  
Comprende todas las actividades de selección de las flores, el empaque y la conservación de las mismas para exportación. En la poscosecha se realizan la clasificación, el boncheo (armados los ramos, se cubren con un capuchón plástico), tratamiento sanitario, empaque y traslado a cuartos fríos de conservación.

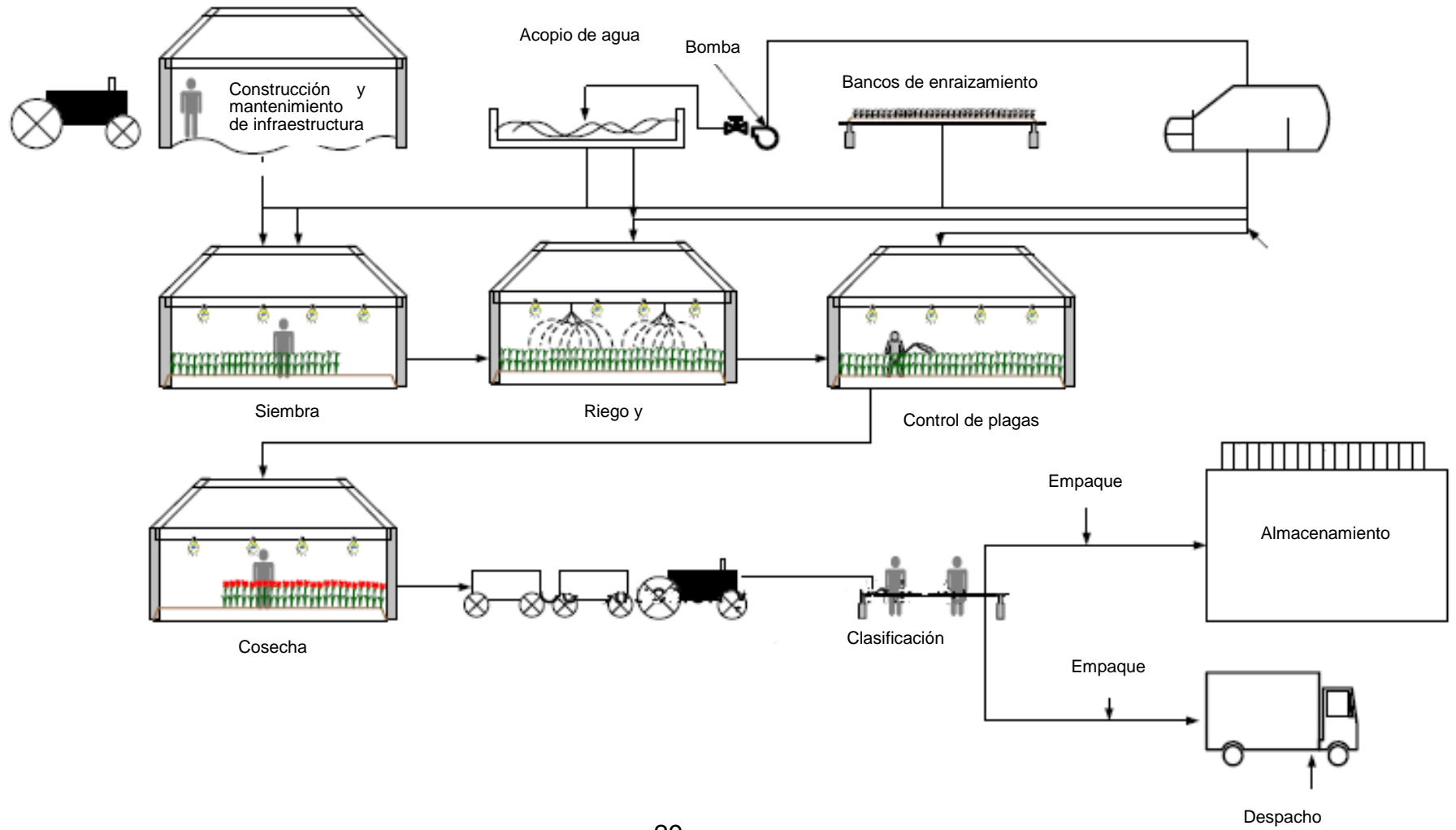
A continuación se presentan los diagramas de flujo del proceso del cultivo de flores. Ver Gráfica 3 y Gráfica 4.

Figura 1 Diagrama de flujo cultivo industrial de flores



Fuente: Elaborado por Unión Temporal Agroplan.

Figura 2 Proceso de cultivo industrial de flores



### 2.1.5 Estructura Productiva de la Floricultura

La estructura productiva de la cadena agroindustrial comienza con el sector de plásticos y madera que provee insumos para invernaderos; continúa con los proveedores de esquejes y semillas, con frecuencia de compañías holandesas. Durante la cosecha se tiene relaciones con proveedores de la industria química quienes proveen de pesticidas y abonos, de igual forma en la fase de producción se requiere aplicar en forma intensiva iluminación artificial, lo cual cabe resaltar por la dependencia energética a través de EPM como empresa pública responsable de la generación y suministro de fluido eléctrico. En post-cosecha se relaciona con el sector auxiliar proveedor de químicos para preservar la flor. Luego, la flor cortada pasa a cuartos fríos, de donde surge la relación con este sector auxiliar, aquí nuevamente la preservación de la planta depende fundamentalmente del suministro de energía eléctrica, y alternativamente con hidrocarburos en caso de contar con generadores diésel. Después, para empaque, se necesitan plástico y cartón; el sector proveedor de estos materiales es crítico porque afectan la calidad durante el transporte. En distribución el transporte aéreo es fundamental. Al final están las comercializadoras, quienes concentran el producto principalmente en Miami y aunque no se encuentran en la zona de la cadena productiva, hay que mencionarlas porque son una extensión de las empresas floricultoras. (Giraldo et al, 2003)

Figura 3 Estructura productiva de la floricultura

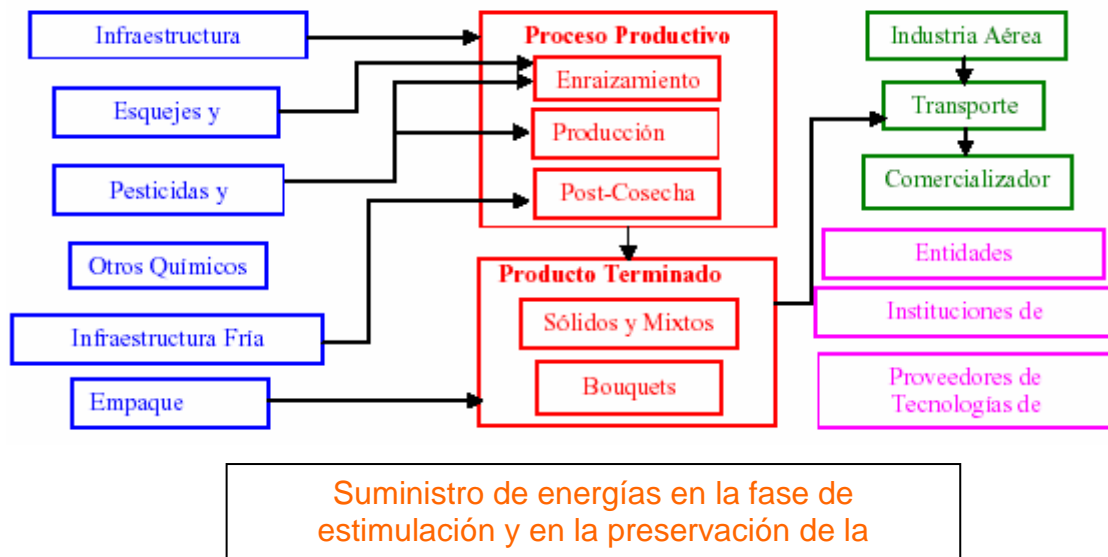
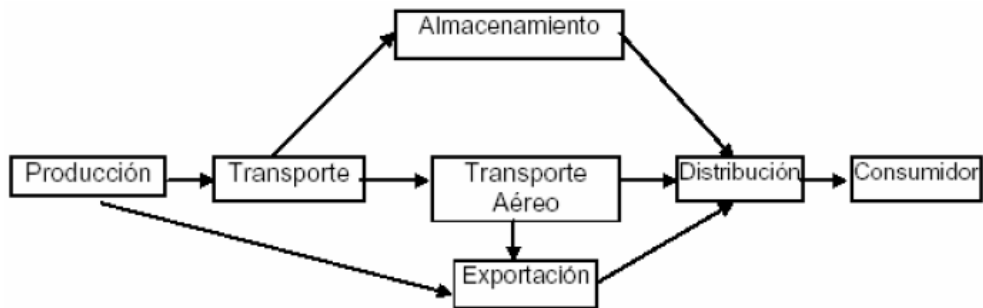


Figura 4 Actividades de la industria de flores y demanda de energía



### 2.1.6 Aspectos Laborales

En Colombia existen ventajas comparativas para la floricultura, cabe destacar que el bajo costo de la mano de obra entre los demás factores que afectan la competitividad internacional de la floricultura, este es uno de los más flexibles y al cual acuden invariablemente los productores. El costo de la mano de obra en la agroindustria de la floricultura representa aproximadamente el 50 por ciento de los costos de producción. Es por ello que la floricultura es un sector propicio para aplicar la flexibilización laboral. (Zamudio,2003).

En Colombia existen aproximadamente 350 empresas dedicadas a la producción y exportación de flores, ocupando unas 10.000 Ha., principalmente en la Sabana de Bogotá, Rionegro, La Ceja en Antioquia y Piendamó en el Cauca, generando 300.000 empleos directos y otro tanto indirectos. Ocupando aproximadamente 4500 profesionales entre los cuales se cuentan: Agrónomos, Agrólogos, Administradores de Empresas, Agropecuarios, Abogados, Médicos, Enfermeras, Ingenieros Agrícolas, Civiles, Mecánicos, Químicos, Industriales, Alimentos y de Sistemas, etc. Lo cual nos demuestra la importancia del sector en la economía del país siendo el tercer generador de divisas después del Café, Banano en el sector Agroindustrial.

Igualmente el consumo de energía lo posiciona como un sector de alto consumo dentro del sector agroindustrial .

## 2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA

La disponibilidad de la energía ha sido siempre esencial para la humanidad que cada vez demanda más recursos energéticos para cubrir sus necesidades de consumo y bienestar. Las energías renovables que provienen de fuentes inagotables como el sol, el agua, el viento, el mar y no emiten gases de efecto invernadero, entre otros beneficios, son una de las piezas clave en la construcción

de un sistema de desarrollo sostenible.

Existe una concientización cada vez mayor sobre los efectos medioambientales que conlleva el actual sistema de desarrollo económico, como son el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono. Las sociedades modernas, que sustentan su crecimiento en un sistema energético basado principalmente en la obtención de energía a través de combustibles fósiles, se inclinan cada vez más hacia la adopción de medidas que protejan nuestro planeta.

Así lo reflejan las actuales políticas nacionales y los acuerdos y tratados internacionales que incluyen como objetivo prioritario un desarrollo sostenible que no comprometa los recursos naturales de las futuras generaciones.

Actualmente las energías renovables han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables se encuentra la energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona. Según el siguiente cuadro, se presenta una clasificación por potencia instalada:

Tabla 3 Clasificación de centrales por capacidad de generación

<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>TIPO</b>
0 – 50	Micro central
50 – 500	Minicentral
500 – 5000	Pequeña Central

Clasificación de PCH según potencia instalada. ORTIZ Flores, Pequeñas centrales hidroeléctricas, McGraw Hill, 2001.

Para realizar un análisis medioambiental de una mini central hidroeléctrica se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- Obra civil, obras de desviación y/o retención de los caudales (azudes y/o presas), tomas o captaciones, tubería o canales para la conducción y cámara de carga y/o depósito de regulación, los cuartos de equipos y de control, y canales de descarga.
- Turbinas, generadores y elementos de control y protección, que dependen del diseño técnico de la mini central.
- Equipo eléctrico de potencia; transformadores, paneles de control y línea de salida y conexión con la red.



## **2.2.1 Tipos de mini centrales, de acuerdo al sistema de carga de aducción:**

### **2.2.1.1 Mini centrales fluyentes**

Recogen el caudal sin regularlo, mediante una obra de captación y se conduce hasta el cuarto de operaciones o de equipos.

Se pueden subdividir en:

- Las que no disponen de elementos de captación, ni conducción y ubican la turbina directamente en la corriente; (mini centrales fluyentes sin toma).
- Las que no precisan la construcción de un azud para desviar el agua sino que poseen una captación sumergida y protegida por una rejilla; con conducción; (mini centrales fluyentes sin azud).
- Con canal de derivación, corto, y conduce el agua directamente hasta la mini central (mini centrales fluyentes con azud).
- Con canal de derivación y tubería hasta la mini central. Esta tubería precisa de la existencia de una cámara de carga o un pequeño embalse que le suministre presión. (mini centrales fluyentes con azud y cámara de carga).

### **2.2.1.2 Mini centrales de regulación propia**

Tienen la posibilidad de almacenar caudales, la capacidad de regulación se obtiene con la construcción de una presa de más de 3 m. de altura o de un gran depósito junto a la cámara de carga. Pueden presentar un canal de derivación y conducción por tubería.

Dentro de este grupo se tienen las mini centrales de pie de presa, que aprovechan la energía potencial que produce la diferencia de cotas de la presa, por lo general se sitúan en embalses construidos para otros usos, y pueden aprovechar para generación tanto los caudales excedentes como los desembalsados para riego o para servidumbre ecológica.

### **2.2.1.3 Mini centrales de canal de riego o de abastecimiento**

Se instalan en conducciones de agua construidas para otros usos, como el riego o el abastecimiento a poblaciones.

## 2.2.2 Elementos de una mini central

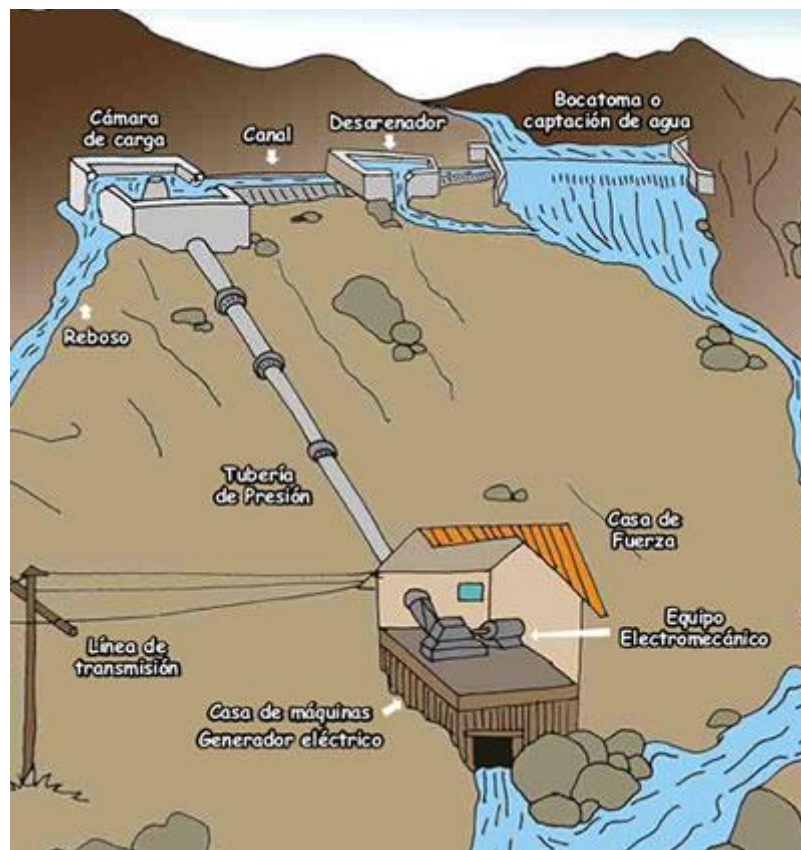
Las características básicas de los distintos elementos que conforman una mini central y que tienen importancia ambiental son:

### 2.2.2.1 Presa y/o azud

Son construcciones que interrumpen el curso fluvial y cuyo objetivo es elevar el nivel del agua y a su vez almacenarla temporalmente cuando se trata de centrales de regulación.

La captación está asociada a una serie de elementos adicionales, tales como sistemas de disipación, sistemas de control y protección de ingreso de ; una pequeña balsa de decantación de arenas y limos y una compuerta con aliviadero para regular la entrada de agua.

Figura 5 Esquema típico generación de energía hidroeléctrica



Fuente Minicentrales Eléctricas. IDAE 2006

### 2.2.2.2 Instalaciones de derivación

Existen tres componentes básicos:

- Canal de derivación. Pueden ser exteriores (abiertos o cerrados) o en túnel; los exteriores siguen la morfología del terreno que atraviesan y también se denominan canales de contorno. Su pendiente es la menor posible, normalmente alrededor de un 0,05%, con el fin de mantener la energía potencial del agua. La conducción también puede ser mediante tubería a presión.
- Cámara de carga. Se localiza a la entrada de la cámara, sus dimensiones son variables dependiendo de la necesidad de generación de energía, entrega el agua a la tubería para conducirla hasta la mini central; su función principal es la de proporcionar presión a la tubería de conducción y al mismo tiempo, evitar turbulencia y entradas de aire a la misma.
- Tubería de conducción. Une la cámara de carga con las turbinas. Su trazado responde a la máxima pendiente obtenible y debe resistir la presión de la columna de agua y la sobrepresión producida por el golpe de ariete en el caso de detención abrupta de la turbina. Generalmente son construidas en acero u hormigón reforzado.

### 2.2.2.3 Cuarto de máquinas

Es la estructura que aloja todo el equipo electromecánico, en los que se transforma la energía cinética del agua en energía mecánica y posteriormente en eléctrica. Una normalización del diseño de la casa de máquinas se puede obtener en función de la posición del eje del grupo turbina generador. Este puede ser Horizontal o vertical. En proyectos para pequeñas centrales hidroeléctricas, el grupo de eje horizontal ofrece más facilidades para su montaje y mantenimiento, por tal motivo es el más usado. La transformación de la energía cinética en mecánica, y de mecánica en eléctrica requiere como mínimo dentro de la casa de máquinas de los siguientes equipos:

- Empalme entre la tubería de presión y la entrada a la válvula: Esta reducción empalma la tubería de presión con las dimensiones de la válvula.
- Válvula: Es un elemento que está ubicado entre la tubería de presión y la turbina, permite el paso o el cierre total del flujo del caudal.
- Turbina: Permite la transformación de la energía cinética en mecánica. Dispone de un regular de velocidad que permite ajustar el caudal a la demanda

de energía eléctrica.

- **Generador:** Permite la transformación de energía mecánica en energía eléctrica.
- **Voltaje de inercia:** Se encarga de compensar el momento de inercia del grupo turbina-generador.
- **Subestación:** Debido a que se suelen encontrar recursos hidroenergéticos retirados del centro de consumo, se requiere la transmisión de energía desde la PCH, instalando una subestación.
- **Puente grúa:** Es un elemento conveniente para facilitar la reparación y el montaje de la turbina.
- **Canal de salida de las aguas turbinadas:** El agua procedente de la turbina sale al río por medio de un tubo difusor, también lo puede hacer a través de una galería que se une con un canal.

#### **2.2.2.4 Ubicación. La ubicación de la casa de máquinas se decide teniendo en cuenta los siguientes parámetros:**

- Debe colocarse cercana al afluente.
- Tener en cuenta que en el canal de desagüe no se acumulen sedimentos que disminuyan la sección.
- Zonas con terrenos estables, y fuera del alcance de riadas.
- Un lugar con buena cimentación
- Prever una posible ampliación
- Facilidad de acceso
- Facilidad de adquirir terrenos
- Un factor principal en la ubicación de la casa de máquinas es que la disposición de los equipos armonice con el panorama exterior.

#### **2.2.2.5 Canal de descarga**

Su finalidad es retornar el agua turbinada al río sin que produzca una erosión excesiva en el cauce. Puede estar presente o no.

#### **2.2.2.6 Válvulas**

Las válvulas antes de la turbina se utilizan para el cierre del caudal a través de la turbina y para operaciones de reparación. Existen varias clases de válvulas; a continuación mencionaremos tres de ellas:

- **Válvula mariposa.** Básicamente es una extensión de la tubería dentro de la cual se coloca un disco en forma de lente montado en el eje central. Para operar este tipo de válvula se requiere poca fuerza, ya que la corriente en cada mitad del disco está prácticamente balanceada. Es importante que sea

cerrada lentamente, para no originar un golpe de ariete en la tubería.

- **Válvula de compuerta.** Está compuesta por un disco metálico que sube y baja a voluntad y que está ubicado en el cuerpo de la válvula. Para altas presiones el operar las válvulas de gran diámetro requiere de una fuerza importante. Por esto cuando se coloca una válvula grande, en la parte inferior de la tubería se coloca también una pequeña válvula de by-pass para conectar el lado de la alta presión con el de baja presión.
- **Válvula esférica.** “La válvula esférica es prácticamente la continuación de la tubería de presión está compuesta por una esfera hueca por donde fluye el caudal. Se caracteriza por tener bajas pérdidas y un cierre hermético que evita la cavitación”.

### 2.2.2.7 Turbinas<sup>1</sup>

Uno de los elementos principales que conforman una pequeña central hidroeléctrica, del cual depende en su mayor parte el rendimiento y el buen servicio del proyecto es la turbina.

Las turbinas son los mecanismos encargados de transmitir toda la energía mecánica del agua a los generadores para ser transformada en energía eléctrica. La elección de este equipo está determinada por la caída, el caudal y el esquema a elegir para la central; si ésta es de pie de presa, mixta y por derivación bien en canal o en galería.

En términos generales las turbinas comprenden unos elementos fijos y de regulación que dirigen el agua hacia una rueda móvil, cuya potencia mecánica se transmite a un eje motor, en el generador el cual transforma la energía.

Las turbinas de impulsión radial y parcial pelton, Francis, Kaplan u Ossbergar, utilizadas actualmente, han sido técnicamente estudiadas desde hace mucho tiempo, y se caracterizan por aprovechar tanto la energía potencial como la energía como la energía cinética.

La turbina Pelton se utiliza preferentemente con grandes alturas de embalse y pequeños caudales de paso. Las turbinas Francis tiene un campo de aplicación amplio en caudales de paso medio, mientras que en caudales de paso de tamaño similar pero con menores alturas de caída se utilizan las turbinas Kaplan. Para pequeñas potencias y disponibilidades de agua sujetas a grandes fluctuaciones

---

<sup>1</sup> MORA y HURTADO Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidráulicas como parte de sistemas híbridos. U Javeriana

las turbinas de impulsión radial y parcial son más adecuadas. La eficiencia y los costos de las turbinas convencionales han alcanzado ya su límite. No puede decirse lo mismo del desarrollo de turbinas.

Para el aprovechamiento de pequeños saltos de agua. Nuevos materiales minimizan las necesidades de agua y cemento, reduciendo los costos y acortando los tiempos de construcción.

Podrían generarse mediante pequeñas centrales hidroeléctricas con una producción de 100 a 1000 KW cada una. La inversión necesaria para proveer este tipo de electricidad es alta, aproximadamente us\$1500 por kw a instalar.

Otra posibilidad interesante es la utilización de generadores asíncronos (motores convencionales operados como generadores) para complementar las pequeñas centrales hidroeléctricas cuando aumenta la demanda. Estos grupos requieren menores costos iniciales y presentan ventajas técnicas de operación.

En las pequeñas centrales hidroeléctricas de las zonas bajas es posible utilizar turbinas Kaplan o Michel-Banki de rodete largo para producir de 100 a 200 KW.

Otras posibilidades hidroenergéticas incluyen las ruedas hidráulicas que cuando no se dispone de energía eléctrica, pueden fácil y convenientemente generar energía mecánica para ciertas industrias como molinos de granos, carpinterías y trapiches.

Los arietes hidráulicos, que aprovechan la energía cinética del agua para elevar pequeñas cantidades de agua, mediante válvulas de presión regulable, pueden proporcionar agua para uso doméstico y para fines agrícolas en zonas ligeramente más elevadas que los recursos de agua adyacente.

Los sistemas hidroeléctricos relativamente pequeños pueden abastecer de energía a pequeños poblados. La fuente de agua puede ser un arroyo, un canal u otra forma de corriente que pueda suministrar la cantidad y la presión de agua necesarias, a través de la tubería de alimentación, para establecer la operación del sistema hidráulico.

### **2.2.3 Características generales de las turbinas.**

#### **2.2.3.1 Turbina Pelton:**

- Es una turbina de acción, de flujo tangencial, formada por una o más toberas y

un rodete provisto de un determinado número de cucharas.

- El rango de aplicación de las turbinas Pelton está delimitado a velocidades específicas bajas. Cabe decir que aprovecha grandes saltos y caudales reducidos, pudiéndose obtener eficiencias de orden del 85%.
- Para su fabricación requiere de una planta industrial que cuente con: fundición, equipos de soldadura y corte, máquinas herramientas básicas como torno, cepillos y taladro. Generalmente se fabrica el rodete y las toberas por fundición.

#### **2.2.3.2 Turbina Michell-Banki.**

- Es una turbina de acción de flujo transversal, entrada radial y admisión parcial, formada por un inyector y un rodete provisto de un número determinado de álabes curvos.
- El rango de aplicación está entre las Pelton de doble tobera y la turbina Francis rápida trabajando principalmente con saltos y caudales medianos, pudiendo obtener eficiencias del orden del 80% y generando potencias hasta de 1000 KW.
- Posee una geometría que facilita su fabricación y que la caracteriza como la turbina de más bajo costo.
- Para su fabricación se requiere de una planta industrial que cuente con equipo de soldadura, corte y máquinas herramientas básicas como torno, cepillo y taladro. Se puede fabricar a base de planchas soldadas.

#### **2.2.3.3 Turbina Francis.**

- Su aplicación está delimitada a velocidades específicas medias, operando al igual que la turbina Michell Banki, con saltos y caudales medianos. Su eficiencia está comprendida entre 83% y 90%.
- Para su fabricación se requiere de una planta industrial que cuente con fundición, equipos de soldadura, corte y máquinas herramientas.

#### **2.2.3.4 Turbina Axial**

- Es una turbina de reacción de flujo axial estando su sistema de regulación de

velocidad incorporado en el rodete en el caso de la variante denominada Kaplan.

- Su rango de aplicación está delimitado a velocidades específicas bastante altas. Operando con saltos muy pequeños y grandes caudales. Puede alcanzar hasta el 90 % de eficiencia.
- Para su fabricación se requiere de una planta industrial que cuente con fundición, equipos de soldadura, corte y máquina herramienta.

#### **2.2.3.5 Otras turbinas**

##### **Turgo:**

- Equivalente a Pelton de varios inyectores
- Fuerte empuje axial

##### **Tubular:**

- Apta para pequeñas cargas
- Alta velocidad de empalamiento

##### **Bulbo:**

- Apta para pequeñas cargas
- Alta velocidad de empalamiento

##### **Straflow:**

- Muy compacta
- Apta para pequeñas cargas
- Alta velocidad de empalamiento

No se fabrica para potencias pequeñas

#### **2.2.3.6 Generadores<sup>2</sup>**

El alternador o generador es una máquina rotativa que recibe energía mecánica de la turbina y la transforma en eléctrica. Este equipo se caracteriza porque está

---

<sup>2</sup> MORA y HURTADO Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidráulicas como parte de sistemas híbridos. U Javeriana



formado por un estator fijo y un rotor conectado al eje de la turbina.

## **Características generales**

### **Alternadores.**

Son generadores sincrónicos diseñados con regulador de tensión y refuerzos en las bobinas para que estén en capacidad soportar velocidades de empalme de la turbina.

- Por razones económicas, en pequeñas centrales hidroeléctricas se recomienda la utilización de alternadores de dos o cuatro polos.
- Para su fabricación se requiere una planta industrial electromecánica que cuente con equipos para embobinar soldadura y corte y máquinas herramientas universales.

### **Generadores de inducción**

- Son motores de inducción que operan como generadores en forma autónoma o en paralelo con un alternador.
- Para su fabricación sólo se requiere una adaptación de motores eléctricos existentes, que la puede hacer el mismo fabricante.

#### **2.2.3.7 Instalaciones**

La potencia instantánea que se obtiene en una mini central es directamente proporcional a la altura del salto de agua y al caudal turbinado. Estas magnitudes son fundamentales para plantear la instalación de una planta de producción hidroeléctrica.

La altura del salto es la distancia vertical de desplazamiento del agua en el aprovechamiento hidroeléctrico. Se deben tener en cuenta tres definiciones:

- Salto bruto, o distancia comprendida entre el nivel máximo aguas arriba del salto y el nivel normal del río donde se descarga el caudal turbinado
- Salto útil, o desnivel comprendido entre la superficie libre del agua en el punto de carga y el nivel de desagüe de la turbina
- Salto neto, o altura del salto que impulsa la turbina y que es igual al salto útil menos las pérdidas de carga producidas a lo largo de la conducción forzada.

En las mini centrales de tipo fluyente el rendimiento hidráulico permanece constante, pero el caudal que se turbinada es muy variable y dependerá del nivel del río, en consecuencia la potencia disponible (potencia instantánea) está directamente relacionada con el caudal instantáneo del río. En las de regulación, el caudal turbinado es constante.

El caudal máximo que puede turbinar una mini central se denomina caudal de equipamiento o caudal nominal. Caudales superiores no son utilizables y son vertidos al río. Al mismo tiempo existe un caudal mínimo a partir del cual la mini central deja de ser rentable operativamente. Este caudal mínimo es proporcional al caudal de equipamiento, y su relación es un coeficiente que depende del tipo de turbina instalada. El caudal de equipamiento se elige de forma que el volumen de agua turbinada a lo largo del período de explotación previsto sea máximo.

De este modo, la potencia nominal o de diseño de una mini central resulta de la siguiente ecuación:

$$P_n = 9,8 Q_n H_n \eta$$

donde "Pn" es la potencia nominal medida en KVA (kilo-voltio-amperios, unidad de medida de potencia instantánea); "9,8" es la aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>; "Qn" es el caudal de equipamiento o caudal nominal, en m<sup>3</sup>/s; "Hn" es la altura de salto neto, en metros; "η" son los rendimientos de los equipos (adimensionales).

### **2.2.3.8 Caudales de servidumbre**

El potencial hidroeléctrico bruto de una cuenca hidrográfica es el resultado de la escorrentía natural del agua expresada en términos de energía potencial a través de los desniveles topográficos. El potencial técnicamente explotable se deduce del anterior considerando las pérdidas inevitables de escorrentía, los estudios de viabilidad técnica y los rendimientos propios de los equipos hidráulicos, mecánicos y eléctricos.

En la actualidad en los proyectos hidroeléctricos se prevé la necesidad de conservar caudales ecológicos que permitan mantener un balance mínimo de aguas debajo de las estructuras de almacenamiento y conducción, hasta el sitio de confluencia con las aguas de generación. Aunque esta condición solo aplica a proyectos de gran generación en donde las presas almacenan grandes volúmenes de aguas

Por otra parte, en algunos casos la operación de la mini central se caracteriza por períodos de turbinado con caudales próximos a los equipos y períodos de inactividad hasta recuperar el nivel de agua en el azud y/o en la cámara de carga.

En otros casos es la propia red la que suspende la generación en momentos de exceso de oferta de potencia.

El criterio para calcular el caudal mínimo es el de la conservación del funcionamiento o dinámica del ecosistema fluvial (Docampo & G. de Bikuña, 1993; Correa Lloreda, 1996); es decir, que no afecte el comportamiento normal del río en diferentes épocas del año (COB, 1995).

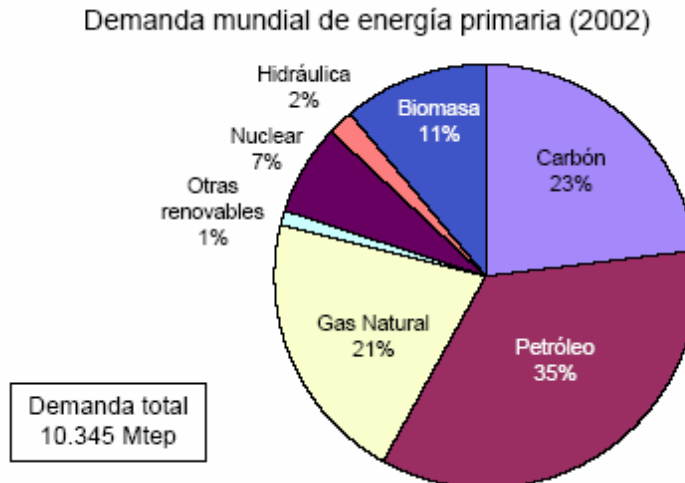
Al mismo tiempo, también se debe establecer un modelo de gestión hidrobiológica del tramo de río afectado por la actividad de la mini central hidroeléctrica: subtramo de extracción de caudal + subtramo de afección de los caudales ya turbinados.

### 2.3 CONTEXTO MUNDIAL

Un gran porcentaje del sistema energético actual a nivel mundial, está basado en la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral, energía termonuclear y el gas. La generación de energía a partir de estas materias está siendo ampliamente replanteada por varias razones: son recursos limitados que se encuentran en puntos concretos del planeta, su uso a gran escala está provocando graves efectos sobre el medio ambiente y la salud de los seres humanos y se están agotando las reservas naturales comprometiendo el futuro de las nuevas generaciones.

La sociedad es cada vez más consciente sobre la necesidad de proteger el medio ambiente y emplear métodos no contaminantes de producción de energía.

Gráfica 2 Demanda mundial de energía



La temperatura media de la Tierra ha sufrido un aumento durante el siglo XX de

0,6 ± 0,2 °C, además existe una disminución de la cobertura del hielo ártico y un aumento de la frecuencia e intensidad de desastres naturales como huracanes, sequías y lluvias torrenciales.

Estos hechos han provocado que en las dos últimas décadas se firmen compromisos políticos internacionales basados en un modelo de desarrollo sostenible:

Cumbre de las Naciones Unidas de Río de Janeiro (1992) –donde surgió el plan de acción Agenda 21– y de Johannesburgo (2002); Protocolo de Kioto, adoptado en la Convención Marco del Cambio Climático de las Naciones Unidas de 1997 y ratificado en febrero de 2005; Declaración del Milenio (2000); y Plan de acción de la Conferencia de Bonn sobre Energías renovables de junio de 2004.

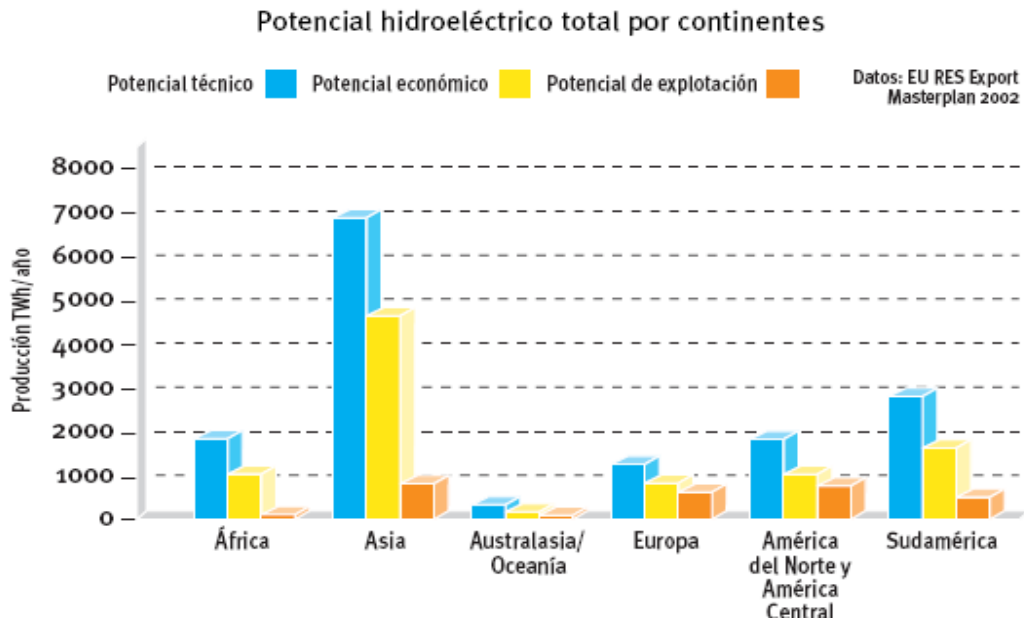
### **2.3.1 Energía hidroeléctrica**

El índice de consumo mundial de energía comercial es miles de veces inferior a los flujos de energía que recibe la Tierra procedente del Sol. La energía hidroeléctrica que indirectamente proviene de la energía solar, comparte las ventajas de ser autóctona, limpia e inagotable como el resto de las energías renovables.

La producción anual media de energía hidroeléctrica a nivel mundial es de 2.600 TWh, lo que representa aproximadamente el 19% del total de la energía eléctrica producida. La potencia hidroeléctrica instalada en todo el mundo asciende a 700 GW.

A gran escala esta fuente de energía tiene un campo de expansión limitado, ya que en los países más desarrollados la mayoría de los ríos importantes ya cuentan con una o varias centrales, y en los países en vías de desarrollo los grandes proyectos pueden reñir con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social.

Gráfica 3 Oferta mundial de energía



Fuente Minicentrales Eléctricas. IDAE 2006

A menor escala, la generación de electricidad con mini centrales hidroeléctricas ofrece posibilidades de crecimiento, debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías.

A pesar de la existencia de este tipo de alternativas, la Agencia Internacional de la Energía, concluye que mientras aumentan las previsiones de crecimiento del consumo de petróleo, bajan las reservas a nivel mundial.

El uso de petróleo en la generación de energía crea una dependencia exterior de los países importadores, haciendo a la vez vulnerable su sistema energético frente a posibles crisis del sector petrolero. Además, el incremento del precio del crudo y el gas crea tensiones en el mercado eléctrico. Por todo esto, las energías renovables se convierten en una fuente segura de energía, que minimiza la dependencia energética del exterior, al permitir mayor autonomía de los sistemas energéticos nacionales.

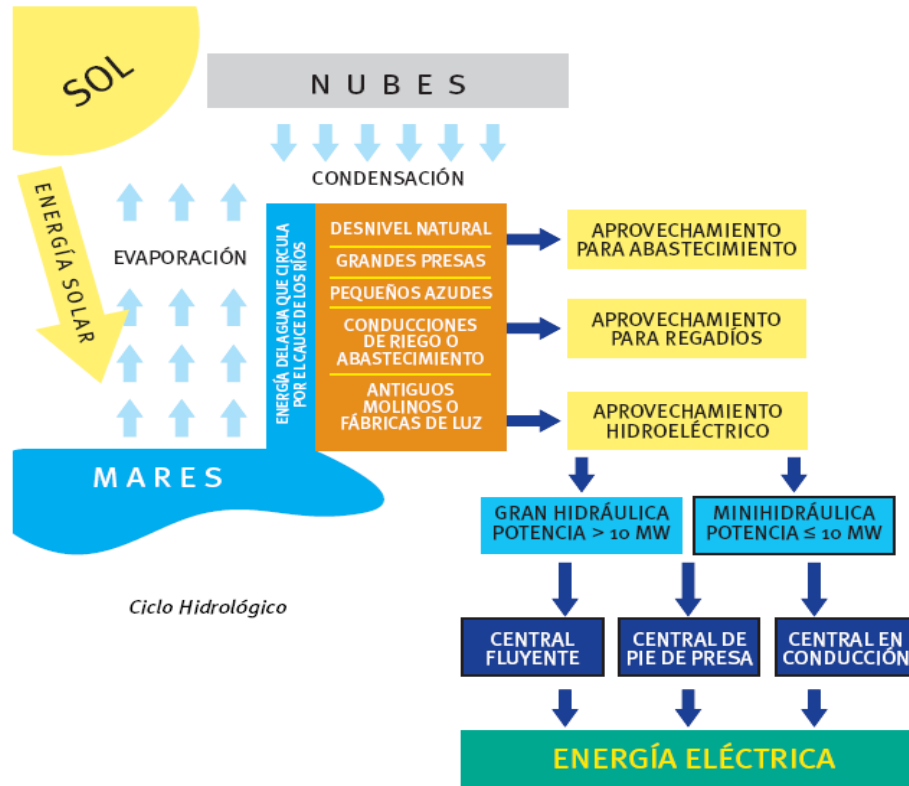
### 2.3.2 Características de la energía hidroeléctrica

La superficie terrestre está cubierta en un 71% de agua. La energía hidroeléctrica proviene indirectamente de la energía del sol, responsable del ciclo hidrológico natural. La radiación que procede de las fusiones nucleares que se producen en el sol calienta la superficie terrestre, ríos, lagos y océanos, provocando la evaporación del agua.

El aire caliente transporta el agua evaporada en forma de nubes y niebla a distintos puntos del planeta, donde cae nuevamente en forma de lluvia y nieve. Una parte de la energía solar permanece almacenada en el agua de los ríos, los lagos y los glaciares.

Las centrales y mini centrales hidroeléctricas transforman esa energía en electricidad, aprovechando la diferencia de nivel existente entre dos puntos. La energía se transforma primero en energía mecánica en la turbina hidráulica, ésta activa el generador, que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Figura 6 Ciclo hidrológico



Fuente Minicentrales Eléctricas. IDAE 2006

## 2.4 ENERGÍA Y LAS FLORES

### 2.4.1 Comparativo energético internacional

Este comparativo se realiza frente a Holanda por ser el país de mayor producción y Ecuador, país que recientemente ha entrado con fuerza en el mercado. En la Tabla 3, se observa el comparativo anual a nivel internacional del consumo de energía del sector floricultor.

Tabla 4 Consumo energético por sectores agroindustriales

Comparativo anual de consumo energético							
País	Cantidad Producida (CP)	Valor de la producción (VP)	PIB Agrícola (PIB)	Participación subsector PIB agrícola (PSP)	Consumo Energético agricultura (CEA)	Consumo energético subsector (CES)	Consumo energético específico (CEE)
	TON	US\$	US\$	%	KWh	KWh	KWh/Ton
Holanda	352.941,2	7.219.800.000	46.318.320.000	15,59%	45.101.140.000	7.030.073.858	19.918,5
Ecuador	119.931,8	426.010.538	1.684.463.000	25,29%	93.040.000	23.530.360	196,2
Colombia	209.408,0	718.000.000	11.418.876.000	6,29%	20.492.060.000	1.288.506.774	6.153,1

Nota: donde PSP= VP/PIB; CES = CEA\*PSP; CEE= CES/CP

Fuente: Ministerie Van Buitenlandse Zaken; Servicio de Información y Censo Agropecuario - Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca y; Asocolflores.

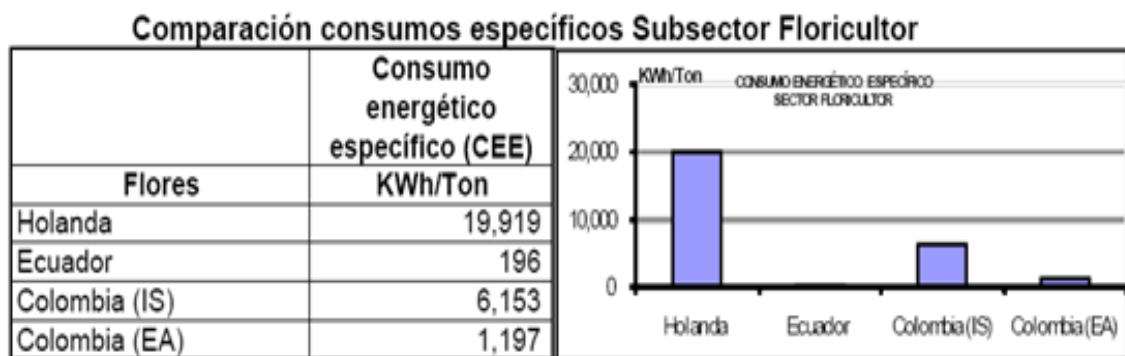
Las diferencias observadas, alto consumo de energía en Holanda se pueden explicar teniendo en cuenta que es un país ubicado en el Norte de Europa, con temperatura promedio durante el año por debajo de los 20°C, y una estación invernal que se prolonga por más de tres meses haciendo que la temperatura descienda por períodos prolongados por debajo de 5°C, temperatura en la que comienzan a presentarse pérdidas del cultivo por heladas. Por esta razón es necesario mantener los cultivos climatizados explicando de esta forma el alto consumo energético por unidad de producción.

En el caso del Ecuador la situación es contraria; a nivel de energía se sabe que es un país deficitario. A nivel de Floricultura su diversidad se limita a rosas, heliconias y protéas (cultivos más representativos) que no necesitan foto período lumínico nocturno; mientras que Colombia se ha especializado en rosas, clavel chrisantemum, pompom y gipsophyllia; estos tres últimos necesitan foto período lumínico, lo que explica la diferencia en los niveles de consumo energético por unidad de producción; además de esto algunos de los cultivos en Colombia necesitan un mayor suministro de agua, la cual es obtenida por bombeo de pozo profundo, para esto se necesitan bombas eléctricas para suministrar permanentemente agua a los cultivos.

Otro factor es que la disposición de luminosidad en las zonas floricultoras del Ecuador es mayor que la de las zonas floricultoras colombianas lo que reduce el período de producción de 90 a 60 días.

En el subsector floricultor se comparan los consumos específicos de Holanda, Ecuador, Colombia obtenido a partir de información secundaria (IS) y por último Colombia obtenido a partir del presente estudio (EA), como puede observarse en la tabla siguiente:

Tabla 5 Valores comparativos del sector floricultor



Las diferencias se explican en cuanto que Holanda está influida por las estaciones de invierno y Ecuador por su situación en el trópico con una baja tecnificación y producción de flores que no requieren de extensión de iluminación diaria.

#### 2.4.2 Consumo de energía en Colombia por subsectores agroindustriales

A continuación se tabulan algunos indicadores de consumo energético en diferentes actividades agroindustriales en Colombia:

Tabla 6 Consumo energético mensual por subsectores

**Consumo energético por subsector agroindustrial (kWh)**

Subsector	kWh-mes
1 Floricultor Nacional	105.427.222
2 Producción Leche	47.699.111
3 Cultivo de Caña y Producción de azúcar	1.299.411.667
4 Cría de aves de corral	92.268.823
5 Producción de Huevos	5.211.842
6 Cría de ganado vacuno	2.932.571
7 Matanza de ganado vacuno	13.555.784
8 Preparación de carnes frías y envasadas	3.060.399
9 Trilla de arroz	93.841.067
10 Producción de harina	77.290.573
11 Cultivo de cereales	3.636.570
12 Elaboración de productos alimenticios diversos	78.156.773
13 Elaboración de productos para animales	53.728.197
14 Plantación, repoblación y conservación de bosques	9.777.915
15 Cultivo de palma	75.624.299
16 Fruticultor	2.397.723
17 Trilla de café	3.081.506
18 Actividad agropecuaria o mixta	12.582.231

Fuente: Elaborado por Unión Temporal AGROPLAN

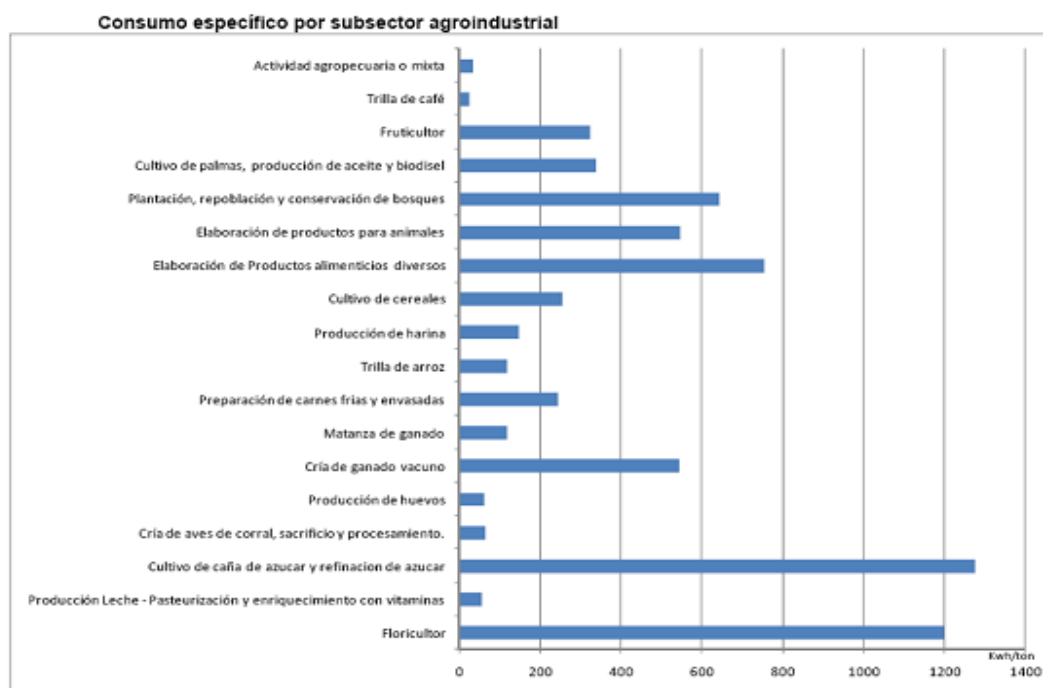


Tabla 7 Consumo energético específico por subsectores

Consumo específico por subsector agroindustrial			
No.	SUBSECTOR	Consumo específico	
		Valor	Unidad
1	Floricultor	1197	kWh/t
2	Producción Leche - Pasteurización y enriquecimiento con vitaminas	54	kWh/Hlt
3	Cultivo de caña de azúcar y refinación de azúcar	1290	kWh/t
4	Cría de aves de corral, sacrificio y procesamiento.	61	kWh/t
5	Producción de huevos	59	kWh/t
6	Cría de ganado vacuno	541	kWh/t
7	Matanza de ganado	118	kWh/t
8	Preparación de carnes frías y envasadas	243	kWh/t
9	Trilla de arroz	116	kWh/t
10	Producción de harina	147	kWh/t
11	Cultivo de cereales	253	kWh/t
12	Elaboración de Productos alimenticios diversos	754	kWh/t
13	Elaboración de productos para animales	536	kWh/t
14	Plantación, repoblación y conservación de bosques	641	kWh/t
15	Cultivo de palmas, producción de aceite y biodisel	336	kWh/t
16	Fruticultor	322	kWh/t
17	Trilla de café	22	kWh/t
18	Actividad agropecuaria o mixta	32	kWh/t

Fuente: Elaborado por Unión Temporal AGROPLAN

Gráfica 4 Consumo energético específico por subsectores



Fuente: Elaborada por Unión Temporal AGROPLAN.

En los cuadros y gráfica anteriores, se puede observar que el consumo de energía por unidad producida es muy alta en la industria de procesamiento de la caña de azúcar y seguido del sector floricultor.

En este sentido, el objetivo de este proyecto busca reducir el costo de producción, disminuyendo el costo del KW consumido por medio de la autogeneración con la mini central hidroeléctrica.

Ya que el sector floricultor presenta una alta demanda de energía a nivel agroindustrial, se puede afirmar que es un gran consumidor de energía, por consiguiente el proyecto pretende aliviar un sector de alta participación en la balanza comercial; a su vez este proyecto se puede replicar en los diferentes cultivos industriales y puede ser de alta demanda.

Es de destacar que el tipo de generación a implementar reduce los impactos al medio ambiente al no requerir la construcción de grandes embalses.

### **2.4.3 Caso específico del cultivo industrial de flores Jardines el Ochuval**

Jardines El Ochuval es una empresa, dedicada al cultivo y exportación de claveles y pompones. Posee invernaderos con iluminación artificial, en la zona de post-cosecha poseen cuartos fríos para el almacenamiento de flores para su posterior exportación.

Cuenta con cuatro invernaderos o galpones con un total de 600 camas las cuales son atendidas cada 3 ó 4 hileras por una instalación de 10 u 11 bombillas de 200 W, llamadas guirnalda; para un total de 50 unidades. En total se tienen 950 bombillas, las cuales están programadas para iluminar durante 5 minutos cada 25 minutos, se tienen 6 turnos programados, lo que implica que se iluminan al tiempo 160 bombillas en cada turno. Lo que demanda un consumo de energía de 32,000 W, que equivalen a 32 KW por 11 horas.

A continuación se muestran los porcentajes de consumo en cada una de las actividades de procesamiento de la flor:

Gráfica 5 Consumo energético Jardines Ochuval

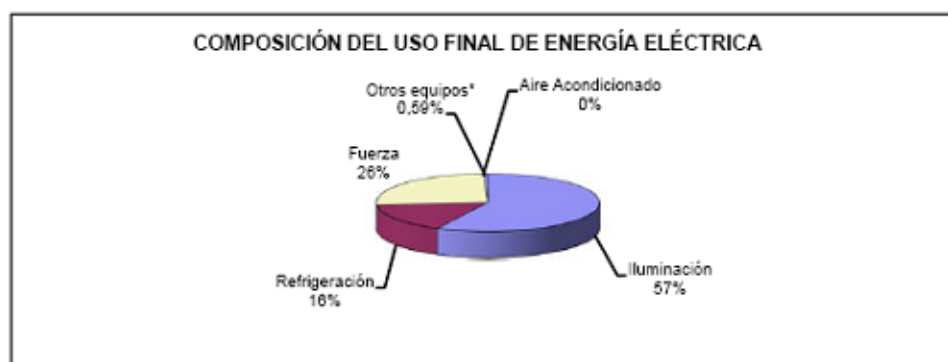
COMPOSICIÓN DEL USO FINAL DE ENERGÍA ESTIMADA

Uso Final	Consumo	Unidad	%
Iluminación	5445.78	kWh/día	57%
Refrigeración	1501.67	kWh/día	16%
Fuerza	2471.57	kWh/día	26%
Aire Acondicionado	0.00	kWh/día	0%
Otros equipos*	55.59	kWh/día	1%
<b>TOTAL</b>	<b>9474.61</b>	<b>kWh/día</b>	<b>100%</b>

\* Otros equipos como computadores, fotocopiadoras, etc.

Consumo mensual estimado a partir de visita y mediciones	265289 kWh/mes
--	----------------

Diferencia entre consumos a partir de mediciones, visita técnica y facturas	3.75%
---	-------



ÁREAS

Naves de Cultivo	48,86	ha
Edificaciones y espacio libre*	20,94	ha
<b>Área Total</b>	<b>69,8</b>	<b>ha</b>

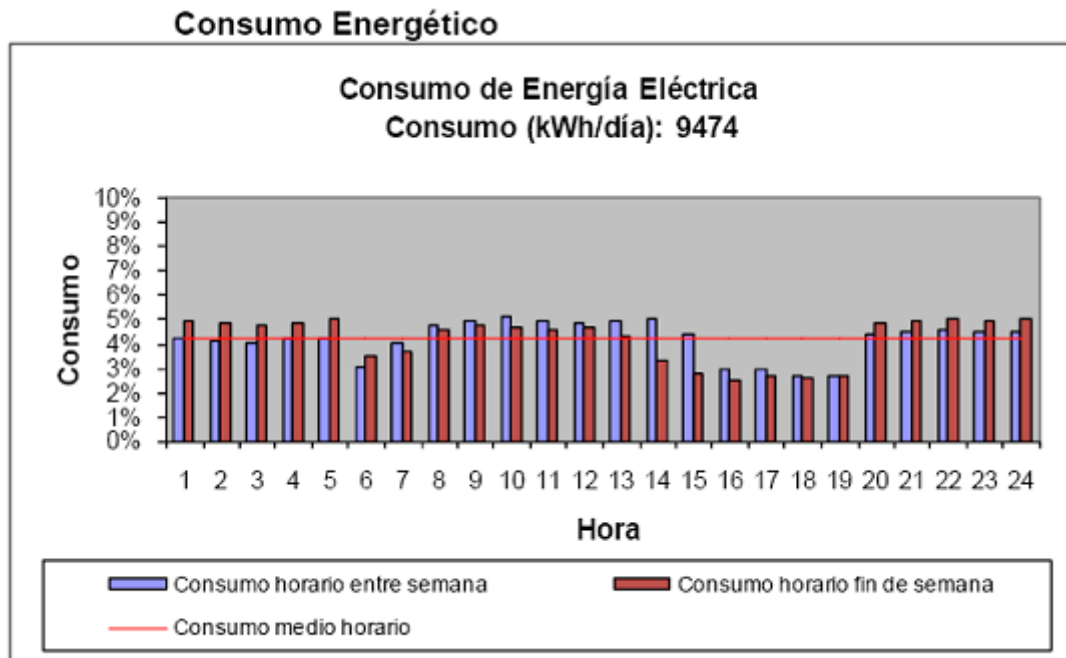
ÍNDICES

Consumo de Energía por Área	3949 kWh/mes/ha
-----------------------------	-----------------

- **Comportamiento de la curva de Carga**

En la siguiente gráfica se muestra la curva de carga; se observa que los menores consumos están en las primeras horas de la mañana (6 y 7), y en las horas de la tarde (de las 16 a las 19) tanto entre semana como para fin de semana.

Gráfica 6 Consumo energético por hora



### 3. VARIABLES RELEVANTES

Tabla 8 Variables destacadas

<b>Hipótesis: Se puede reducir el costo de producción de un cultivo de flores industrial, a partir del aprovechamiento hidráulico de pequeñas caídas, mediante la implementación de una minicentral de generación de energía</b>	
<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>
Costos de producción	Facturación por consumo de energía
Caudal de generación	Medición directa
Salto o diferencia de niveles	Planos topográficos y medición directa
Consumo de energía	KWH requerido según la fenología de la planta

#### 3.1 BASES LEGALES

##### 3.1.1 Marco normativo de aplicación a las PCH

###### 3.1.1.1 Resolución 086 de 1996 comisión de regulación de energía y gas

Por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

###### 3.1.1.2 Resolución 55 de 1995 comisión de regulación de energía y gas

Por la cual se adoptan decisiones en materia de tarifas de energía eléctrica y otras disposiciones de transición

##### 3.1.2 Marco regulatorio aplicado a las PCHs

- Resolución 086 de 1996: En la cual se establece que las Plantas Menores con capacidad efectiva menor de 10 MW, no tendrán acceso al Despacho Central y por lo tanto no participarán en el Mercado Mayorista de electricidad. Así mismo se establece que las Plantas Menores con Capacidad Efectiva mayor o igual a 10 MW y menor de 20 MW podrán optar por acceder al Despacho Central, en cuyo caso participarán en el Mercado Mayorista de electricidad, de tomar esta opción, deberán cumplir con la reglamentación vigente.
- Resolución 24 de 1995: En el Anexo A3 de ésta resolución se establece que

los generadores no despachados centralmente, no se consideran para propósitos de fijar el precio de bolsa, sin embargo la parte de su generación inyectada al sistema (no contratada) debe ser pagada al precio de la energía en la bolsa.

- Resolución CREG-055-1994: Esta resolución establece las normas aplicables a la actividad de generación en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) para las plantas de más de 10 MW de capacidad efectiva total, que decidan ser despachadas centralmente, o que tengan una capacidad efectiva superior a 20 MW y que no pertenezcan a la categoría de los Autogeneradores (artículo 2° de esta resolución).
- Resolución CREG 116 de 1996. Esta resolución establece los criterios sobre los cuales opera el cargo por capacidad, para las plantas que sean despachadas centralmente (capacidad instalada superior a 20 MW y los superiores a 10 MW que decidan acogerse al despacho central).

Gráfica 7 Marco legal



### 3.1.3 Marco jurídico relevante para floricultura

#### 3.1.3.1 Normatividad Ambiental

En los últimos 30 años, la protección de la salud de los humanos y la responsabilidad ambiental han sido preocupaciones prioritarias para las naciones

industrializadas en el mundo. Es así como la puesta en marcha de acciones que protejan el medio ambiente lejos están de ser un ideal refrendado en el lema de un movimiento verde, como muchos lo creen.

De esta forma, en tiempos pretéritos, ya se conjugaban las primeras acciones en el ámbito de las Naciones Unidas, empresarios, gobiernos, científicos, en torno al tema medio ambiental.

En el plano Empresarial y Económico, no menores han sido los esfuerzos desarrollados en estos últimos treinta años, es así, que se tiene un sin número de conferencias en torno al tema ambiental, como lo son: la conferencia Mundial sobre el Manejo del Medio Ambiente en Paris -1984, 1989, Declaración Ministerial de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (Bergen 1990), En este contexto se puede citar en torno a los esfuerzos gubernamentales en 1972 la primera conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente celebrada en Estocolmo - Suecia, fue la primera iniciativa hacia el control ambiental global y en ella se establecieron una serie de principios guía para inspirar y guiar a los pueblos del mundo en la conservación y fortalecimiento del entorno humano.

En 1987, la Comisión Mundial para el medio ambiente y del Desarrollo, presidida por la Primera ministro de Noruega, Ghro Harlem Brundtland, en su informe "Nuestro Futuro Común", destacó la importancia de la protección del medio ambiente para el logro del desarrollo sostenible, finalmente, la más importante conferencia de Las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, por el número de países participantes, es la realizada en 1992, en Río de Janeiro, Brasil "Cumbre para la Tierra".

El concepto central de esta conferencia fue el "Desarrollo Sustentable", o sea crecimiento económico, equidad social y preocupación por el medio ambiente.

Por otra parte, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), es un organismo con sede en Ginebra, que nace luego de la segunda guerra mundial y constituido por más de 100 agrupaciones o países miembros. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional. Las normas desarrolladas por ISO son voluntarias, comprendiendo que ISO es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país.

En la década de los 90, en consideración a la problemática ambiental, muchos países comienzan a implementar sus propias normas ambientales las que variaban mucho de un país a otro. De esta manera sé hacia necesario tener un indicador universal que evaluara los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada.

En este contexto, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar a la Cumbre para la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Río de Janeiro - Brasil. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14.000.

Se debe tener presente que las normas estipuladas por ISO 14.000 no fijan metas ambientales para la prevención de contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que, establecen herramientas y sistemas enfocadas a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente.

El documento ISO 14.001 llamado a Sistema de Administración Ambiental - Especificación con Guía para su uso a es el de mayor importancia en la serie ISO 14.000, dado que esta norma establece los elementos del SGA (Sistema de Gestión Ambiental) exigido para que las organizaciones cumplan a fin de lograr su registro o certificación después de pasar una auditoria de un tercero independiente debidamente registrado. En otras palabras, si una organización desea certificar o registrarse bajo la norma ISO 14.000, es indispensable que de cumplimiento a lo estipulado en ISO 14.001.

Para ello se debe tener en cuenta que el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) forma parte de la administración General de una organización, en este sentido, el SGA debe incluir: Planificación, Responsabilidades, Procedimientos, Procesos y Recursos que le permitan desarrollarse, alcanzar, revisar y poner en práctica la Política Ambiental.

En definitiva, esto se refiere a la creación de un departamento - cuyo tamaño dependerá de la magnitud de la organización que funcione como cualquier otro de la organización. Ahora bien, como todo departamento, requiere de sistemas de control que le permitan su permanencia en el tiempo. Los elementos del Sistema de control los describe la norma como:

- Compromiso de la Dirección y la Política Ambiental.
- Metas y Objetivos Ambientales.
- Programa de Control Ambiental, integrado por procesos, prácticas, procedimientos y líneas de responsabilidad.
- Auditoria y Acción correctiva, cuya función radica en la entrega de información periódica que permite la realización de revisiones administrativas y asegurar



que el SGA funciona correctamente.

- Revisión Administrativa, que es la función ejecutada por la gerencia con el objeto de determinar la efectividad del SGA.
- Mejoría Constante, esta etapa permite asegurar que la organización cumple sus obligaciones ambientales y protege el medio ambiente.

En Colombia en materia ambiental hay que destacar el Decreto Ley 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al Medio Ambiente, en donde se busca lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio Nacional. (Art. 2 DL 2811/74).

Por otra Parte, con la Ley 99 de 1993 se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se ordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA y se dictan otras disposiciones. Con esta Ley se pretende colocar al país acorde con los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la declaración de Río de Janeiro de Junio de 1992 sobre Medio Ambiente y desarrollo.

De igual manera se tiene una serie de decretos y leyes que reglamentan la utilización de los recursos naturales y conservación del medio ambiente, como también la obtención de licencias ambientales reguladas por el decreto 1753 de 1994, como también la ley 491 de 1999 por la cual se establece el seguro ecológico se modifica el código penal y se dictan otras disposiciones, la cual busca un mecanismo que permita cubrir los perjuicios económicos cuantificables a personas determinadas como parte o como consecuencia de daños al ambiente y a los recursos naturales y la reforma al código penal en lo relativo a los delitos ambientales.

- **Emisiones atmosféricas**

Tabla 9 Emisiones atmosféricas

Decreto 02 del 11 de enero de 1982 Minsalud	Contiene la legislación de calidad de aire y los niveles permisibles de emisión de partículas.
Decreto 948 del 5 de junio de 1995 Minambiente	Contiene disposiciones generales en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
Decreto 2107 del 30 de noviembre de 1995 Minambiente	Modifica los artículos 25 y 30 del decreto 948 del 5 de junio de 1995, en cuanto al uso de combustibles pesados y quemas abiertas en área rural.
Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 Minambiente	Regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos, calderas de uso comercial e industrial.
Resolución 138 de enero de 1996 Minsalud	Se prohíbe el uso de bromuro de metilo
Resolución 619 del 7 de julio de 1997 Minambiente	Establece parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisiones atmosféricas en los casos de quemas abiertas, chimeneas, calderas, y hornos.
Decreto 903 del 19 de mayo de 1998 Minambiente	Permite la quema controlada en actividades agrícolas en épocas de heladas.
Resolución 68 del 18 de enero de 2001 Minambiente	Modifica parcialmente la resolución 898 de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos, calderas de uso comercial e industrial.

- **Usos del agua**

Tabla 10 Usos del agua

Decreto 1541 del 26 de julio de 1978 Minagricultura	Establece lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos del recurso hídrico.
Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 de Minsalud	Establece los criterios de calidad del agua para consumo humano, uso agrícola e industrial, entre otros.
Ley 373 del 6 de julio de 1997 Congreso	Fija obligaciones a quienes administran o usan el recurso hídrico.
Acuerdo 10 de 1989 de la CAR	Administración del recurso hídrico, incluyendo permiso de exploración de aguas subterráneas y concesiones de aguas superficial y subterráneas.
Acuerdo 106 de 2001 de CORNARE	Reglamenta las actividades relacionadas con el manejo, conservación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas en la subregión de los valles de San Nicolás, integrada por los municipios de El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, Rionegro, y San Vicente.
Acuerdo 08 de 2000 de CAR	Reglamento las tasas por utilización del agua en la jurisdicción de la CAR.

- **Vertimientos**

Tabla 11 Vertimientos

Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 Minsalud	Fija normas para vertimiento en cuerpos de agua y alcantarillado público.
Decreto 901 del 01 de abril de 1997 Minambiente	Reglamenta cobro de tasas retributivas por la descarga directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y establece tarifas por parámetros.
Resolución 4572 18 de septiembre de 1997 CORNARE	Se implementa el proceso de cobro de las tasas retributivas en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional Río Negro-Nare CORNARE.
Acuerdo 15 de 2000 de la CAR	Reglamento las tasas retributivas en la jurisdicción de la CAR.

- **Residuos sólidos**

Tabla 12 Residuos sólidos

Ley 09 del 24 de enero de 1979 Congreso	Establece restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y peligrosos.
Decreto 605 de marzo 27 de 1996 Mindsarrollo	Reglamenta la ley 142 de 1994. En cuanto al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos.
Resolución 2309 del 24 de febrero de 1986 Minasalud	Establece normas para el manejo de residuos sólidos especiales.
Ley 430 del 16 de enero de 1998 Congreso	Reglamenta en materia ambiental la importación de desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

- **Bosque y biodiversidad**

Tabla 13 Bosque y biodiversidad

Resolución 1367 del 29 de diciembre de 2000 Minambiente	Procedimientos para las autorizaciones de importación y exportación de especímenes de la diversidad biológica que no se encuentran en los apéndices de la convención CITES.
Resolución 0454 del 1 de junio de 2001 Minambiente	Reglamenta parágrafo primero del artículo séptimo de la resolución 1367 de 2000, en cuanto la certificación de importación y/o exportación de productos de flora silvestre no obtenidos mediante el aprovechamiento del medio natural.
Acuerdo 53 de 1981 de la CAR	Se adoptan normas en materia de flora silvestre y recurso forestal.
Acuerdo 23 de 1993 de la CAR	Obligación de reforestar márgenes de fuentes hídricas.

## Usos del suelo

Tabla 14 Usos del suelo

Ley 388 de 1997 Congreso	Se reglamentan los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial.
Acuerdo 16 de 1998 de la CAR	Contiene determinantes ambientales para elaboración de los planes de ordenamiento territorial municipal.
Acuerdo 16 de 1998 de CORNARE	Se adoptan los lineamientos y se trazan las directrices ambientales para efectos de la ordenación del territorio en la subregión de los valles de San Nicolás, integrada por los municipios de El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, La Unión, Marinilla, Rionegro, y San Vicente.
Acuerdo 52 de 1999 de CORNARE	Se fijan los lineamientos ambientales para la reglamentación de las llanuras de inundación de las principales corrientes hídricas en las cabeceras de la subregión de los valles de San Nicolás en el oriente del departamento Antioquia.
Acuerdo 093 de 1998 de CORNARE	Se establece los lineamientos ambientales, los cuales deberán ser implementados por los municipios que comprenden la subregión de los Valles de San Nicolás. En razón de la importancia que tiene la presencia de cenizas volcánicas en la conservación de la cantidad y la calidad del recurso hídrico y en la disminución de los procesos erosivos en los suelos.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

Para la obtención de información primaria se desarrollaron dos jornadas de trabajo de campo, en la inicial se ejecuto la labor de topografía de terreno y toma de secciones hidráulicas de la quebrada La Higuera, dicha labor se ejecuto el 7 de junio de 2009. En otra visita posterior el día 17 de junio de 2009 se llevo a cabo el trabajo de hidrometría, toma de registro fotográfico y consultas a la administración municipal, referente a la obtención de los documentos básicos de ordenamiento territorial y consulta cartográfica. Durante las visitas de campo el área administrativa y técnica de Jardines El Ochuval suministraron la base documental de registros históricos de consumo de energía.

La obtención de información documental se llevo a cabo en las oficinas de IGAC de Medellín, en donde se adquirió en forma física y digital la plancha 167-II-A-1. En las oficinas de IDEAM se obtuvieron los registro estadísticos de precipitación de la estación La Unión. El día 15 de julio de 2009 se visito la sección de hidrometría de EPM para la consulta de registros documentales de las estaciones El Retiro y La Fe.

En la fase de consulta temática se consulto al Ingeniero Federico Arango del área de Proyectos de EPM quien tiene amplia experiencia en el diseño de PCH's. Igualmente se realizo solicitud de ofertas comerciales de los equipos electromecánicos con las firmas APROTEC de Cali y Turbinas Delta de Medellín.

Se consultaron profesionales del área de redes de distribución para la definición de las mismas en el caso particular de Ochuval.

Por último se llevo a cabo la labor de oficina y procesamiento de información para la elaboración del documento en las oficinas de La Primavera del Proyecto Hidroeléctrico Porce III.

### **4.1 ESTUDIOS BÁSICOS**

#### **4.1.1 Cartografía**

Para la realización de este estudio se recopilo información cartográfica de la zona del proyecto, acudiendo a estudios regionales y al Instituto Geográfico Agustín Codazzi y fuentes electrónicas bajadas de la red de datos google earth.

En la plancha cartográfica 1:10.000 Plancha 167-II-A-1 se localizo el predio El Ochuval se determino la ubicación a nivel de cuenca, las vías de acceso a la zona,

los ríos, la vegetación y las curvas de nivel y se definieron los porcentajes entre cotas para efectos del análisis de rendimiento hídrico de la cuenca; En base a las curvas de nivel se podrán realizar perfiles de la zona, básicos para trazar los perfiles de una tubería o un canal, al igual que los anclajes.

La información geológica, de división político - administrativas se encontró en planos en escalas pequeñas. También se cuenta con imágenes aéreas que permiten un mejor reconocimiento de la zona. Sobre la base topográfica, se busca determinar la caída del aprovechamiento y ubicar las obras civiles necesarias en el terreno.

La información de los planos cartográficos debe ajustarse con un reconocimiento de campo, para hacer levantamientos adicionales y de esta forma establecer un diseño más detallado para la ubicación de las obras civiles y de las rutas de conducción.

En el reconocimiento de campo se verifica como mínimo la pendiente del río, el ancho y perfil transversal del espejo de agua, el sitio de captación, la distancia de conducción, así como la ubicación de apoyos en caso de una tubería a presión. También se deben verificar con un alfiler las cotas de la toma, el tanque de presión, cuarto de máquinas, y además puntos importantes; se determina el perfil de la caída y el salto bruto, y se hace una revisión general de la orientación de las obras civiles.

#### **4.1.2 Topografía**

Por medio del estudio topográfico se complementa el estudio cartográfico, y nos permitió tener en detalle las características del lugar donde se realizará el proyecto, para la definición de estudio y diseño. La caída neta se puede determinar con estación de precisión con aproximación al milímetro en distancia y en cotas.

#### **4.1.3 Estudio geotécnico**

La evaluación geológica y geomorfológica de la zona donde el proyecto se va a realizar es importante para definir el sitio de construcción de las obras civiles, su cimentación, anclajes y el material disponible para su construcción.

El origen geológico de la zona y de los materiales de suelo aunque no es variable determinante para efectos del proyecto, se considera importante para enmarcar el comportamiento de las construcciones en las condiciones que se deben cumplir de acuerdo con el código de sismo-resistencia.



Para determinar el origen de los suelos, se tuvieron en cuenta los estudios basados principalmente en observaciones de campo e información de la región, y eventualmente, de acuerdo a las necesidades constructivas, en estudios específicos para determinar la ubicación adecuada de la captación y las obras anexas, verificando una buena ubicación para los cimientos; al igual que para constatar la calidad de los suelos para ser usados como materiales de construcción.

## **4.2 MARCO FÍSICO BIÓTICO**

El municipio de La Ceja se encuentra ubicado a 2180 m.s.n.m., correspondiente al piso térmico frío, con una temperatura promedio de 17°C y con un promedio de lluvia anual en la cabecera municipal de 2000 mm; el municipio esta localizado al oriente de la ciudad de Medellín a 41 Km. de distancia, conformada por un corregimiento y 17 veredas. La actividad económica principal es el cultivo de la papa, ganadería y el desarrollo de la agroindustria de las flores.

### **4.2.1 Geología y geomorfología**

En el Oriente Antioqueño, las cenizas volcánicas están presentes con espesores superiores a 1 metro,. Se encuentran en el sector de Guarne - Rionegro - La Ceja - Llano Grande, donde no solo recubren las colinas, sino además llanuras terrazas y abanicos aluviales, como por ejemplo: Las del Río Negro, quebrada La Mosca, La Pereira, etc. Igualmente en los municipios de La Unión, Marinilla, El Carmen de Viboral, Santuario y Sonsón, en este último los espesores pueden alcanzar los 2 m. Fotografía 1

Foto 6 Perfil de suelo característico del valle de San Nicolás, con presencia de cenizas volcánicas en espesores promedio hasta de un metro, sobre arcillas



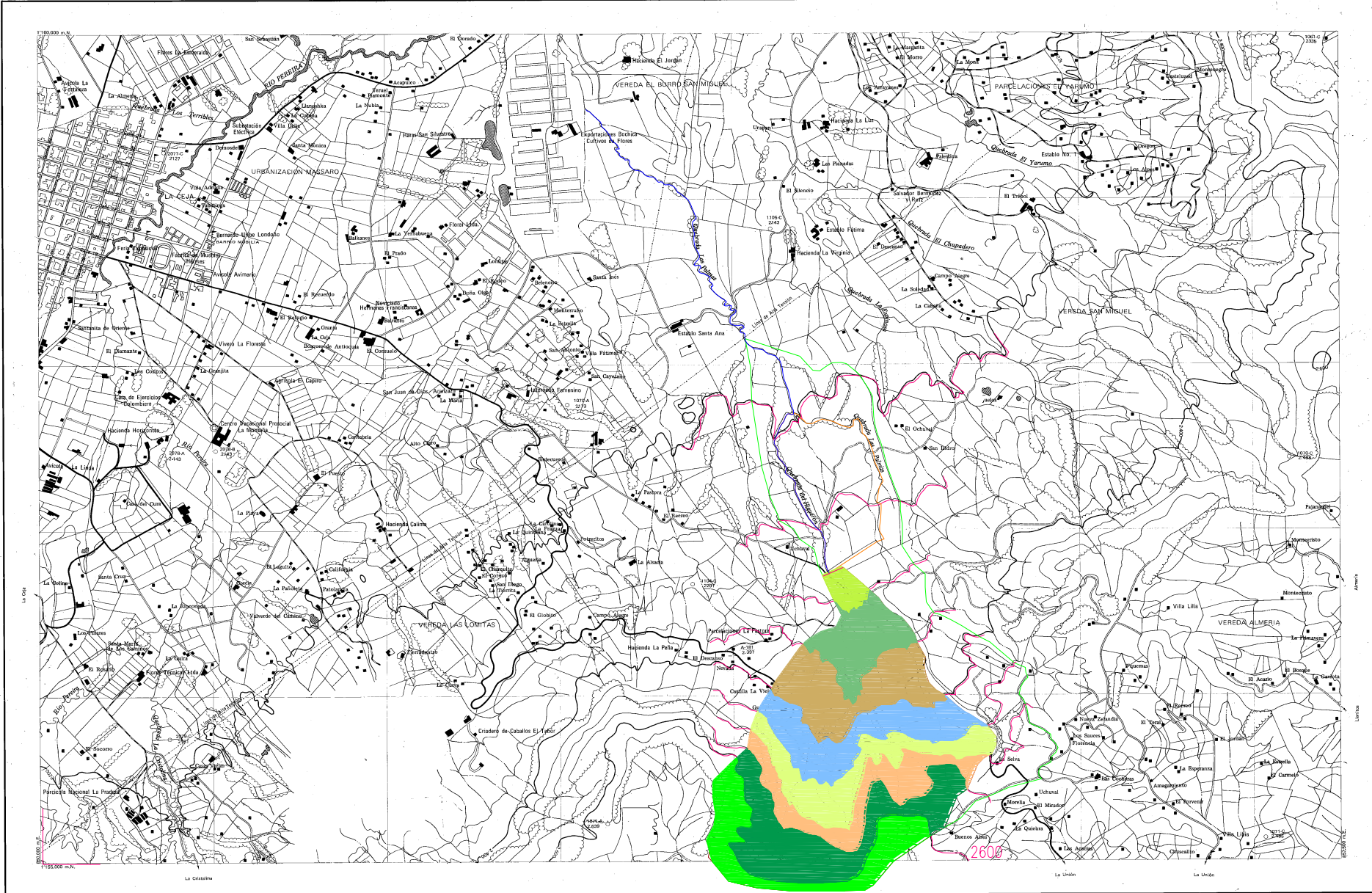
De acuerdo con algunos estudios geológicos adelantados se pueden describir las siguientes unidades geológicas en la zona del municipio de La Ceja:

Figura 7 Plano No. 1. Cuenca de la Quebrada Las Palmas Fuente IGAC: Plano 1:10000 Plancha 167 II-A-

**CARTA CATASTRAL**

PLANCHA 167 II-A-1

REPÚBLICA DE COLOMBIA-DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA



1	2	1	2
3	4	3	4
1	2	1	2
3	4	3	4

Proyecto ejecutado con el apoyo financiero de FONADE Elaborado por el INSTITUTO GEOGRÁFICO "AGUSTÍN CODAZZI".

**SIGNOS CONVENCIONALES**

POPULACIONES	Carretera sin pavimentar, lavadero	Riño de Viento; Borde de Viento
Más de 100.000 habitantes ..... MEDELLIN	Carril de ferrocarril	Mar de Agua
De 25.000 a 100.000 habitantes ..... BELLO	Carretera transitada en horas secas	Linea transmision de energia
De 5.000 a 25.000 habitantes ..... JUNIN	Carretera transitada en tiempo seco en vertederos de bóveda tubocón y cortina	Hotel
De menos de 5.000 habitantes ..... SOPO	Carretera de terraceria, sanitaria	Granja; Pasa; Tarqueo
Comerciante; Inmueble o Caserio ..... Combecho	Finca rural	Sitio de Torraje Algodonero
VIAS	Puerto	Sitio de Torraje Hiedras
Carretera pavimentada, dos o más vías	Ferrocarril	Cementerio
Carretera sin pavimentar, dos o más vías	Teléfono	Casa, Iglesia, Escuela, Mina
Carretera pavimentada, vía simple	Tanque	

Carretera sin pavimentar, lavadero	Riño de Viento; Borde de Viento
Carril de ferrocarril	Mar de Agua
Carretera transitada en horas secas	Linea transmision de energia
Carretera transitada en tiempo seco en vertederos de bóveda tubocón y cortina	Hotel
Carretera de terraceria, sanitaria	Granja; Pasa; Tarqueo
Finca rural	Sitio de Torraje Algodonero
Puerto	Sitio de Torraje Hiedras
Ferrocarril	Cementerio
Teléfono	Casa, Iglesia, Escuela, Mina
Tanque	

DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA  
SECRETARIA DE HACIENDA  
DIVISION DE GATASTRO  
1985

Escala 1:10.000

Equivalente a un cuadro de 25 metros para la zona 800 x 50 del sistema de coordenadas

Fotografías Aéreas ..... 1982  
Clasificación de Campo ..... 1972-1981  
Restitución de Campo ..... 1984  
Revisión ..... 1985

Curso de Ríol; Curso de nivel permanente	Punto Geodésico
Canal; Acopio	Punto Estereofotogramétrico
Río; Quebrada; Quebrada Intermittente	Punto Topográfico
Paso; Mariscal (Bóveda)	Punto de Aproximación
Laguna; Represa	Casa Proprietaria
Quebrada Perenne	Linea Intermunicipal
Cajón; Rapel	Linea Departamental
Arroyo; Faja	Linea Municipal
Resaca; Arroyo	

**ABREVIATURAS**

Aldea	Asp.
Barrio	Barr.
Caserío	Cas.
Cerro	Cer.
Comuna	Com.
Corporación	Corp.
Finca	Fin.
Granja	Gr.
Hacienda	Hac.
Municipio	Mun.
Parque	Par.
Quebrada	Qbr.
Río	R.
Sitio	Sit.
Unión	Un.
Vía	V.

PLANCHA 167-II-A-1

#### **4.2.1.1 Terrazas y Depósitos Aluviales:**

Asociadas principalmente al río Negro y a las quebradas La Mosca, Marinilla, Cimarrona y La Pereira. Durango (1975) definió cinco niveles de terrazas, Page y James (1981) identificaron ocho y Hoyos et al. (2001) proponen uno adicional por encima del más alto, es decir, nueve niveles de terrazas. Los depósitos están constituidos, generalmente, por gravas y arenas con un contenido menor de limos y arcillas. Estos depósitos constituyen la principal unidad hidrogeológica del oriente antioqueño (Universidad Nacional – CORNARE, 1997)

En el caso específico de la terraza de Llanogrande, Hoyos y otros (2001) la denominaron la número seis (6) y la describen así “Esta, la más extensa de todas las terrazas identificadas, ocupa la zona conocida como Llano Grande, en la cota 2125, con una ligera pendiente hacia el Este.

Los depósitos de esta terraza están formados básicamente por arenas, limos y gravas interestratificados, sobre suelo residual de rocas del Batolito Antioqueño; su espesor máximo es de 25 m, pero en la mayor parte de su extensión apenas alcanza un par de metros y frecuentemente no pasa de 0,5 m”. Se elige ésta por ser la más extensa, contar con buena información climática y geológica, por tener una pendiente propicia para la aplicación de los modelos empíricos de infiltración y porque por sus condiciones permitiría extrapolar la información obtenida a áreas similares, en cuanto a morfología y estratigrafía, que son abundantes en la región del altiplano de San Nicolás. Ver Grafica 1.

#### **4.2.1.2 Depósitos de Vertiente:**

Corresponden principalmente a flujos de lodo y/o escombros, coluviones y algunos pequeños conos de deyección y son producto de movimientos en masa que recubre áreas importantes de las vertientes del oriente antioqueño.

#### **4.2.1.3 Cenizas Volcánicas:**

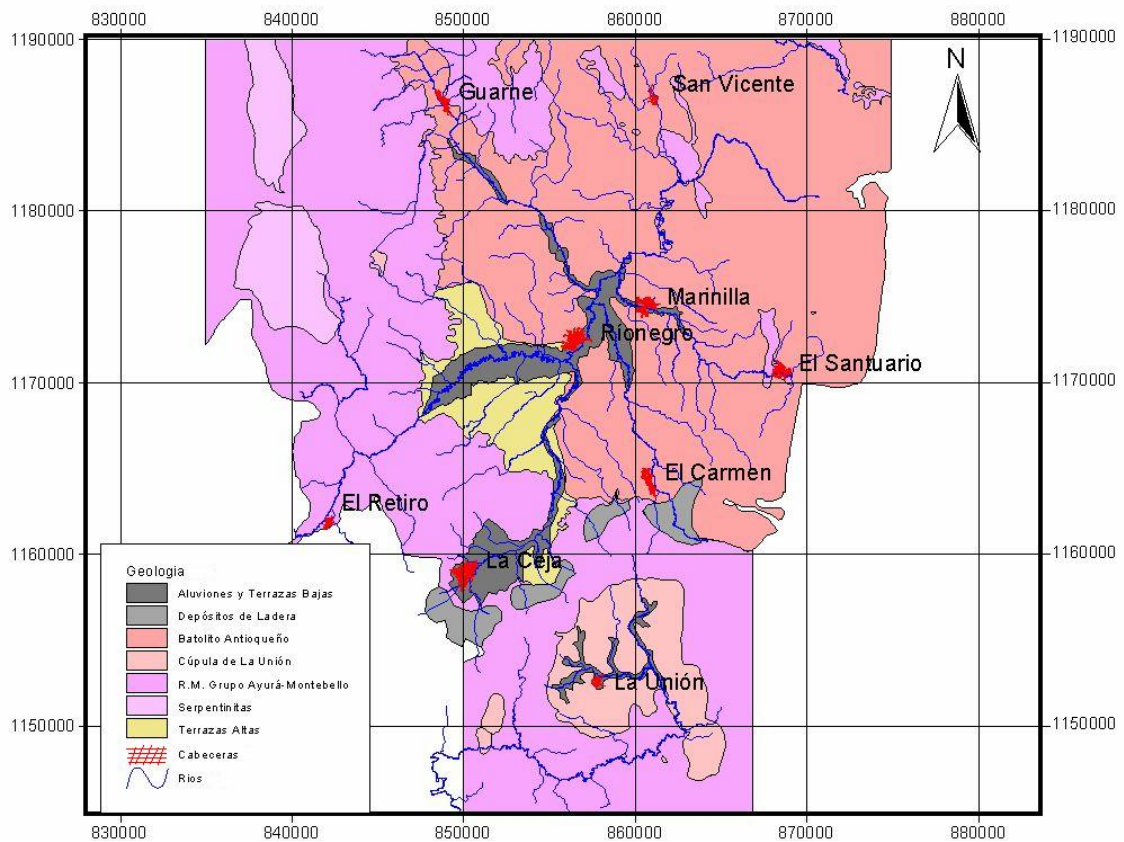
Constituyen la formación superficial más importante de la zona y recubren concordantemente la topografía (Posada, 2000). Estas cenizas provienen del macizo volcánico Ruiz – Tolima. Están fuertemente meteorizadas dando origen a los actuales suelos, conocidos como andisoles del Oriente Antioqueño.

Estas dos unidades son la más evidentes en los suelos de vertiente generalmente escarpadas, en relieves que en general corresponden a colinas o a los respaldos entre los altiplanos o a escalonamientos de colinas al interior altiplano, presentes por ejemplo, entre La Ceja y Rionegro, en el Alto de las Palmas, Envigado, en

Pantanillo y en el municipio de Abejorral.

En particular los suelos de en la zona de estudio se derivan de cenizas volcánicas, se caracterizan por un primer horizonte grueso, negro, muy rico en materia orgánica, subsuelo pardo amarillento producto de material meteorizado; son de texturas medias a gruesas, muy permeable, fuertemente ácidos, con gran capacidad de fijación de fósforo y fertilidad baja.

Figura 8 Mapa geológico regional



(Tomado de Hoyos y otros, 2001)

Los horizontes compuestos por cenizas volcánicas tienen densidades aparentes muy bajas ( $<1.0\text{g/cm}^3$ ) lo cual es normal porque éstas son materiales de poco peso (por su composición mineralógica), gran volumen por su alta porosidad y estructura y de alto contenido de materia orgánica. En el caso de los depósitos aluviales se acomodan muy bien como materiales arenosos de acuerdo con su densidad aparente.

Para efectos de la recarga de niveles freáticos esta característica optimiza el aprovechamiento de aguas sub-superficiales sin deteriorar la calidad y cantidad del agua natural. Fotografía No. 2.

#### 4.2.2 Hidrología

El sentido de la red hídrica corre en sentido Sur-Norte, haciendo parte de la micro-cuenca de la quebrada Las Palmas. El sentido del flujo de las diferentes corrientes conserva un sistema paralelo entre sí, producto de la erosión del suelo volcánico por la alta densidad de cursos de agua. La quebrada Las Palmas aunque no cuenta con registros limnimétricos a nivel de estudios regionales, cuenta con el análisis estadístico detallado mediante curvas de intensidad-duración-frecuencia.

Para abordar el aprovechamiento hidráulico en la generación de energía a partir de pequeñas caídas y caudales es necesario conocer las condiciones hidrometeorológicas y como se comportan estos en sus valores en máximos, medios, mínimos, su comportamiento estacional, temporal (diario, mensual y anual) que son necesarios para fundamentar la modelación de procesos hidrológicos. A partir de esta información es posible hacer pronósticos y estimación de caudales asociados a diferentes periodos de retorno.

Para determinar la dinámica hidrológica de la zona de estudio, se consultó información proveniente del IDEAM en la estación La Unión de la cual se obtuvieron los registros de precipitación para 7 años. Por otra parte, se consultó la red hidrometeorológica de EPM la cual cuenta con dos estaciones pluviométricas. La estación la quebrada Las Palmas aunque no cuenta con registros limnimétricos a nivel de estudios regionales, cuenta con el análisis estadístico detallado mediante curvas de intensidad-duración-frecuencia.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la más alta reserva útil de agua la tiene el depósito aluvial dado su mayor espesor dentro de la columna típica de suelo. En las cenizas volcánicas los valores mayores los presentan los horizontes *Light Olive Brown* y *Dusky Yellow* respectivamente, pero en general todos los horizontes presentan Reservas Útiles interesantes y en conjunto se puede hablar de una reserva Útil de 695.8mm de agua en las cenizas volcánicas



Foto 7 Imagen aérea del cultivo

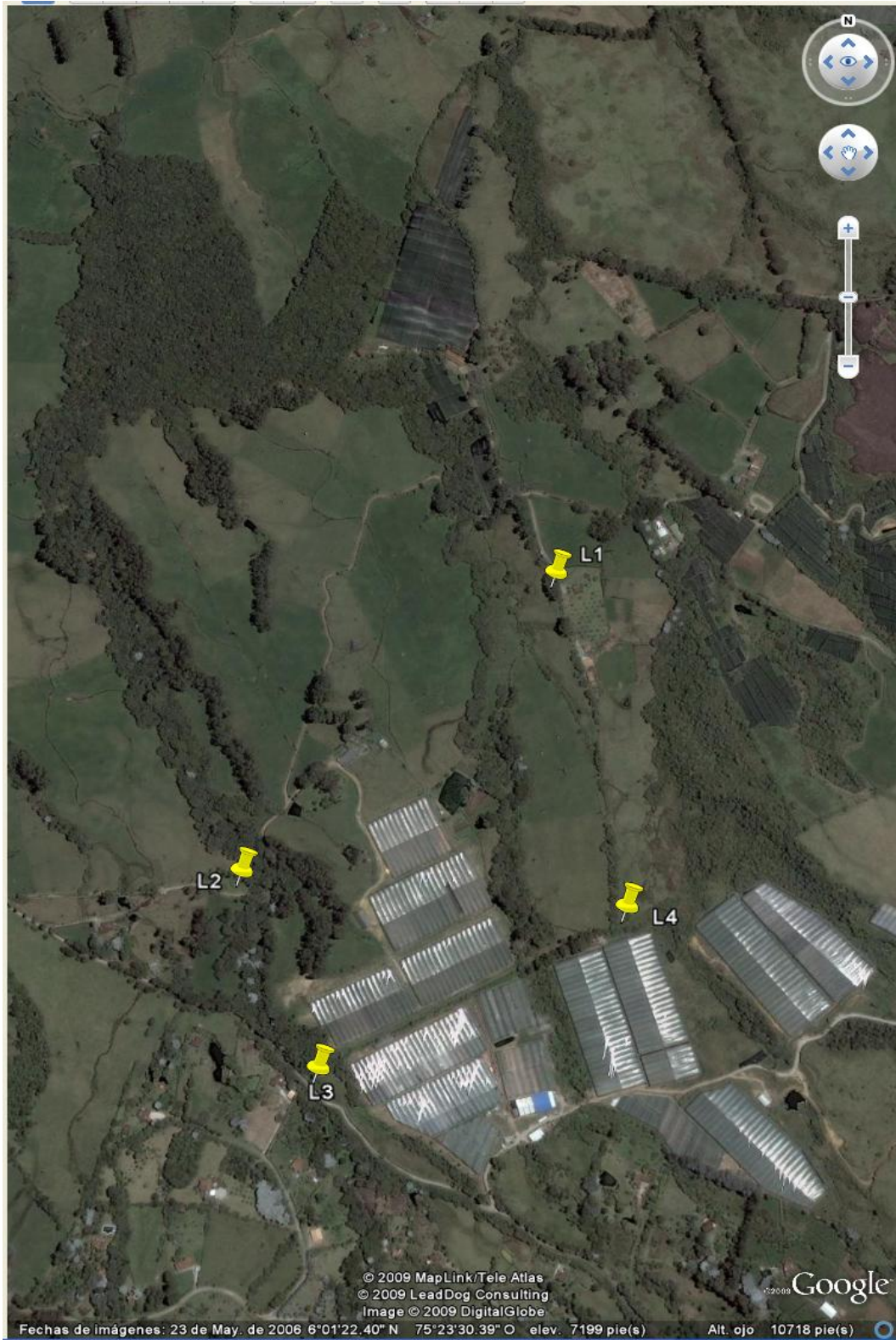


Imagen Google Earth

### 4.2.3 Climatología

Para la evaluación de los parámetros climatológicos se tuvo en cuenta la información disponible en las Empresas Públicas de Medellín EPM, a través de sus red de estaciones en el departamento. Para la zona de estudio se tomaron como base las siguientes estaciones pluviométricas:

Tabla 15 Estaciones pluviométricas en el área de estudio

Código	Estación	Municipio	Coordenadas	Elevación m.s.n.m	Información disponible desde
2308025	El Retiro	El Retiro	840.610 E 1°160.790 N	2190	1949
2308096	La Playa-Pantanillo	La Ceja	847.070 E 1°153.330 N	2320	1992.

Fuente. Revista hidrometeorológica EPM.2008

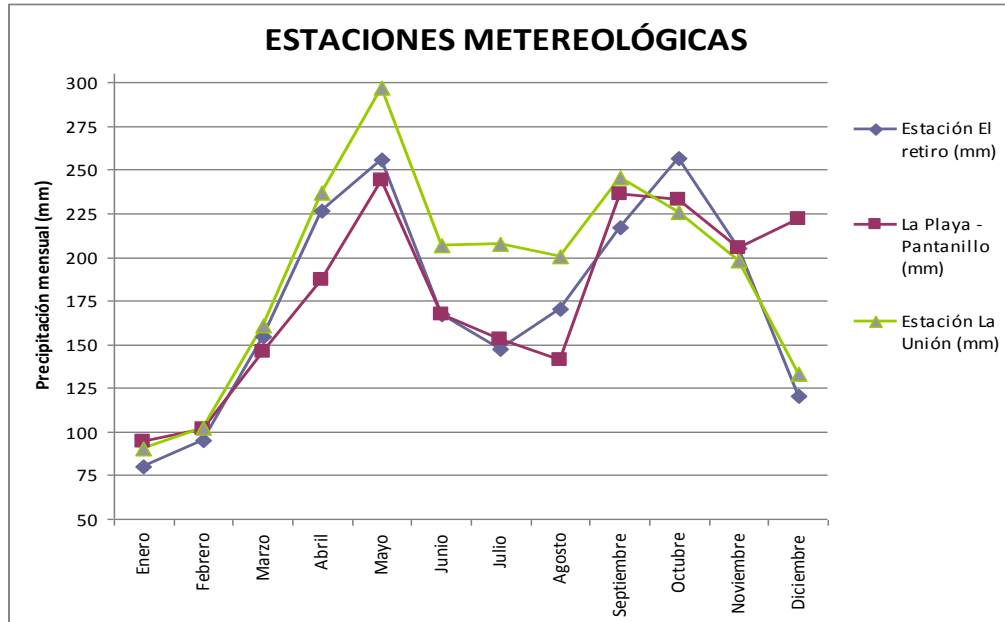
#### 4.2.3.1 Precipitación

Los datos de precipitación se obtuvieron del pluviógrafo de la estación El Retiro y La Playa - Pantanillo ubicadas al costado oriental y occidental del área de estudio como se relaciona en la tabla No. 1.

En la Estación El retiro se tienen datos desde 1974, hasta la fecha, los cuales se presentan en la grafica No. 2, donde se aprecia que la precipitación media mensual multianual es de 174.71 mm/mes, es decir, 2096.8 mm/año. En las Grafica No.2, se presentan el comportamiento de la pluviosidad mes a mes para los últimos tres años en la estación El Retiro y en La Playa – Pantanillo de EPM y La Unión del IDEAM respectivamente. En ellas se aprecian los años de menor y mayor precipitación



Gráfica 8 Comportamiento de la precipitación en tres estaciones



#### 4.2.3.1.1 Método de las Isoyetas

En este método se establecen las líneas de igual precipitación, con las que se incluye el factor orográfico causado por el ascenso del aire húmedo que se produce por las barreras formadas por las montañas, con las cuales se puede obtener la precipitación con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\sum(P_i \times A_i)}{A_T}$$

Donde:

$A_i$ = Área entre las isoyetas

$A_T$ = Área total

$P_i$ = Precipitación entre isoyetas

En la actualidad la red hidrometeorológica cuenta con estaciones pluviométricas con las cuales se tienen construidas los gráficos de isoyetas de precipitación anual con base en los registros mensuales multianuales de aproximadamente medio siglo, este gráfico se puede observar en el siguiente gráfico:

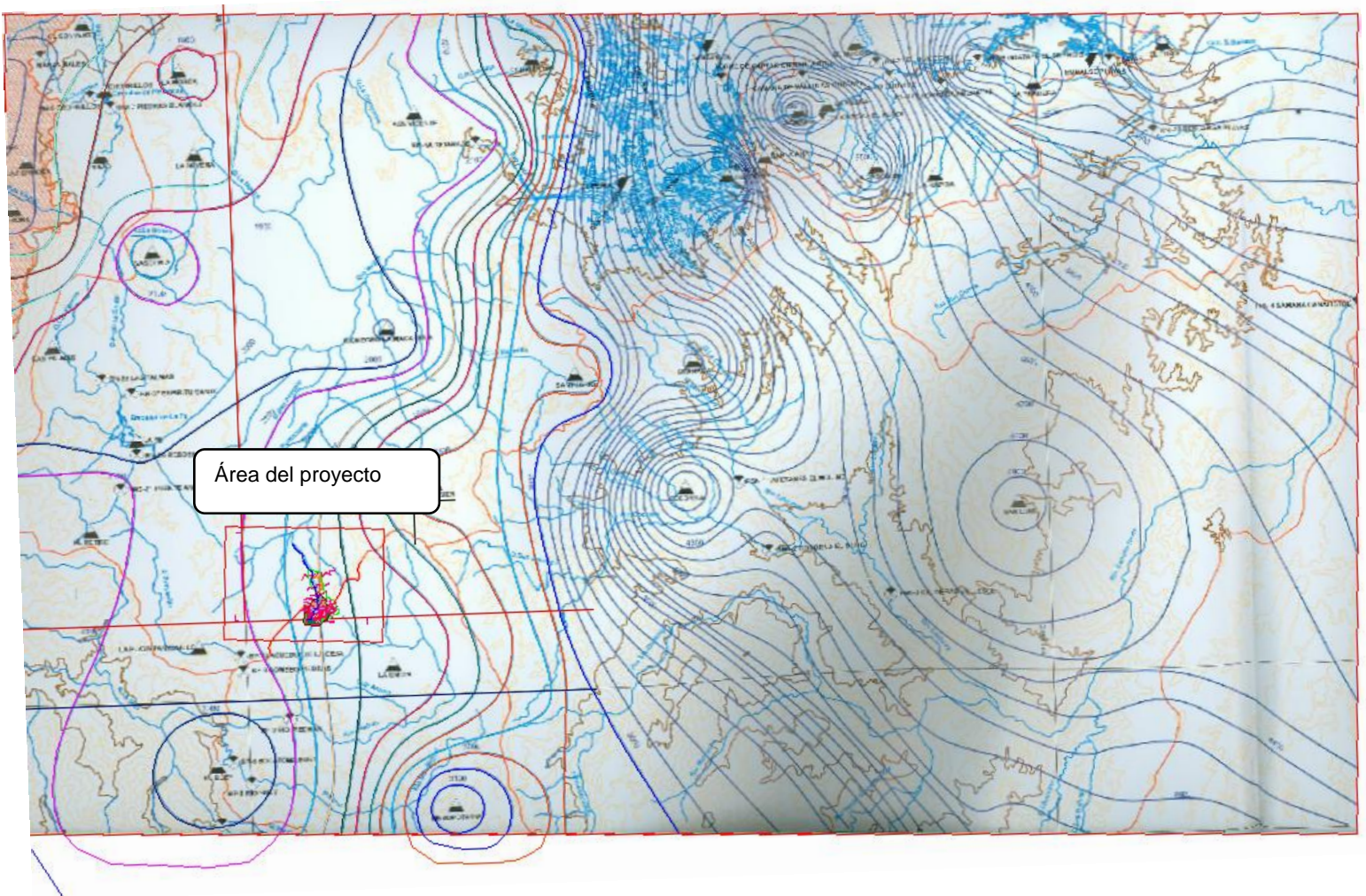
De la Figura 9 Estaciones pluviométricas en el área de estudio de isoyetas se tiene

Área isoyeta 2200=	784 669.97	m <sup>2</sup>
Área isoyeta 2300=	1 044 995.48	m <sup>2</sup>
Área total	1 829 665.45	m <sup>2</sup>

$$P = \frac{\Sigma(2200 \times 784\,669.97) + (2300 \times 1\,044\,995.48)}{1\,829\,665.45}$$

$$P = 2\,257.11 \text{ mm}$$

Figura 9 Estaciones pluviométricas en el área de estudio



Fuente Anuario Hidrometeorológico EPM

#### **4.2.3.2 Temperatura.**

Los promedios de temperatura tomados en la estación climatológica de la Aerocivil en el Aeropuerto José María Córdoba registra promedios mensuales de 17 °C

#### **4.2.3.3 Brillo solar**

El brillo solar en la zona está próximo a las 360 horas \ mes con pocas variaciones en el transcurso del año, dando un valor máximo posible de 4360 horas\ año. El valor promedio de la subregión es de 1987 horas\ año. El brillo solar disminuye con la altitud a razón de 400 horas\ año por cada 1000 m.s.n.m.

#### **4.2.4 Cobertura vegetal y uso del suelo**

La zona de vida en la que se encuentra el municipio corresponde al bosque húmedo montano bajo con predominio de rastrojo bajo y pastizales. Sobre la parte alta de la cuenca se pueden ubicar algunos bosques secundarios bastante intervenidos con presencia de carbonero, yarumo, manzano de monte, trompeto, y cedrillo. Sobre la orillas de la quebrada se puede encontrar gran abundancia de chiriguaco, chagualo, zumaque, guácimo, borrachero, chilco, cerezo y guamos. En la zona de trabajo predominan árboles de eucalipto y en menor escala cipreses.

Foto 8 Vista en sentido norte-sur parte alta de la cuenca de la quebrada Las Palmas



### **4.3 MARCO POLÍTICO–ADMINISTRATIVO**

#### **4.3.1 División Político Administrativa**

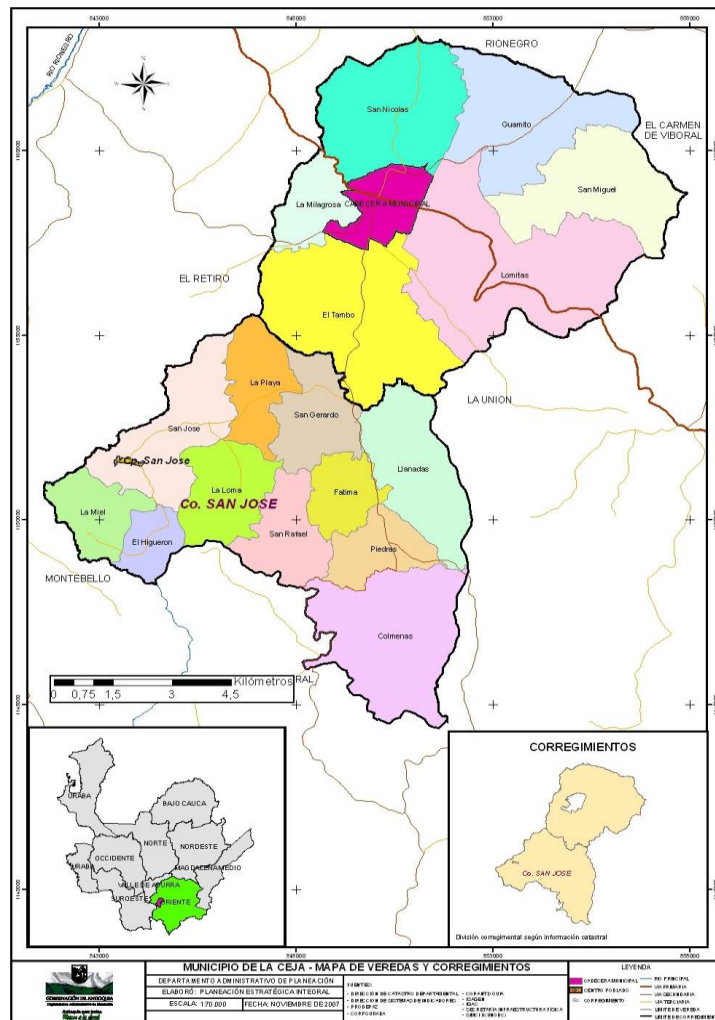
El territorio de La Ceja se divide de la siguiente manera:

La Cabecera Municipal 1 zona urbana y 17 veredas, un corregimiento, San José que reúne 11 veredas Colmenas, Llanadas, Piedras, San Rafael, La Loma, El Higuerón, La Miel, San José, La Playa, San Gerardo y Fátima; y 6 dependen de la cabecera municipal: Lourdes-Las Lomitas, El Tambo, La Milagrosa, San Nicolás, Guamito y San Miguel.

La información estadística municipal del municipio muestra que tiene una de las más altas coberturas de energía en la región oriental del departamento del 98,5%, en materia de servicios públicos de acueducto y alcantarillado con una cobertura del 93%, los cuales son de excelente calidad. Los servicios de agua, alcantarillado, aseo, son prestados por las Empresas Públicas de La Ceja; el gas domiciliario por diversos operadores y la energía eléctrica y teléfono por las Empresas Públicas de Medellín.



Figura 10 Distribución político-administrativa



En la actualidad La Ceja cuenta con agua hasta más allá del año 2020, gracias a la construcción del proyecto Pantanillo, obra con un costo de 5200 millones. Simultáneamente, el Municipio ejecuta el Plan Maestro de Saneamiento Básico, para la descontaminación de todas sus fuentes de agua: Río Pereira, quebradas Payuco, Oscura, Argentina, San José (Los Terribles) y la Grande. En el Municipio también realizan labores de reforestación en todas las subcuencas de agua, con inversiones que, en conjunto, superan los 4 mil millones de pesos.

La infraestructura vial, del municipio cuenta con la mayoría de sus vías pavimentadas, las vías de acceso desde y hacia otros municipios también se encuentran pavimentadas excepto la vía que conduce hacia el municipio de El Retiro por el Alto El Silencio, obra proyectada por el Departamento y la vía al municipio de Abejorral, actualmente en construcción.

#### **4.4 ESTUDIOS AMBIENTALES**

El proyecto se desarrolla en la vereda Las Lomitas. El sentido de la red hídrica corre en sentido Sur-Norte, haciendo parte de la micro-cuenca de la quebrada Las Palmas. El sentido del flujo de las diferentes corrientes conservan un sistema paralelo entre sí, producto de la erodación del suelo volcánico por la alta densidad de cursos de agua.

Para determinar la dinámica hidrológica de la zona de estudio se consultó información proveniente del IDEAM en la estación La Unión de la cual se obtuvieron los registros de precipitación para 7 años. Por otra parte, se consultó la red hidrometeorológica de EPM la cual cuenta con dos estaciones pluviométricas. La estación la quebrada Las Palmas aunque no cuenta con registros limnimétricos a nivel de estudios regionales, cuenta con el análisis estadístico detallado mediante curvas de intensidad – duración – frecuencia.

En términos generales el alcance de los estudios ambientales deben definir Las actividades del componente ambiental son las siguientes:

1. Recopilación y análisis de información antecedente
2. Reconocimiento del área de proyecto
3. Metodología para identificación y evaluación (incluye informe)
4. Trabajo de campo para EIA
5. Definición de demanda ambiental
6. Definición de oferta ambiental
7. Balance oferta - demanda (incluye informe)
8. Formulación de plan de manejo ambiental (incluye informe)
9. Informe final: revisiones y edición

##### **4.4.1 Metodología propuesta como método preliminar de evaluación EAE**

La Evaluación Ambiental Estratégica – EAE – es una herramienta que de forma integral permite analizar los posibles efectos preliminares generados por la futura ejecución de acciones, que alterarán positiva o negativamente factores relacionados con aspectos biofísicos, económicos y de bienestar de las personas, en un territorio definido en el marco de una política, un plan o un programa.

Se trata básicamente de introducir la variable ambiental en el mismo momento en que se elaboran los diseños con el propósito de valorar el impacto que puede causar al entorno. Dado que se trata de un proyecto muy localizado en el que no se presenta alguna competencia por el uso del recurso, no se considera necesario proponer alternativas. La derivación de caudal del cauce de la quebrada La

Higuerona no representa en alguna medida una amenaza para la calidad de las aguas o pérdida de especies y hábitats nacional y regional con referencia a las acciones promovidas por los Poderes Públicos.

#### 4.4.1.1 Metodología

La metodología de Evaluación Ambiental Estratégica analiza los objetivos que se persiguen, diagnostica y evalúa los problemas que se presentan, examina sus impactos en el ámbito económico, social y ambiental e identifica las opciones políticas para alcanzar los objetivos propuestos con equilibrio sostenible en el tiempo.

El análisis “efecto causa” de la interacción de las acciones impactantes sobre los factores impactados, puede hacerse desde diferentes puntos de referencia, por lo tanto, aquí se presenta el escenario para visionar los impactos desde esos referentes.

Para obtener la información se elaboraron dos instrumentos que sirvieron como base de trabajo:

El primer instrumento se diseñó sobre el esquema de calidad ambiental utilizado por Vicente Conesa (1995) en la determinación de los impactos que se generan en el sistema ambiental por la ocurrencia de cualquier acción sobre él. Sobre ese esquema se superpusieron hechos y actividades sobresalientes ocurridos en cada región, antes de implementar la Política de Mejoramiento de la Productividad y Competitividad del sector minero colombiano, y los efectos positivos o negativos que esos hechos han ocasionado en la misma región, creando los espacios que se utilizarán para anotar la información de campo suministrada por los participantes.

En igual forma, el segundo instrumento se diseñó sobre el esquema básico de calidad ambiental: la matriz causa efecto, teniendo en cuenta los proyectos propuestos para cada región dentro de la Política de Mejoramiento de la Productividad y Competitividad del sector minero colombiano y contrastando los efectos positivos y negativos que esos efectos podrían causar sobre los factores ambientales.

Los dos instrumentos están acondicionados para precisar los efectos sobre los factores ambientales, clasificados de la siguiente forma:

- Aire y Agua

- Suelo, Subsuelo y Paisaje
- Flora y Fauna
- Educación
- Salud y Servicios Públicos
- Ingresos y Seguridad

Los instrumentos se aplicaron en los talleres de forma consecutiva, para lo cual los participantes de cada región integraron grupos de trabajo, cada uno de los cuales trabajó un factor ambiental para categorizar, según su conocimiento, el grado de afectación que cada acción: los hechos regionales para el primer instrumento y los proyectos para el segundo instrumento, ha tenido sobre el factor ambiental analizado. Los resultados obtenidos se sistematizaron en forma ordenada para proceder a su análisis, que al final se presentan en el Informe de Evaluación Ambiental Estratégica de cada Distrito Minero.

#### **4.4.1.2 Valorización del impacto ambiental**

El fundamento de una EAE es evaluar, antes de que se adopten decisiones irrevocables, las repercusiones ambientales (negativas o positivas) de llevar a cabo un programa de desarrollo. Este tipo de evaluación puede entonces examinarse paralelamente a los impactos de los objetivos económicos de la propuesta, a fin de poder tomar las decisiones equilibradas.

El conocimiento del público y su preocupación respecto a la economía y el medio ambiente ha tenido múltiples variaciones en el tiempo y se reconoce en forma generalizada que los sistemas económicos están ligados en forma estrecha al medio ambiente y que la salud y bienestar de los humanos dependen de un medio ambiente saludable.

Las estrategias y programas modernos de desarrollo económico se basan en la utilización de los recursos naturales y de la tecnología, actividades que implican el cambio intencionado de sistemas ambientales a veces muy complejos. Por consiguiente, los cambios que tienen lugar en el transcurso del tiempo son, en general, muy poco comprendidos y pueden resultar impredecibles.

Toda actividad económica recurre al medio ambiente físico para servirse de materias no renovables y, en definitiva, todos los productos de la actividad económica (residuos y artículos de consumo) se descargan eventualmente en la biosfera.

El propósito de la evaluación de los impactos es asignar un significado relativo a los impactos pronosticados que están asociados con cada proyecto y, de esta manera, determinar el orden prioritario mediante el cual se puedan evitar, mitigar o compensar efectos negativos, o favorecer aquellos de carácter positivo. Esta clasificación se obtiene de la importancia percibida de los impactos en los elementos humanos relacionados con la evaluación.



#### 4.4.1.3 Valoración cualitativa numérica de los impactos

Tabla 16 Valoración cualitativa numérica de los impactos

<b>Naturaleza Signo + ó -</b>	<b>Intensidad (IN)</b>
Extensión (EX)	Momento (MO)
Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)
Sinergia (SI)	Acumulación (AC)
Efecto (EF)	Periodicidad (PR)
Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)
<p><b>NATURALEZA</b></p> <p>Impacto benéfico + Impacto perjudicial -</p>	<p><b>INTENSIDAD (IN)</b> <i>Grado de destrucción</i></p> <p>Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy alta 8 Total 12</p>
<p><b>EXTENSIÓN (EX)</b> <i>Area de influencia</i></p> <p>Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8 Crítica (+4)</p>	<p><b>MOMENTO (MO)</b> <i>Plazo de manifestación</i></p> <p>Largo plazo 1 Medio plazo 2 Inmediato 4 Crítico (+4)</p>
<p><b>PERSISTENCIA (PE)</b> <i>Permanencia del efecto</i></p> <p>Fugaz 1 Temporal 2 Permanente 4</p>	<p><b>REVERSIBILIDAD (RV)</b> <i>Reconstrucción por medios naturales</i></p> <p>Corto plazo 1 Mediano plazo 2 Irreversible 4</p>
<p><b>SINERGIA (SI)</b> <i>Reforzamiento de los efectos</i></p> <p>Sin sinergismo (simple) 1 Sinérgico (varios) 2 Muy sinérgico (muchos) 4</p>	<p><b>ACUMULACIÓN (AC)</b> <i>Incremento progresivo</i></p> <p>Simple 1 Acumulativo 4</p>
<p><b>EFEECTO (EF)</b> <i>Relación causa -efecto</i></p> <p>Indirecto 1 Directo 4</p>	<p><b>PERIODICIDAD (PR)</b> <i>Regularidad de la manifestación</i></p> <p>Irregular o aperiódico y discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4</p>
<p><b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> <i>Reconstrucción por medios humanos</i></p> <p>Recuperable de inmediato 1 Recuperable a mediano plazo 2 Mitigable 4 Irrecuperable 8</p>	<p><b>IMPORTANCIA (I)</b></p> <p><math>I = + \text{ ó } -(3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)</math></p>

Fuente: V. Conesa 1995

La valoración cualitativa numérica es un método sencillo, desarrollado por Vicente

Conesa Fernández-Vítora y descrito en su Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental (Conesa, 1997) mediante el cual se consigue dar un grado numérico a la importancia de un impacto determinado. Para ello han de darse una serie de valores a los impactos cualitativos, determinados por los participantes al taller. Algunas aclaraciones respecto a los aspectos expresados en esta tabla son las siguientes:

- **Naturaleza:** El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las acciones que van a actuar sobre los factores considerados.
- **Intensidad:** se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor
- **Extensión:** se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.
- El **momento** del impacto será inmediato cuando el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sea nulo, será a corto plazo cuando sea inferior a un año, a medio plazo cuando el tiempo esté entre 1 y 5 años, y a largo plazo cuando sea superior a 5 años.
- **Persistencia:** se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición, y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio naturales, o mediante introducción de medidas correctoras. El impacto será fugaz cuando el efecto dure menos de un año, temporal si éste dura entre 1 y 10 años, y permanente si dura más de 10 años.
- La **reversibilidad** se refiere a la capacidad de corrección del impacto por parte del propio medio, sin necesidad de intervención humana, y responde a unos parámetros de tiempo iguales a la persistencia. En este caso hablaremos de reversible a corto plazo, medio plazo o irreversible.
- La **recuperabilidad** es la posibilidad de corrección por medios humanos (medidas correctoras), y responde a los mismos plazos.
- **Sinergia:** es el reforzamiento de dos o más efectos simples. Es la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, que es superior a la manifestación de los efectos cuando las acciones actúan de manera independiente no simultánea.
- Un impacto es **acumulativo** cuando se incrementa de manera progresiva su manifestación cuando persiste el agente que lo provoca.
- **Efecto:** Se refiere a la causa-efecto, o sea la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia directa de ésta (ej. emisión de CO<sub>2</sub> impacta sobre el aire); puede ser indirecto o secundario cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden. (ef. emisión de flurocarbonos impacta en forma directa sobre la calidad del aire y de manera indirecta o secundaria sobre el espesor de la capa de ozono).
- La **periodicidad** de un impacto depende de que éste se dé de forma continua (impacto continuo), de forma cíclica en el tiempo (periódico) o de forma

impredecible o aleatoria (irregular o aperiódico y discontinuo). Resultaría muy útil plantearse que, en realidad, la probabilidad de ocurrencia y la periodicidad son dos hechos bastante similares. Un impacto irregular tendrá, por lo general, una probabilidad de ocurrencia baja. Este parámetro y su valoración podría equipararse a la probabilidad del impacto indicada por la norma ISO 14.004 (AENOR, 1997, p. 16)

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce en función del valor asignado a las características del impacto consideradas:

$$I = +/- [3I + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

I: Es la manifestación cualitativa del efecto generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental considerado.

Es la razón mediante la cual se mide en forma cualitativa el impacto ambiental, en función, tanto del *grado de incidencia* o intensidad de la alteración producida, como de la *caracterización* del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo como los anteriormente descritos.

Los valores que se extraen de esta fórmula pueden encontrarse entre 13 y 100. Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son **irrelevantes**, es decir, **compatibles**. Los impactos **moderados** se sitúan entre 25 y 50. Serán **severos**, cuando la naturaleza es negativa o **significativa**, de naturaleza positiva. cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y **críticos o muy significativos** cuando el valor sea superior a 75.

Evidentemente, los impactos más destacables serán aquéllos caracterizados como críticos y que sean de corrección imposible. En estos casos habrá que buscar alternativas a la localización de la actividad o plantearse medidas de extrema urgencia para su corrección o atenuación.

#### **4.5 MARCO NORMATIVO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

El municipio de La Ceja cuenta con un Plan Básico de Ordenamiento Territorial aprobado mediante Acuerdo 13 de 2006. Como herramienta de planificación representa para la propuesta de proyecto autónomo de generación de Flores El Ochuval, la validación de la preliminar de viabilidad. De acuerdo a lo planteado en los numerales subsiguientes se determina algunas actividades que pueden armonizar con las perspectivas de planeación del municipio.

En los artículos 30° y subsiguientes se hace énfasis en la posibilidad de

implementar proyectos de aceleren el potencial agroindustrial del municipio, aprovechando el potencial ambiental siempre y cuando se garantice la sostenibilidad de los recursos aprovechados. Se destaca el concepto de uso sostenible de los recursos y de aprovechamiento de potencial hídrico como estrategia de competitividad.

### **Artículo 30°. Objetivos Específicos Municipales:**

a. Hacer de La Ceja del Tambo un municipio cohesionado y articulado a la Subregión del Altiplano y al Oriente Antioqueño, que se proyecta hacia una región más limpia, ordenada, competitiva, educada y educadora. Localizada en la mejor esquina de América. Desarrollar los procesos de investigación en ciencia y tecnología y la cualificación del talento humano.

b. Impulsar el desarrollo municipal desde la sostenibilidad y competitividad ambiental, económica y espacial, urbana y rural, orientada desde una visión prospectiva que observa y se vincula con el Departamento, la Nación y el Mundo.

c. Mantener la unidad subregional y regional donde La Ceja del Tambo pueda establecer alianzas con los demás municipios vecinos, con los cuales enfrente el reto de un mundo más globalizado que exige mayores niveles de aplicación de ciencia y tecnología, productividad y competitividad.

d. Fortalecer por medio de la cooperación regional, el posicionamiento nacional e internacional con el fin de aprovechar las ventajas comparativas del clima, el paisaje, la localización y los atractivos naturales, históricos y arquitectónicos del Municipio y la Subregión.

e. Desarrollar e integrar los sistemas de información, como carta de presentación para la inversión nacional e internacional; la toma de decisiones y la concertación interinstitucional.

f. Potenciar la competitividad de los trabajadores, agricultores, empresarios, ejecutivos, líderes y políticos para impulsar la capacidad empresarial, el valor agregado a la producción agropecuaria, la comercialización, la asociación de productores, el desarrollo de tecnologías más limpias y el posicionamiento de los productos del Municipio y la Subregión desde un enfoque integral del desarrollo humano y comercial que generen empleo y seguridad alimentaria.

g. Abrir y conquistar nuevos mercados. Incrementar los índices de productividad en la agricultura de tipo tradicional, complementándolos con cultivos de alta técnica para exportación, para modificar sustancialmente el proceso integral de

comercialización y establecer sistemas de planeación de siembras e información de precios generando empleo en el campo.

#### **“Artículo 41º. 2. Zonas de Competitividad Económica (mapa R-SINECO-018)**

De acuerdo con los principios de política nacional de Ordenamiento Territorial, en concordancia con el análisis diagnóstico de localización actual de actividades económicas y tecnologías empleadas, usos potenciales - capacidad de uso y clases agroecológicas de la tierra y con el análisis de la vocación de la población dedicada a las actividades económicas en el ámbito municipal, determinense las siguientes zonas# :

##### **“ 2.1.3. Zonas de Desarrollo Agroforestal - Regulación Hídrica.**

El proyecto de la "Simultaneidad" propone esta zona de manejo con el fin incrementar la protección del recurso más valioso para cualquier región que propenda por ser competitiva social, ambiental y económicamente: El agua. Con base en los estudios detallados en el componente ambiental se determinaron las zonas de captación de acueductos según cotas por cuenca hidrográfica, con el fin de proteger los suelos para la recarga y regulación del recurso hídrico.

La densidad propuesta es similar a las de las zonas de aptitud forestal; los índices de densidad de ocupación y las coberturas del suelo serán más bajas, y los usos serán restringidos por la pendiente (en caso de encontrarse en suelo de zona agropecuaria) o de acuerdo a la zonificación establecida.”

**“ARTÍCULO PRIMERO:** Las disposiciones contenidas en el presente Acuerdo, reglamentan las actividades relacionadas con el manejo, conservación, uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas en la subregión Valles de San Nicolás, soportada en los estudios hidrogeológicos existentes en la Corporación de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1541 de 1978.”

**“ARTÍCULO SEXTO:** La construcción de vías y urbanizaciones, la explotación de minas y canteras y en general todo proyecto, obra y/o actividad, que requiera la remoción de suelo, deberá presentar dentro de su estudio de impacto ambiental o plan de manejo, una valoración de la vulnerabilidad ocasionada a los acuíferos. “

## 4.6 ESTUDIO TECNICO

### 4.6.1 Determinación de los elementos geométricos del canal:

Con la estación total TOPCON 312, se mide la sección transversal del la quebrada y el área mojada de la quebrada, para la cual se obtienen los siguientes datos:

Figura 11 Sección quebrada La Higuera

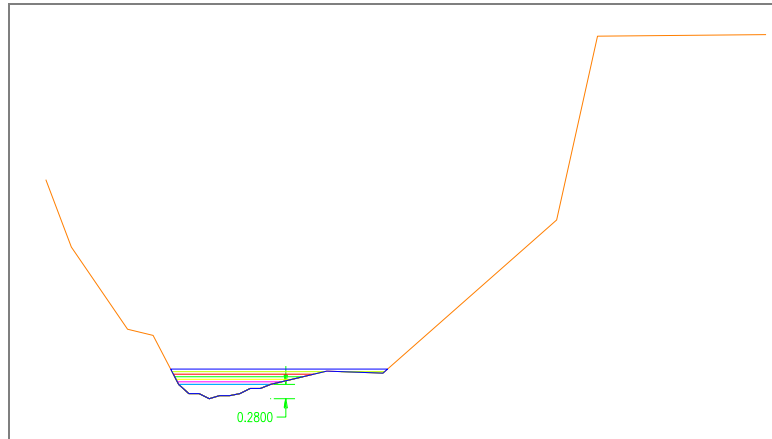


Tabla 17 Área mojada y perímetro mojado en la sección de referencia de la quebrada

	Y(m)	A(m2)	P(m)
1	0.28	0.28	3.74
2	0.33	0.38	4.26
3	0.38	0.49	4.77
4	0.43	0.61	5.28
5	0.48	0.74	5.79
6	0.53	0.90	8.03
7	0.58	1.10	8.88

#### 4.6.1.1 Ecuaciones a utilizar:

- Ecuación de Manning (S.I.)

$$Q \frac{m^3}{s} = \frac{1}{\eta} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

- Radio hidráulico  $R = \frac{A}{P}$  (m.)

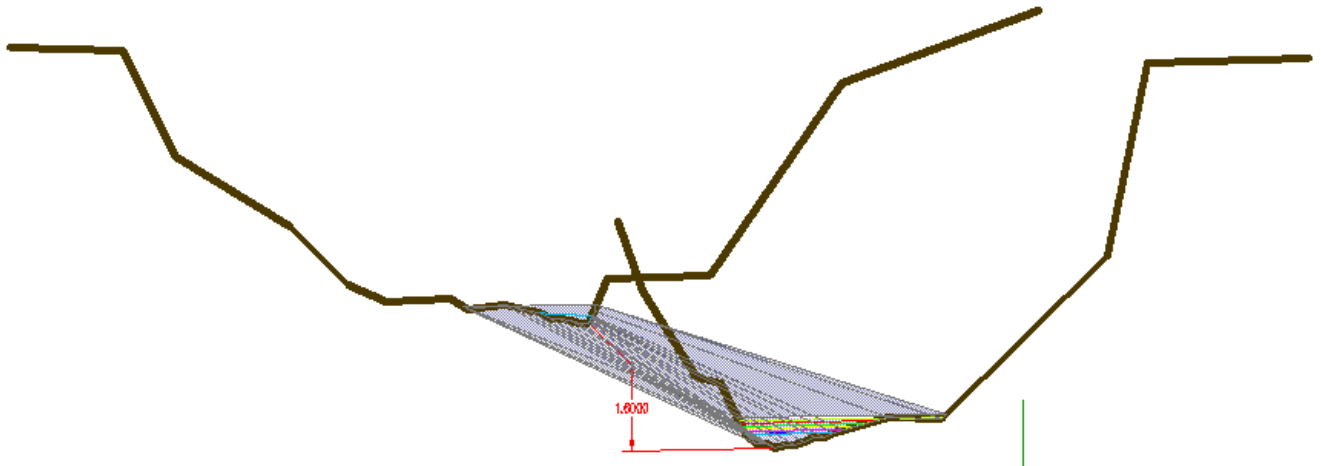
#### 4.6.2 Cálculo de la pendiente de la quebrada:

Se tomaron secciones separadas 20,68 m con diferencia de niveles 1,60 en el fondo de la quebrada.

De esta manera se obtiene una pendiente =

$$Pendiente = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{1,60}{20,68} = 7,73\%$$

Figura 12 Pendiente de la quebrada con base en dos secciones tomadas



#### 4.6.3 Cálculo del caudal:

Utilizando la ecuación de Manning, y la del radio hidráulico (R), con la pendiente (S); se calcula el caudal Q (m<sup>3</sup>/s), como se muestra en la siguiente tabla:

**CALCULO DEL NÚMERO DE MANNING**

**Valores aproximados que intervienen en el cálculo**

Variable	Alternativas	Valor recomendable
Básico n1	Arenas	0.020
	Roca	0.025
	Gravilla	0.024
	Grava	0.028
Irregularidades lecho n2	Suaves	0.000
	Pequeñas	0.005
	Moderadas	0.010
	Importantes	0.020
Cambios en sección transversal n3	Gradual	0.000
	Ocasionalmente	0.005
	Frecuentemente	.010 - .015
Obstrucciones n4	Despreciables	0.000
	Pequeñas	.010 - .015
	Apreciables	.020 - .030
	Importantes	.040 - .060
Vegetación n5	Escasa	.005 - .010
	Media	.010 - .020
	Alta	.025 - .050
	Muy alta	.050 - .100
Sinuosidad n6	Poca	0.000
	Apreciable	0.15 + n2
	Importante	0.30 + n2

El valor de n<sub>s</sub> es el siguiente:

$$n_s = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5$$

Roca=0.025; irregularidades lecho=0.010; cambios en sección transversal =0.010; obstrucciones = 0.020; vegetación 0.010; sinuosidad=0.00.

Sumatoria n = 0.075

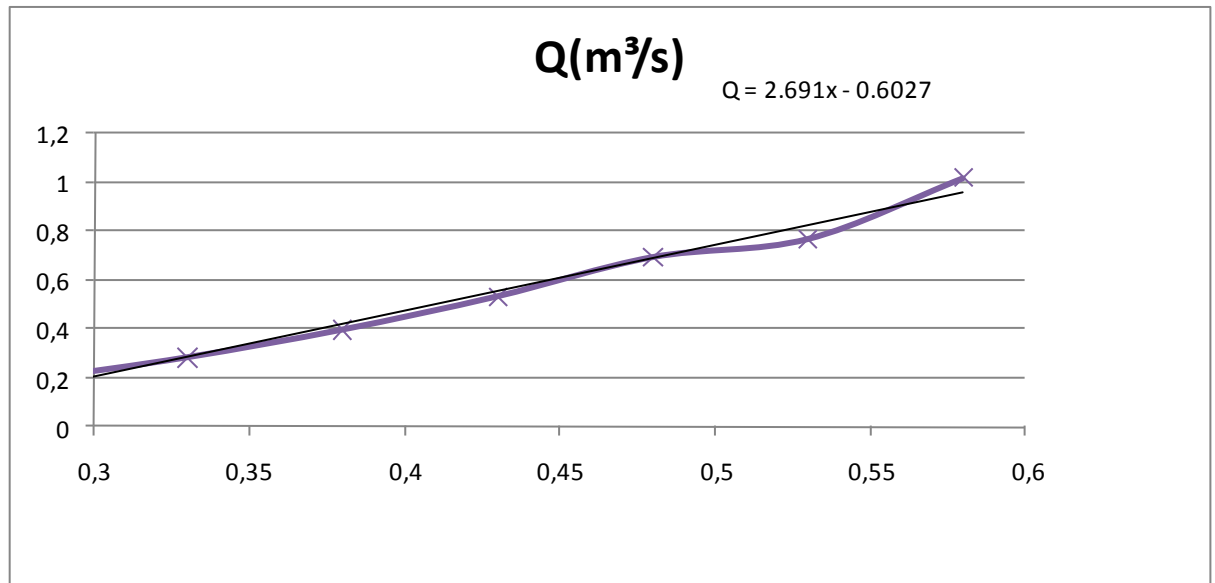
Tabla 18 Caudales a diferentes alturas de la lámina de agua

	Y(m)	A(m <sup>2</sup> )	P(m)	R(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)
1	0.28	0.28	3.74	0.076	0.18863828
2	0.33	0.38	4.26	0.089	0.28122985
3	0.38	0.49	4.77	0.102	0.39544482
4	0.43	0.61	5.28	0.115	0.53274127
5	0.48	0.74	5.79	0.128	0.69446469
6	0.53	0.90	8.03	0.112	0.76897686
7	0.58	1.10	8.88	0.124	1.01960946

$$Q \frac{m^3}{s} = \frac{1}{\eta} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$



Gráfica 9 Curva de calibración caudal quebrada la Higuerona



#### 4.6.4 Método del flotador para estimación de caudal

Figura 13 Método del flotador

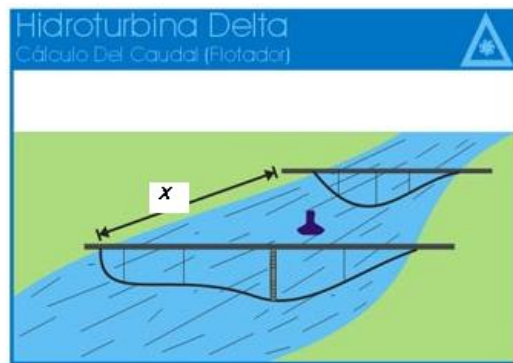


Figura 14 Medición de velocidad mediante toma de tiempos del flotador

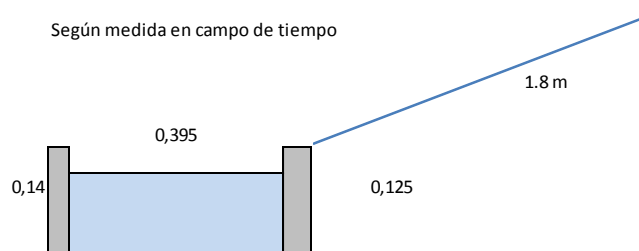


Tabla 19 Tiempos del flotador

Tiempos (s)
2.22
2.9
2.9
2.9
2.9
2.36
Promedio 2.70

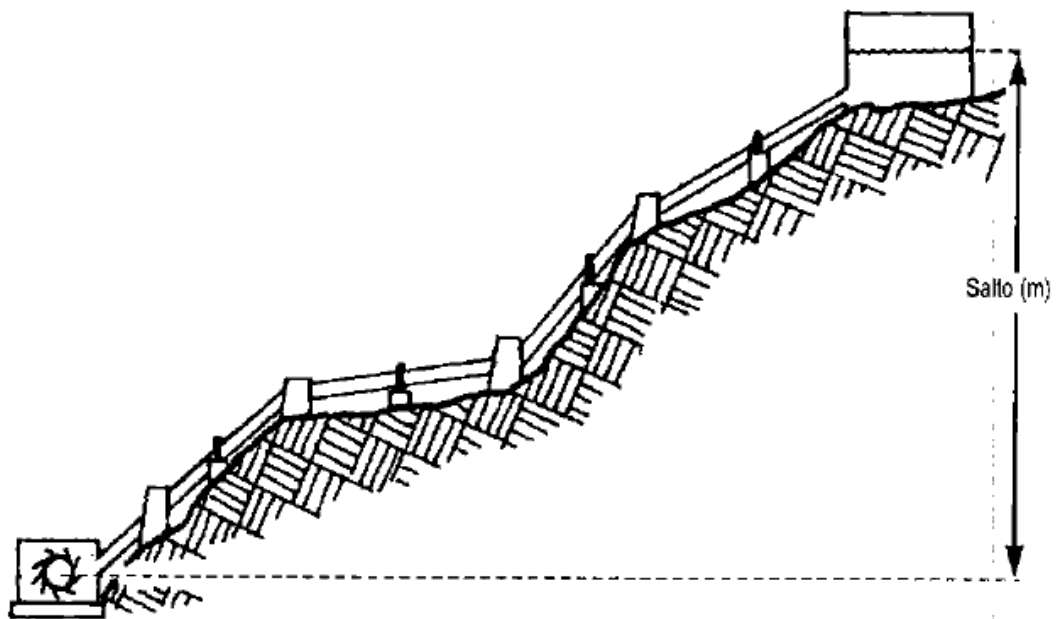
Velocidad =  $1.8 \text{ m} / 2.70 \text{ s} = 0.67 \text{ m/s}$

Caudal mínimo = Área mínima x velocidad =  $0.28 \text{ m}^2 \times 0.67 \text{ m/s} = 0.188 \text{ m}^3/\text{s}$

#### 4.6.5 Diferencia de niveles (salto)

El método utilizado para medir el salto, fue con comisión de topografía con estación total de trabajo, del cual se obtuvo que desde el punto de captación hasta el sitio destinado para la generación, se tiene una diferencia de 43 m.

Figura 15 Salto



Fuente Manual de mini y micro centrales hidráulicas. ITDG Perú

#### 4.6.6 Tubería

De acuerdo con el manual de mini y micro centrales del grupo ITDG-Perú, la tubería de PVC, es una de las más empleadas en la micro centrales hidráulicas, ya que es relativamente económica y apropiada para el manejo de presiones elevadas (100 a 150 mca). Al variar la relación diámetro - espesor de la pared (RDE), se obtienen diferentes niveles de presión. Es liviana, fácil de transportar e instalar; tiene bajo factor de pérdidas por fricción. Debe disponerse enterrada para protegerla de los rayos ultravioleta.

La tubería transporta el agua a presión hasta la turbina. Debido a que esta tubería puede representar gran parte del presupuesto de toda pequeña central, se debe optimizar para reducir costos y se debe detallar su diseño para no sobre o subdiseñarse.

La tubería a utilizar en este proyecto es PVC tipo UNION PLATINO, que introduce una mejora en los sistemas de Acueducto, con un concepto simple: Tubería + Unión Platino = Una Sola Pieza.

El sello es insertado durante la fabricación del tubo, bajo condiciones controladas y repetibles, obteniendo un "Tubo listo para instalar". Además, el sello integrado tiene un alma de acero que, conjuntamente con el caucho sintético SBR, logra una unidad de dimensiones perfectas, circunscribiendo la hermeticidad de la unión a una sola variable: El diámetro exterior del espigo del tubo.

##### 4.6.6.1 Diámetro

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Donde Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg

V= se asume una velocidad de 3,5 m/s

D en m

$$D = \sqrt{\frac{4(0,13)}{\pi(3,5)}} = 0,217 \text{ m} \sim 10''$$

#### 4.6.6.2 Presión estática

$$P = \rho g H = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 40 m = 392 \frac{N}{m^2} = 392000 Pa$$

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 14,5 \text{ psi}$$

$$P = 56,84 \text{ psi}$$

#### 4.6.6.3 Golpe de Ariete

Una columna de líquido moviéndose tiene inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Entre más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión.

Estas sobrepresiones pueden llegar a ser lo suficientemente grandes para reventar cualquier tipo de Tubería. Este fenómeno se conoce con el nombre de Golpe de Ariete.

Las principales causas de este fenómeno son:

1. La apertura y el cierre rápidos de una válvula
2. El arranque y la parada de una bomba
3. La acumulación y el movimiento de bolsas de aire dentro de las Tuberías

Al cerrar una válvula, la sobrepresión máxima que se puede esperar se calcula así:

$$P = \frac{a V}{g} \text{ con:}$$
$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + (K/E) (RDE-2)}}$$

**En donde:**

P = Sobrepresión máxima en metros de columna de agua, al cerrar bruscamente la válvula.

a = Velocidad de la onda (m/s).

V = Cambio de velocidad del agua (m/s).

g = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

K = Módulo de compresión del agua = 2.06 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup>

E = Módulo de elasticidad de la Tubería (2.81 x 10<sup>4</sup> Kg/cm<sup>2</sup> para PVC Tipo 1, Grado1)

RDE = Relación diámetro exterior/espesor mínimo.

Un efecto no muy conocido pero mucho más perjudicial para las Tuberías es el del aire atrapado en la línea.

El aire es compresible y si se transporta con el agua en una conducción este puede actuar como un resorte, comprimiéndose y expandiéndose aleatoriamente.

Se ha demostrado que estas compresiones repentinas pueden aumentar la presión en un punto, hasta 10 veces la presión de servicio.

Tabla 20 Valores de velocidad de onda utilizando la fórmula

Valores de "a" en función del RDE	
RDE	a(m/s)
21	368
26	330
32.5	294
41	261

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1+(K/E)(RDE-2)}} = \frac{1420}{\sqrt{1+(2.06/2.81)(41-2)}} = 261 \text{ m/s para RDE 41}$$

#### 4.6.6.3.1 Fórmula de hazen - williams (1903)

Para tuberías rugosas con régimen en transición o turbulento y agua a presión (Recomendada para diámetros cuyo valor oscila entre los 50 y 3.500 mm.).

$$V = 0,355CD^{0,63}j^{0,54}$$

$$V = 0,355 \times 150 \times 250^{0,63} \times 0,0162^{0,54} = 2,40 \text{ m/s}$$

Donde:

V = Velocidad de circulación del agua.

D = Diámetro interior de la tubería.

j = Pérdida de carga unitaria en la tubería.

C es un coeficiente que tiene los siguientes valores:

Tabla 21 Valores de C Hazen Williams

VALORES DE C para Hazen-Williams	
C	Material
135 a 150	Fundición nodular
152	Acero
150	Hormigón pretensado
140 a 155	Fibrocemento
150	Plástico o fibra de vidrio
148	Fundición laminar
150	PVC y PE

Fuente Cátedra de Ingeniería Rural. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

$$\text{Entonces, } P = \frac{a \times V}{g} = \frac{261 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \times 2,40 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 63,21 \text{ mca} \equiv 89,76 \text{ psi}$$

4.6.6.3.2 Se obtiene el tiempo de parada con la ecuación de Mendiluce. En el caso de abastecimientos por gravedad, el tiempo de cierre de la válvula será conocido.

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m} = 1 + \frac{1,5 \times 850 \times 2,4}{9,81 \times 40} = 8,8 \text{ s}$$

L: Longitud de la conducción (m)

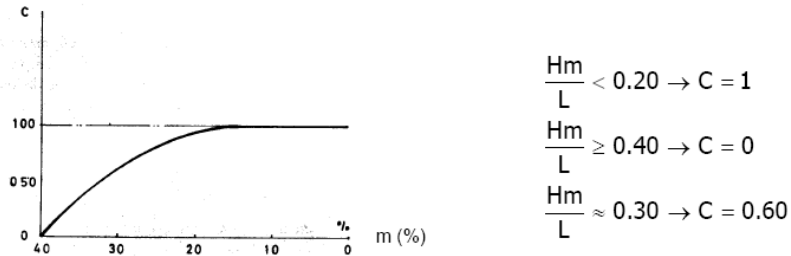
v: Velocidad de régimen del agua (m/s)

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

H<sub>m</sub>: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C y K: Coeficientes de ajuste empíricos

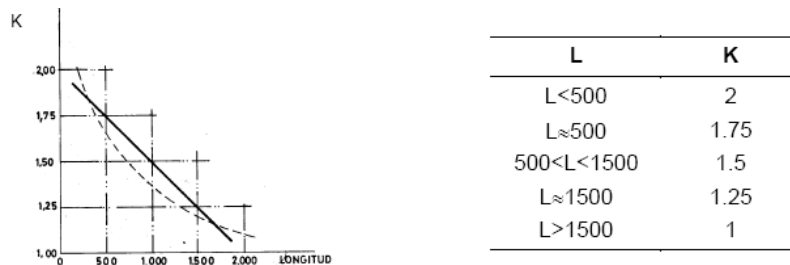
Gráfica 10 Coeficiente C según Mendiluce



Valores del coeficiente C según Mendiluce

Fuente Cátedra de Ingeniería Rural. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

Gráfica 11 Coeficiente K según Mendiluce



Fuente Cátedra de Ingeniería Rural. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

4.6.6.3.3 Se calcula la longitud crítica “L<sub>c</sub>”, que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la L<sub>c</sub> rige la fórmula de Michaud.

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{261 \times 8,8}{2} = 1148 \text{ m} > L = 850 \text{ m}$$

$$\frac{2L}{a} = \frac{2 \times 850}{261} = 6,51 \text{ s} < 8,8 \text{ s} = T$$

- Se comparan las longitudes L y L<sub>c</sub>.

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

Según la tabla anterior, se considera impulsión corta y cierre lento

Entonces  $\Delta H = \frac{2 \times 850 \times 2,4}{9,81 \times 8,8} = 47,26 \text{ mca} \equiv 67,11 \text{ psi}$

4.6.6.3.4 Para disminuir este riesgo se deben tomar las siguientes precauciones:

- Mantener siempre baja velocidad, especialmente en diámetros grandes. Durante el llenado de la Tubería, la velocidad no debe ser mayor de 0.3 m/seg., hasta que todo el aire salga y la presión llegue a su valor nominal.
- Instalar ventosas de doble efecto, en los puntos altos, bajos y a lo largo de tramos rectos, muy largos, para purgar el aire, y permitir su entrada cuando se interrumpe el servicio.
- Durante la operación de la línea, prevenir la entrada del aire en las bocatomas, rejillas, etc., de manera que el flujo de agua sea continuo.
- En impulsiones, se colocan las *válvulas de retención* necesarias para mantener la línea de sobrepresión debida al golpe de ariete por debajo de la línea piezométrica. Con las válvulas de retención se *desplaza* la línea de máximas presiones del golpe de ariete

#### 4.6.6.4 Diseño de Anclajes

Cuando una Tubería está sujeta a presión hidrostática interna, esta presión actúa igualmente en todas las paredes de la Tubería produciendo “fuerzas de empuje”. Es esencial eliminar los movimientos debidos a estos empujes cuando la Tubería no está unida por soldadura. Debe proveerse empotramiento externo en todas las tees, curvas, tapones, válvulas, etc. para resistir las fuerzas de empuje. Debido a la flexibilidad intrínseca de PVC, es además importante diseñar los empotramientos en las curvas para contrarrestar la tendencia a desacoplarse. Estos anclajes se requieren en:

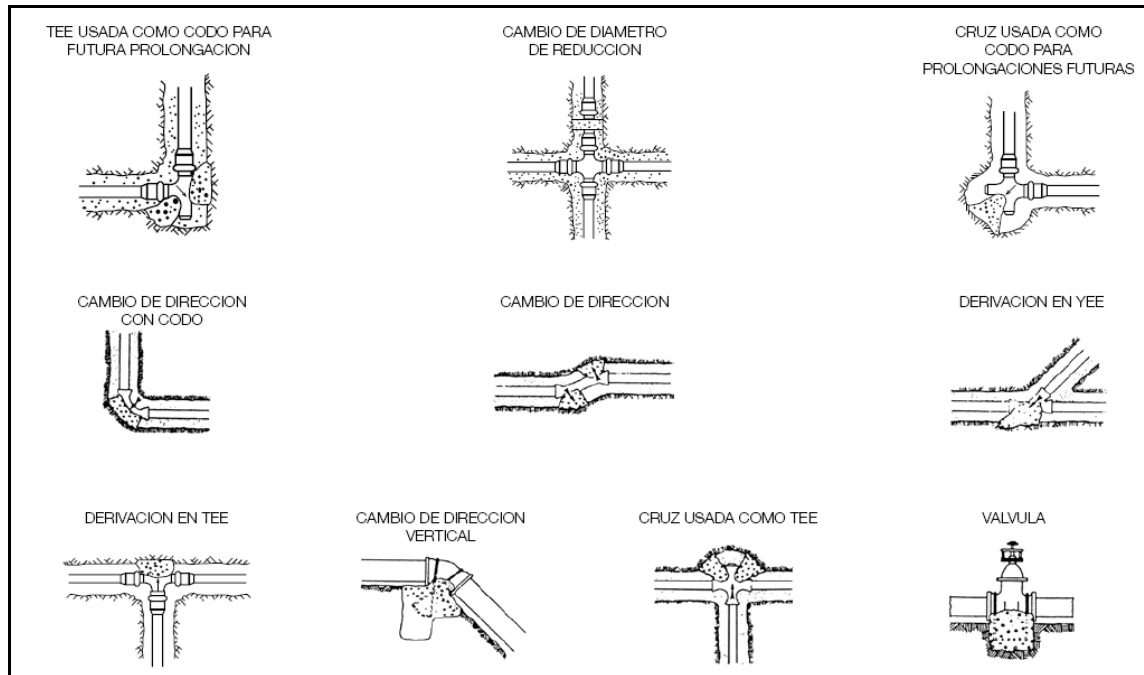


- Cambios de dirección
- Cambios en tamaño, reducciones
- Tapones en terminales ciegas
- Conexiones a válvulas, hidrantes, ya que se crea empuje cuando se cierran

El tamaño y tipo de esos bloques o anclajes para el empuje dependen de:

- Presión máxima de operación o de prueba del sistema
- Diámetro de la tubería
- Diámetro de los accesorios
- Tipo de accesorios o conexiones
- Perfil de la línea
- Resistencia del suelo

Figura 16 Anclajes en los cambios de dirección de la tubería



Fuente Manual técnico PAVCO

Tabla 22 Pérdidas en la conducción

Tabla de Pérdida de Presión Tuberías Unión Platino RDE 41

ECUACION HAZEN WILLIAMS  
C 150

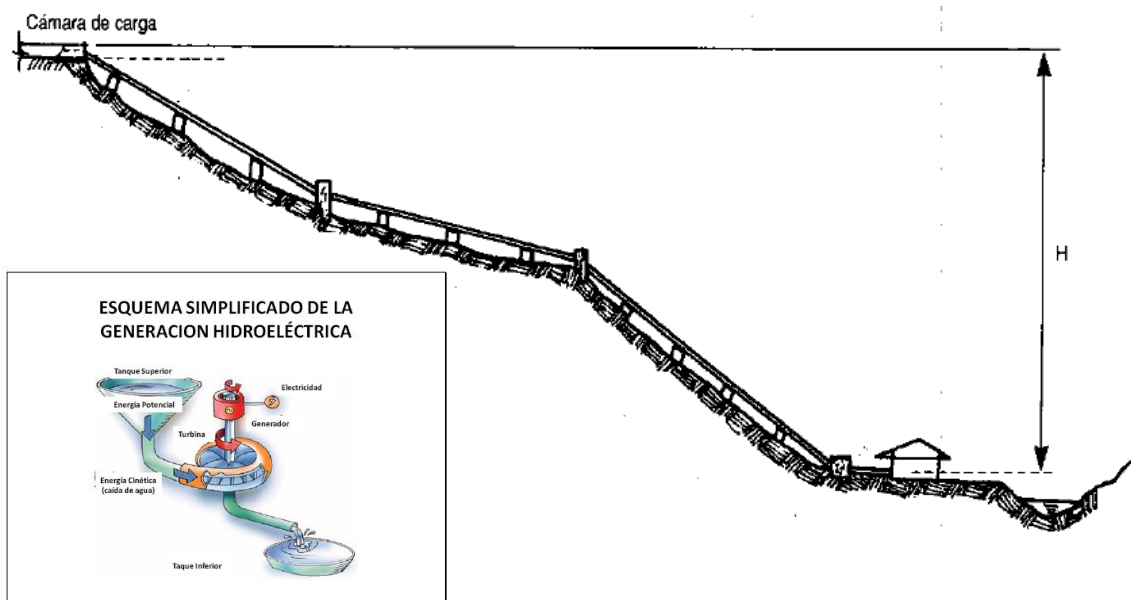
Díametro Nominal	pulg	4	6	8	10	12	14	16	18	20		
Díametro Exterior	mm	114.30	168.28	219.03	273.05	323.85	355.60	406.40	457.20	508.82		
Espesor de Pared	mm	2.79	4.12	5.33	6.66	7.90	8.66	9.91	11.15	12.40		
Díametro Interior	m	0.109	0.180	0.208	0.260	0.308	0.338	0.387	0.435	0.484		
CAUDAL Vs	Velocidad		Velocidad		Velocidad		Velocidad		Velocidad		Velocidad	
	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m
0.20												
0.40												
0.60												
0.80												
1.00												
2.00	0.22	0.0005										
3.00	0.32	0.0010	0.15	0.0002								
4.00	0.43	0.0018	0.20	0.0003								
5.00	0.54	0.0027	0.25	0.0004								
6.00	0.65	0.0038	0.30	0.0006	0.18	0.0002						
7.00	0.75	0.0050	0.35	0.0008	0.21	0.0002						
8.00	0.86	0.0064	0.40	0.0010	0.23	0.0003						
9.00	0.97	0.0080	0.45	0.0012	0.26	0.0003						
10.00	1.08	0.0097	0.50	0.0015	0.29	0.0004						
11.00	1.18	0.0116	0.55	0.0018	0.32	0.0005	0.21	0.0002				
12.00	1.29	0.0136	0.60	0.0021	0.35	0.0006	0.23	0.0002				
13.00	1.40	0.0158	0.65	0.0024	0.38	0.0007	0.25	0.0002				
14.00	1.51	0.0181	0.70	0.0028	0.41	0.0008	0.28	0.0003				
15.00	1.62	0.0206	0.75	0.0031	0.44	0.0009	0.28	0.0003				
16.00	1.72	0.0232	0.80	0.0035	0.47	0.0010	0.30	0.0003				
17.00	1.83	0.0260	0.85	0.0040	0.50	0.0011	0.32	0.0004	0.23	0.0002		
18.00	1.94	0.0289	0.89	0.0044	0.53	0.0012	0.34	0.0004	0.24	0.0002		
19.00	2.05	0.0319	0.94	0.0049	0.56	0.0013	0.36	0.0005	0.25	0.0002		
20.00	2.15	0.0351	0.99	0.0053	0.59	0.0015	0.38	0.0005	0.27	0.0002		
25.00	2.69	0.0531	1.24	0.0081	0.73	0.0022	0.47	0.0008	0.34	0.0003		
30.00	3.23	0.0744	1.49	0.0113	0.88	0.0031	0.57	0.0011	0.40	0.0005	0.33	0.0003
35.00	3.77	0.0990	1.74	0.0151	1.03	0.0042	0.66	0.0014	0.47	0.0006	0.39	0.0004
40.00	4.31	0.1268	1.99	0.0193	1.17	0.0053	0.75	0.0018	0.54	0.0008	0.45	0.0005
45.00	4.85	0.1577	2.24	0.0240	1.32	0.0066	0.85	0.0023	0.60	0.0010	0.50	0.0006
50.00			2.49	0.0291	1.47	0.0081	0.94	0.0029	0.67	0.0012	0.56	0.0008
55.00			2.73	0.0348	1.61	0.0096	1.04	0.0033	0.74	0.0014	0.61	0.0009
60.00			2.98	0.0408	1.76	0.0113	1.13	0.0039	0.81	0.0017	0.67	0.0011
65.00			3.23	0.0474	1.91	0.0131	1.23	0.0045	0.87	0.0020	0.72	0.0012
70.00			3.48	0.0543	2.05	0.0150	1.32	0.0051	0.94	0.0022	0.78	0.0014
75.00			3.73	0.0618	2.20	0.0171	1.42	0.0058	1.01	0.0025	0.83	0.0016
80.00			3.98	0.0696	2.35	0.0192	1.51	0.0066	1.07	0.0029	0.89	0.0018
85.00			4.23	0.0779	2.49	0.0215	1.60	0.0074	1.14	0.0032	0.95	0.0020
90.00			4.47	0.0866	2.64	0.0239	1.70	0.0082	1.21	0.0036	1.00	0.0022
95.00			4.72	0.0957	2.79	0.0265	1.79	0.0090	1.27	0.0039	1.06	0.0025
100.00			4.97	0.1052	2.93	0.0291	1.89	0.0099	1.34	0.0043	1.11	0.0027
105.00					3.08	0.0319	1.98	0.0109	1.41	0.0047	1.17	0.0030
110.00					3.23	0.0347	2.09	0.0119	1.48	0.0052	1.22	0.0033
115.00					3.37	0.0377	2.17	0.0129	1.54	0.0056	1.28	0.0036
120.00					3.52	0.0408	2.26	0.0139	1.61	0.0061	1.34	0.0038
125.00					3.67	0.0440	2.36	0.0150	1.68	0.0065	1.39	0.0042
130.00					3.81	0.0473	2.45	0.0162	1.74	0.0070	1.45	0.0045
135.00					3.96	0.0507	2.55	0.0173	1.81	0.0076	1.50	0.0048
140.00					4.11	0.0543	2.64	0.0185	1.88	0.0081	1.56	0.0051
145.00					4.25	0.0579	2.74	0.0196	1.96	0.0086	1.61	0.0055
150.00					4.40	0.0616	2.83	0.0211	2.01	0.0092	1.67	0.0058
155.00					4.55	0.0655	2.93	0.0224	2.08	0.0098	1.72	0.0062
160.00					4.69	0.0695	3.02	0.0238	2.15	0.0103	1.78	0.0066
165.00					4.84	0.0735	3.11	0.0251	2.21	0.0110	1.84	0.0069
170.00					4.99	0.0777	3.21	0.0266	2.28	0.0116	1.89	0.0073
175.00							3.30	0.0280	2.35	0.0122	1.96	0.0077
180.00							3.40	0.0295	2.42	0.0129	2.00	0.0082
185.00							3.49	0.0311	2.48	0.0135	2.06	0.0086
190.00							3.59	0.0327	2.55	0.0142	2.11	0.0090
195.00							3.68	0.0343	2.62	0.0149	2.17	0.0095
200.00							3.77	0.0359	2.68	0.0156	2.23	0.0099
205.00							3.87	0.0376	2.75	0.0164	2.28	0.0104
210.00							3.96	0.0393	2.82	0.0171	2.34	0.0109
215.00							4.06	0.0411	2.88	0.0179	2.39	0.0113
220.00							4.15	0.0428	2.96	0.0187	2.45	0.0118
225.00							4.25	0.0447	3.02	0.0195	2.50	0.0123
230.00							4.34	0.0465	3.09	0.0203	2.56	0.0128
235.00							4.44	0.0484	3.15	0.0211	2.61	0.0134
240.00							4.53	0.0503	3.22	0.0219	2.67	0.0139
245.00							4.62	0.0523	3.29	0.0228	2.73	0.0144
250.00							4.72	0.0543	3.35	0.0236	2.78	0.0150
255.00							4.81	0.0563	3.42	0.0245	2.84	0.0156
260.00							4.91	0.0584	3.49	0.0254	2.89	0.0161
265.00							5.00	0.0605	3.56	0.0263	2.95	0.0167
270.00									3.62	0.0273	3.00	0.0173
275.00									3.69	0.0282	3.06	0.0179
280.00									3.76	0.0292	3.12	0.0185
285.00									3.82	0.0301	3.17	0.0191
290.00									3.89	0.0311	3.23	0.0197
295.00									3.96	0.0321	3.28	0.0204
300.00									4.03	0.0331	3.34	0.0210
305.00									4.09	0.0342	3.39	0.0217
310.00									4.16	0.0352	3.45	0.0223
315.00									4.23	0.0363	3.50	0.0230
320.00									4.29	0.0374	3.56	0.0237
325.00									4.36	0.0384	3.62	0.0244
330.00									4.43	0.0395	3.67	0.0251
335.00									4.49	0.0407	3.73	0.0258
340.00									4.56	0.0418	3.78	0.0265
360.00									4.83	0.0465	4.01	0.0294
370.00									4.96	0.0489	4.12	0.0310
380.00									4.23	0.0325	3.24	0.0170
390.00									4.34	0.0341	3.32	0.0178
400.00									4.45	0.0358	3.41	0.0187
450.00											3.83	0.0232
500.00											4.26	0.0282
600.00												
700.00												
800.00												

Fuente Manual técnico PAVCO

#### 4.6.7 Potencial hidro energético

Se utiliza la energía potencial del caudal  $Q$ , al final de la caída  $H$ , la cual se transforma en energía cinética en la turbina, la cual se convierte en energía eléctrica en el generador.

Figura 17 Potencial hidro energético



Fuente Manual de mini y micro centrales hidráulicas. ITDG Perú

La potencia está dada por la fórmula

$$P = \rho \times g \times Q (\text{m}^3/\text{s}) \times H \times \eta_{\text{cond}} \times \eta_{\text{turb}} \times \eta_{\text{gen}} \times \eta_{\text{tr}} / 1000$$

Donde

$P$  es la potencia en KW

$Q$  es el caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

$H$  es el salto bruto en m

$g$  es la aceleración de la gravedad en  $\text{m}/\text{s}^2$

$\rho$  es la densidad del agua en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$\eta_{\text{cond}}$  es la eficiencia de la conducción, adimensional.

$\eta_{\text{turb}}$  es la eficiencia de la turbina, adimensional.

$\eta_{\text{gen}}$  es la eficiencia de la transmisión, adimensional .

$\eta_{\text{tr}}$  es la eficiencia de la transmisión

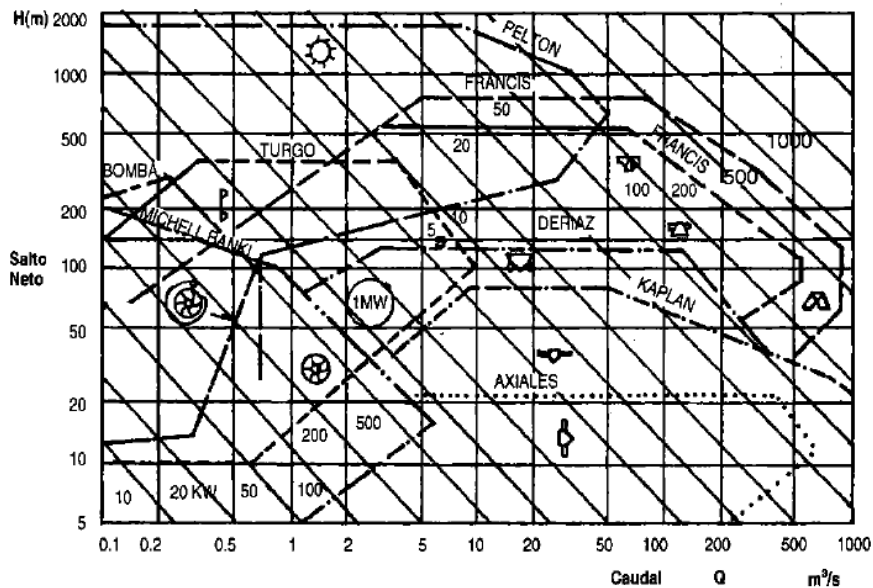
La experiencia ha arrojado como resultado una fórmula resumida, cuando las eficiencias son bastante malas, para el caso más desfavorable

$$P = 7QH = 7 \times 0.13 \times 40 = 36,4 \text{ KW}$$

Por lo que se puede pensar en generar de 30 KW a 32 KW.

A continuación se presenta la gráfica del manual de mini y micro centrales del grupo ITDG-Perú, para la selección del tipo de turbina:

Gráfica 12 Selección tipo de turbina. Salto vs caudal



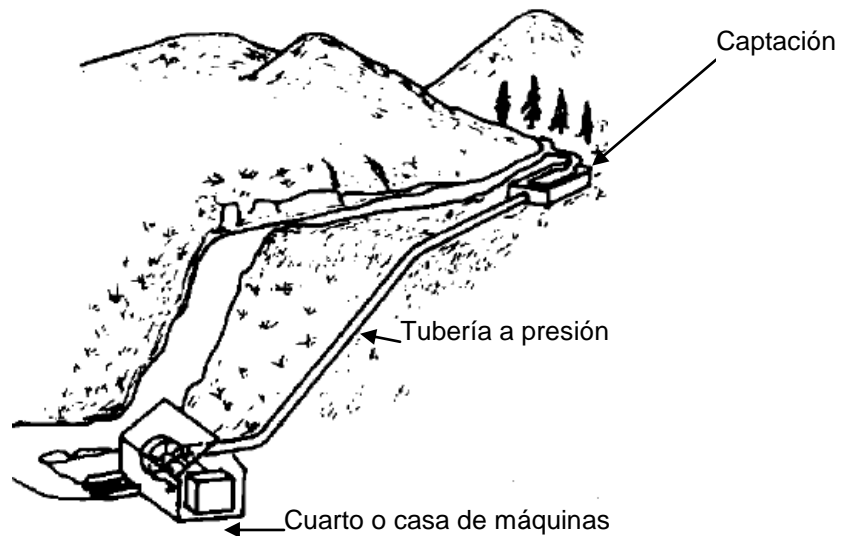
Para el caso específico del cultivo de flores Jardines El Ochuval, se seleccionó el tipo de turbina Michell Banki.

#### 4.6.8 Obra civil

Son las obras que se deben realizar para adecuar la infraestructura para la

disposición final de equipos, tubería y redes eléctricas. Las obras necesarias para el proyecto de micro hidrogeneración, estas son las de captación, que consisten en bocatoma, desarenador y cámara de carga; las excavaciones, instalación y lleno de la tubería a presión; el cuarto de máquinas en mampostería en bloque de 0,15 m de espesor con cubierta de teja de asbesto cemento, puerta con marco metálico y piso en concreto.

Figura 18 Obra civil



Fuente Manual de mini y micro centrales hidráulicas. ITDG Perú

A continuación se presenta la tabla con las cantidades de obra civil:

Tabla 23 Cantidades de obra civil

	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Obras tubería				
1.1	Excavación tubería	850	m	7 958	6 764 436
1.2	Atraque tubería	5	m3	950 000	4 750 000
2	Cuarto de máquinas 5 m x 6 m x 2,40 m				
2.1	Piso en concreto	30	m2	62 800	1 884 000
2.2	Mampostería	52.8	m2	51 235	2 705 208
2.3	Techo	65.12	m2	65 000	4 232 800
2.4	Puerta	1	un	360 000	360 000
3	Concreto captación, desarenador y tanque	3.06	m3	1 530 000	4 681 800
4	Acero de refuerzo	330	kg	4 140	1 366 200
TOTAL OBRA CIVIL					26 744 444

#### **4.6.9 Red de distribución**

El cultivo cuenta ahora con una red trifásica a 13200 Voltios, la cual pasa cerca de los invernaderos, cuenta con 2 transformadores trifásicos, con una potencia aparente de 45 KVA.

Los transformadores son de 13,2 KVA-208 120V , este voltaje es adecuado para el suministro de energía del alumbrado existente (bombilla incandescente de 200 w)

Desde el cuarto de máquinas hasta los invernaderos, se tiene una longitud de 530 m. Para esta distancia se utilizarán cinco postes de madera de 8 m de altura, con cuatro líneas de cable No.2.

Se utilizará transferencia automatizada para conectar la red existente con la red de la generación, con el fin de utilizar la red existente cuando la de la generación salga de servicio por algún problema o por mantenimiento.

#### **4.7 ANÁLISIS FINANCIERO**

El análisis de viabilidad financiera es el análisis que se hace de los diferentes flujos de efectivo—o costos en este caso—e indicadores con el ánimo de determinar si la propuesta o alternativa son atractivos, desde el punto de vista financiero.

Para tal efecto, se utiliza el Valor Presente Neto VPN como medida para determinar los flujos de costos traídos al presente, comparando dos alternativas y elegir la de menor valor, que para el caso se interpreta como el menor costo.

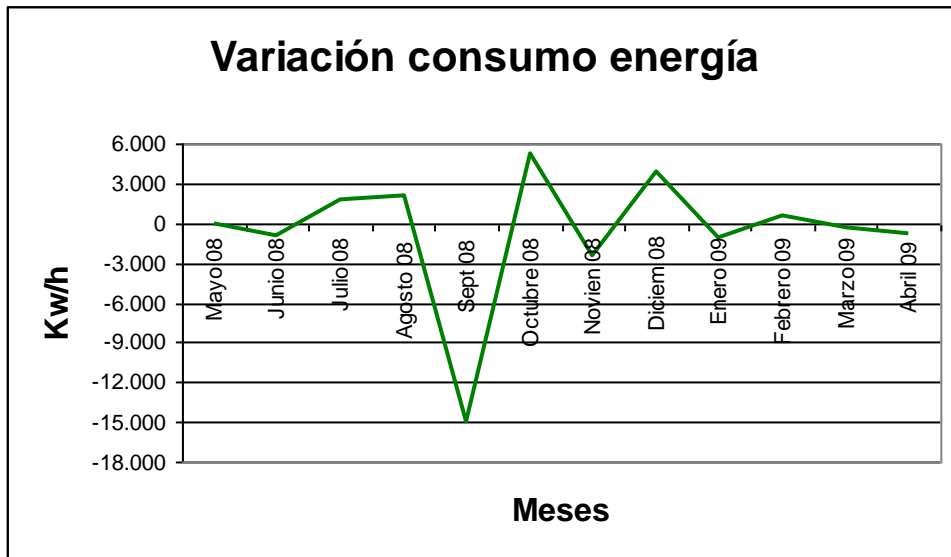
De igual manera, para la evaluación financiera se deben tener en cuenta varias consideraciones que facilitan el entendimiento e interpretación de los resultados. Se considera entonces:

- La evaluación se hace en pesos constantes a 30 de junio de 2009. Esto se hace con el fin de no contaminar la evaluación con elementos como la inflación y corrección montaría, que son irrelevantes y que sí distorsionan los valores, dado que es una evaluación de un proceso técnico operacional.
- La evaluación se hace antes de intereses e impuestos, con el fin de mostrar el impacto netamente operativo, sin incluir factores externos.
- La tasa de descuento a utilizar será del 10.13% EA, tasa correspondiente a la pagada por un CDT a 180 días en la entidad financiera INTERNACIONAL S.A. a 17 de junio de 2009, Fuente: Superintendencia Financiera de Colombia. Esta

tasa es la tasa de oportunidad que podría conseguir si invierte en un CDT con mínimo riesgo.

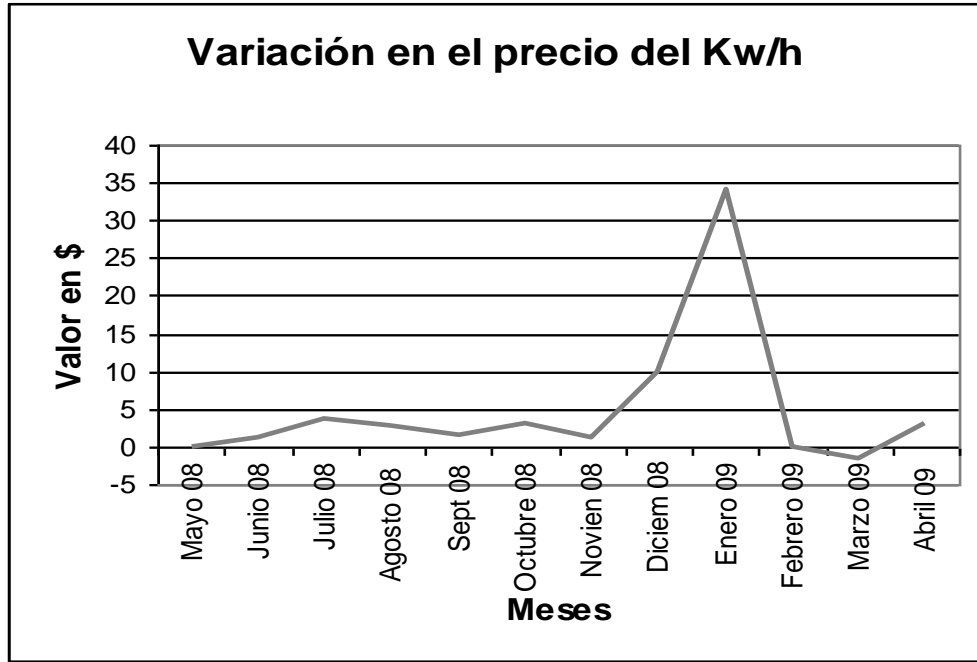
- La evaluación tendrá un horizonte de 10 años.
- El consumo de energía proyectado para los 10 años será el equivalente al valor promedio de consumo del último año y corresponde a 156.294 Kw/h al año. Esta consideración se hace puesto que la variación de consumo es bastante alta y no se puede establecer una tendencia creciente o decreciente como muestra la grafica.

Gráfica 13 Variación consumo de energía

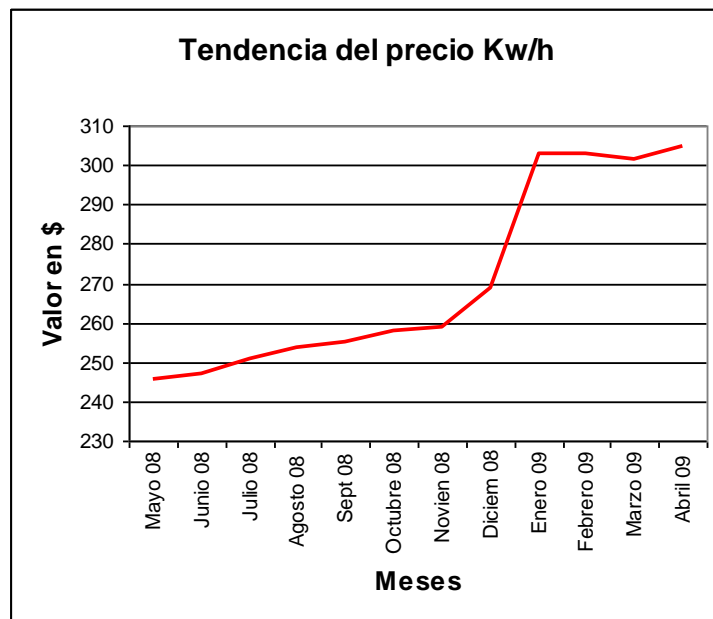


- De igual manera, el precio del Kw/h se utilizará de manera constante por la proyección de costos en los 10 años, razón que se explica por la difícil predicción del valor de esta unidad y que al mismo tiempo tienen una variabilidad importante, que si bien muestra una leve tendencia al alza, tiene variaciones drásticas que pueden inducir a una evaluación desfasada. Este comportamiento se muestra en las graficas siguientes.

Gráfica 14 Variación del precio de KW/h



Gráfica 15 Tendencia del precio KW/h



- El consumo de energía año se establece en 156.294 Kw/h y el valor del Kw/h se estable en \$270.82 constante para los 10 años.



#### **4.7.1 Presupuesto de Inversión.**

Para la respectiva evaluación, se elabora un presupuesto de inversión que recoge todos los elementos necesarios para adelantar el proyecto de generación propia de energía.

Después de hacer los respectivos estudios como levantamiento topográfico, medición de caudal y necesidades de consumo, se presupuesta lo necesario para una micro central hidroeléctrica con capacidad de 30 KW

Tabla 24 Presupuesto de la inversión

<b>Maquinaria, Equipo e Insumos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vr unitario</b>	<b>Vr. Total</b>
<b>Equipo Hidráulico</b>				
Tubería hidráulica Banki 30 Kw	un	1	17.000.000	17.000.000
Generador trifásico 30 Kw	un	1	12.700.000	12.700.000
Regulador eléctrico de carga 30 Kw	un	1	10.800.000	10.800.000
Tablero de interconexión	un	1	1.250.000	1.250.000
Banco de resistencia disipadoras 30 Kw	un	1	1.500.000	1.500.000
<b>Total equipo hidráulico</b>				<b>43.250.000</b>
<b>Accesorios hidráulicos y de interconexión</b>				
Juntas Dresser 8"	un	1	350.000	350.000
Accesorios hidráulicos interconexión turbina	Global	1	650.000	650.000
Poleas en hierro con maguitos cónico en acero	Juego	1	1.750.000	1.750.000
Correa en V	Juego	1	950.000	950.000
Red eléctrica de interconexión en casa máquinas	Global	1	1.600.000	1.600.000
<b>Total accesorios hidráulicos y de interconexión</b>				<b>5.300.000</b>
<b>Sub Total equipo hidráulico y accesorios</b>				<b>48.550.000</b>
IVA 16%		16%		7.768.000
<b>Total equipo hidraulico y accesorios</b>				<b>56.318.000</b>
<b>Conducción</b>				
Tubería conducción Unión Platino	m	850	48.645	41.348.250
Válvula de compuerta vástago	un	1	1.386.000	1.386.000
Válvulas de cheque operación horizontal	un	1	2.200.800	2.200.800
Unión brida universal por acople universal	un	1	240.000	240.000
<b>Sub total accesorios conducción</b>				<b>45.175.050</b>
IVA 16%		16%		7.228.008
<b>Total accesorios conducción</b>				<b>52.403.058</b>
<b>Red de distribución</b>				
Cable ACSR N°4	m	2120	996	2.111.520
Vestidas postes	un	9	50.000	450.000
Postes	un	5	200.000	1.000.000
Totalizador de 75 amperios	un	1	160.000	160.000
Trasferencia automática	un	1	520.000	520.000
<b>Sub total cables y postes</b>				<b>4.241.520</b>
IVA 16%		16%		678.643
<b>Total cables y postes</b>				<b>4.920.163</b>
<b>Obras Civiles</b>				
Excavación tubería	m	850	7.958	6.764.300
Atraque tubería	m <sup>3</sup>	5	950.000	4.750.000
Cuarto maquinas-piso en concreto	m <sup>2</sup>	30	62.800	1.884.000
Cuarto maquinas-mampostería	m <sup>2</sup>	52,8	51.235	2.705.208
Cuarto maquinas-techo	m <sup>2</sup>	65,12	65.000	4.232.800
Cuarto maquinas-puerta	un	1	360.000	360.000

Concreto captación, desarenador y tanque	m <sup>3</sup>	3,06	1.530.000	4.681.800
Acero de refuerzo	Kg	330	4.140	1.366.200
<b>Total obras civiles</b>				<b>26.744.308</b>
<b>Diferidos</b>				
Diseño	Global	1	15.000.000	15.000.000
<b>Total diferidos</b>				<b>15.000.000</b>
Sub total inversión				155.385.529
Imprevistos		10%		2.674.431
<b>Total inversión</b>				<b>158.059.960</b>
<b>Costos y Gastos</b>				
Mantenimiento	año	1	400.000	400.000
<b>Indicadores Económicos</b>				
Tasa de descuento				10,13%
Nº periodos				10

De la tabla anterior se deduce la participación de cada uno de los ítems en los requerimientos de inversión de la siguiente manera:

Tabla 25 Participación en la inversión

<b>Inversión</b>		<b>% participa</b>
<b>Inversión Total</b>	<b>158.059.960</b>	<b>100%</b>
Equipo hidráulico	43.250.000	27%
Accesorios hidráulicos	5.300.000	3%
Conducción	45.175.050	29%
Red de distribución	4.241.520	3%
Obras civiles	26.744.308	17%
Diferidos	15.000.000	9%
Imprevistos	2.674.431	2%
IVA	15.674.651	10%

Gráfica 16 Porcentaje de participación en la inversión



#### 4.7.2 Evaluación Financiera.

De con base en los supuestos hechos, y partiendo de la base, que el método más eficaz de evaluación financiera y teniendo en cuenta que es un flujo de costos el método utilizado es el Valor Presente Neto VPN. Evaluamos los flujos de costos reales del proyecto a 10 años con una tasa de descuento de 10.13%.

Se evalúan dos alternativas:

A: Utilización o consumo de la energía que provee Empresas Publicas de Medellín EPM.

B: Generación de energía propia por la instalación de una micro central hidroeléctrica.

Los resultados de traer al presente los flujos de costos e inversión de ambas alternativas es el siguiente:

- Para el suministro de energía por Empresas Publicas de Medellín o alternativa A, el Valor Presente Neto VPN(10.13%) es de \$ -258.634.146

- Para la generación propia de energía o alternativa B el Valor Presente Neto VPN(10.13%) es de \$ -169.669.723

Por definición e interpretación del Valor Presente Neto VPN y teniendo en cuenta que dicha evaluación se hace con base un flujo de costos se debe seleccionar el resultado de menor valor, que para el caso es la alternativa B o la de generación propia de energía.

#### **4.7.3 Financiación.**

La financiación del proyecto corre por cuenta de los propietarios de la empresa Jardines del Ochuval S.A.

#### **4.7.4 Periodo de recuperación de la inversión.**

Para determinar el periodo de recuperación de la inversión se hace necesario determinar los flujos de ingresos o ahorros.

En este sentido, se supone o se toma lo que se paga actualmente por el consumo de energía, como un ahorro o ingreso, es decir, que lo que se paga por consumo, se asume como un ingreso por ventas al mismo precio y en igual cantidad al actual, quedando con signo positivo o como ingreso.

Esta inversión de \$ **158'059.060** se recupera en un periodo aproximado de **3.73 años**, claro está, bajo las condiciones de los supuestos mencionados. Ver Anexo 5

## CONCLUSIONES

- Los conceptos preliminares de hidrología, geología, geotecnia, topografía y comportamiento climatológico facilitan el aprovechamiento hidroeléctrico y confirman la prefactibilidad técnica del proyecto de generación, aprovechando el potencial de caída de la Quebrada La Higuera dentro de la cuenca de la quebrada Las Palmas, para autoconsumo de energía en Jardines El Ochuval.
- El proyecto presenta un marco geomorfológico favorable para sus obras ya que no se encuentran afectadas por fenómenos dinámicos de fallamiento o estructuras regionales; las principales obras como la captación, conducción y cuarto de máquinas se localizan en unidades geomorfológicas bien conservadas, compuestas por unidades deposicionales de cenizas volcánicas sobre vertientes con buena conservación vegetal y sin evidencias de inestabilidades, sin muestra de fenómenos morfodinámicos sobre suelos de buena calidad agronómica.
- Desde el punto de vista ambiental el proyecto se considera viable, dado que el aprovechamiento se hace ciento por ciento dentro del mismo predio de Flores El Ochuval y no hay competencia con otros usos o aprovechamientos.
- Dado que la quebrada La Higuera no cuenta con registros históricos de caudal confiables, se debe consolidar un universo de datos que confirme los estimativos de caudales mínimos y medios. Los aforos ejecutados permitieron determinar un caudal mínimo que debe ser fortalecido en la fase de diseño definitivo. De acuerdo a los aforos realizados en la quebrada La Higuera, se estimó un caudal de 130 l/s como el 70% del caudal mínimo y sobre el cual se hicieron
- Es mandatorio en la normatividad ambiental la presentación de estudios de carácter ambiental; igualmente es obligación presentar al municipio los soportes técnicos de aprovechamiento del recurso para la generación, conciliados con el documento marco de ordenamiento territorial según Acuerdo 13 de 2006 del consejo municipal de La Ceja.
- El código de recursos naturales garantiza la prioridad y exclusividad para la realización de estudios de factibilidad sobre aprovechamiento de aguas con destino a la formulación de proyectos. Por delegación de Ley este trámite debe hacerse en CORNARE como autoridad ambiental competente. Al respecto la Corporación, con fundamento en las consideraciones en el artículo 22 del

Decreto 1220/05 que faculta a la autoridad ambiental para determinar si el proyecto requiere o no presentación del D.A.A., exigirá para el proyecto de Flores Ochuval, éste estudio ambiental

- Después del análisis financiero se puede determinar que el proyecto es financieramente viable a nivel de prefactibilidad.
- En el análisis de costos se destaca que el mayor porcentaje de la inversión está representada por el equipo electromecánico y los elementos de la conducción, esto evidencia que el salto hidráulico es determinante con respecto a la distancia de la generación, ya que en condiciones donde se pueda disminuir la longitud de la conducción, se percibiría una disminución en los costos.

## RECOMENDACIONES

- Para dar mayor utilidad y ventaja a futuros proyectos de aprovechamiento de recurso hídricos para proyectos de micro-generación, es importante contar con una base estadística de información hidrometeorológica que permita contemplar pronósticos de caudales con mayor certidumbre.
- Se presenta un nicho de investigación alrededor de sectores importantes de la economía rural del departamento que requieren de propuestas innovadoras, que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos bastante generosos que existen en el departamento de Antioquia.
- El país debe promover una política más amplia de aprovechamiento del potencial hidro energético, en zonas que se encuentren por fuera del sistema nacional de interconexión.
- Como el mayor aprovechamiento de energía se genera en la noche para efectos de la estimulación fotosintética de las plántulas, se prevé un volumen de generación diurno que requiere aprovechamiento dentro de la plantación. En este caso se debe revisar el aprovechamiento de una potencia promedio 30 Kv en actividades complementarias con el sector de la floricultura.
- Los proyectos de mayor expectativa son aquellos cuyo salto hidráulico se encuentra próximo de la toma al generador, con la suficiente altura para generar.
- Se recomienda iniciar la valoración de factibilidad del proyecto, dado que en la primera fase el proyecto se considera viable, con unas expectativas de recuperación de la inversión en un plazo moderadamente atractivos.



## BIBLIOGRAFÍA

**ARANGO RAVE, María Eugenia, ECHEVERRI CASTAÑO, Yeimy, GÓMEZ CARVAJAL, Diego Ramiro y TRUJILLO VÉLEZ, Rodrigo. Estudio para definir la factibilidad técnica, económica, financiera y ambiental del proyecto hidroeléctrico Río Buey.** Universidad de Medellín, Facultad de ciencias económicas y administrativas 2008.

**ASOCOLFLORES. Guía ambiental para la floricultura.** Ministerio del medio ambiente.

**CASTRO, Adriana. Mini centrales eléctricas.** IDAE. 2006

**COZ, Federico. Manual de mini y micro centrales hidráulicas.** Intermediate Technology Development Group – ITDG -. Perú 1995

**EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLÍN. Anuario hidro meteorológico, 1994,** 136 p, Medellín.

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA DE CIUDAD REAL. Cátedra de ingeniería rural.** [www.ingenieriaRural.com](http://www.ingenieriaRural.com)

**ESPINOZA, Guillermo. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental,** Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Centro de Estudios para el Desarrollo – CED . Santiago – Chile, 2001

**GIRALDO SUÁREZ, Angela Isabel y MARÍN PINEDA Diana Milena. La investigación y desarrollo en el sector floricultor: modelamiento y análisis.** II encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas.

**GONZÁLEZ S, Hernán y ARIAS LÓPEZ, Luis Alberto. Características generales de clima y suelos de las zonas paperas en Antioquia.** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Sede Medellín.

**GUTIERREZ FERNANDEZ, Néstor. Mini central hidroeléctrica.** Escola Técnica Superior Enginyeria. 2002.

**HERMELÍN, M. Estudio geomorfológico del valle de aburrá y del oriente cercano. Informe preliminar N° 1.** Gobernación de Antioquia, Departamento Administrativo de Planeación, Dirección del Plan Metropolitano. Medellín. 1976.

31 p.

**MORA, Diego Camilo y HURTADO, Jorge Mauricio. Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidráulicas como parte de sistemas híbridos.** Universidad Pontificia Javeriana. 2004

**ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Método para la evaluación de los recursos hidro energéticos en pequeña escala,** , Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Cali, Colombia, 2000.

**PAVCO. Manual técnico tubosistemas para acueducto**

**PENCHE, Celso. Manual de pequeña hidráulica.** European Small Hydropower Association – ESHA – Comisión Europea. 1998.

**SMITH, Ricardo, ANGEL, William y GIL, Martha. Análisis de inversión en pequeñas centrales hidroeléctricas.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Evaluación hidro geológica preliminar para los municipios de el Retiro, Rionegro, La Ceja, El Carmen de Viboral, Guarne y Marinilla..** 1997. Centro de Documentación de Posgrados, Medellín.

[www.infoAgro.com](http://www.infoAgro.com). El cultivo del crisantemo.

## **ANEXOS**