



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Facultad de Ciencias Químicas

“PROYECCIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, E INNOVACIÓN:  
COMPLEJO HIDROPODER PAUTE”

Tesis Previa a la Obtención del Título de Magister en  
Planificación y Gestión Energética

Autor

Aurelio Armando Bernal Bernal  
armando.bernal@celec.com.ec

Director

Dr. Manuel García Renté

Cuenca- Ecuador

2014



## Resumen

El conocimiento es actualmente el factor fundamental para el desarrollo y competitividad de los países, y por tanto del bienestar social. El conocimiento se genera principalmente en los centros de investigación, desarrollo e innovación, (I+D+i), tanto de universidades como independientes.

La ciencia y la tecnología, ahora más que nunca, son herramientas indispensables para la construcción de sociedades modernas e incluyentes. El fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica son tareas imprescindibles para apoyar el desarrollo y para competir en entornos cada vez más dominados por el conocimiento y la información.

El Ecuador es uno de los países de la Tierra que posee más agua dulce por m<sup>2</sup> a nivel superficial. Sin embargo, este gran potencial hídrico no ha sido explotado de manera adecuada, en consecuencia, es necesario realizar proyectos de investigación científica con el fin de generar innovación y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de estos recursos hídricos y contribuir de esta forma al progreso del país.

Tal fortaleza hídrica con la que cuenta el Ecuador, impone que “potencie su desarrollo al corto, mediano y largo plazo en pilares sistémicos científicos, técnicos, económicos y sociales soportados en el Agua”, como son: a) Proyectos Hidroeléctricos; b) Hidroseguidores Solares; c) Hidrógeno; d) Arietes Hidráulicos; e) Ecohidroimpacto; entre otros.

Partiendo de este amplio espectro de posibilidades, en la Unidad de Negocio Hidropaute de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), se ha planificado la creación del Complejo Hidropoder Paute, que se ha concebido como un centro de referencia del Ecuador en investigación, desarrollo e innovación tecnológica aplicada a la Hidrogeneración de Poder.

El desarrollo del presente trabajo se basa en un análisis detallado del marco teórico y contextual que sustenta y justifica la importancia que tiene para el



Ecuador la creación de un Centro de Investigación como el Complejo Hidropoder Paute, cuyas actividades se organizarán en torno a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de interés económico – social, soportados en la mayor fortaleza del país: sus recursos hídricos.

Además se presentan los lineamientos que se deben seguir para la creación del Complejo Hidropoder Paute, de tal forma, que se conciba como un Centro que contribuya al desarrollo sostenible de la sociedad ecuatoriana a través de su encargo social relacionado con las energías (renovables), la eficiencia energética y su interrelación con el medio ambiente, pretendiendo alcanzar los siguientes resultados:

- Aumentar el acceso al conocimiento de las fuentes hídricas y las tecnologías para su aprovechamiento.
- Crear una plataforma de conocimientos, que será uno de los pilares del Centro de Investigación.
- Aumentar el acceso a un servicio energético, estable y sostenible basado en las fuentes de energía hídrica.
- Formar nuevos investigadores capaces de satisfacer las necesidades de I+D+i en el sector Hidroenergético en particular.

En definitiva, se realiza la Proyección del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, de tal forma que se constituya en una fuente generadora de alternativas tecnológicas sustentables y que contribuya a la resolución de los problemas energéticos, ambientales y económicos del Ecuador, impulsando su competitividad y desarrollo. En este sentido se establece: la misión, visión, estructura orgánica y objetivos del Centro de Investigación. Además, se desarrollan las líneas de investigación del Centro y se presentan sus principales proyectos iniciales, los mismos que servirán como punto de partida para la investigación y creación de conocimiento dentro del Complejo Hidropoder Paute.



## Abstract

Knowledge is currently the fundamental factor for the development and competitiveness of countries, and therefore, for social well-being. Knowledge is mainly generated in research, development, and innovation centers (R+D+I) both in universities and independently.

Now more than ever, science and technology are indispensable tools for the construction of modern and including societies. The strengthening of scientific research and technological innovation are essential tasks to support development and to compete in environments increasingly dominated by knowledge and information.

Ecuador is one of the countries on Earth that owns more fresh water per m<sup>2</sup> at a superficial level. However, this great water potential has not been adequately exploited. As a consequence, it is necessary to carry out scientific investigation projects in order to generate technology innovation and development for the use of these water resources as a way to contribute to the progress of the country.

Ecuador's water strength requires it to "increase its short-term, medium-term, and long-term development in scientific, technical, economic, and social systemic pillars supported on water," such as: a) Hydroelectric Projects; b) Solar Hydro Trackers; c) Hydrogen; d) Hydraulic Rams; and e) Eco-hydro-impact; among others.

Starting from this broad range of possibilities, the creation of Paute Hydropower Complex has been planned in the Hydropaute Business Unit of Ecuador's Electric Corporation (CELEC EP). This has been conceived as a reference center of Ecuador in technological research, development, and innovation applied to Power Hydro Generation.

The development of this work is based on a detailed analysis of the literature review that sustains and justifies the importance of the creation of a Research Center such as the Paute Hydropower Complex for Ecuador. Its activities will be organized around research, development and innovation projects (R+D+I) of



social-economic interest and supported by the greatest strength of the country: its water resources.

Besides, the guidelines to be followed for the creation of the Paute Hydropower Complex are presented so that it is conceived as a Center that will contribute to the sustainable development of the Ecuadorian society through its social function related to (renewable) energies, energy efficiency and their interrelation with the environment, trying to reach the following results:

- To increase the access to the knowledge of the water sources and the technologies for their use.
- To create a knowledge platform that will be one of the pillars of the Research Center.
- To increase the access to a stable and sustainable energy service based on the sources of water energy.
- To train new researchers able to satisfy the needs of R+D+I in the Hydro-energy sector in particular.

In conclusion, the Project of the Research, Development, and Innovation Center, “Paute Hydro-power Complex,” is carried out so as to constitute a generating source of sustainable technological alternatives and to contribute to the solution of the energy, environmental, and economical problems of Ecuador, encouraging its competitiveness and development. In this sense, the mission, vision, organic structure, and objectives of the Research Center are established. Besides, the Center’s guidelines for investigation are developed and its main initial projects are presented. These will serve as the starting point for the investigation and creation of knowledge in the Paute Hydropower Complex.



## Índice de Contenidos

Resumen .....	2
Abstract .....	4
Índice de Contenidos .....	6
Índice de Figuras .....	9
Índice de Tablas .....	10
Clausula de Reconocimiento del Derecho de la Universidad para Publicar el Documento .....	11
Clausula de Responsabilidad .....	12
Dedicatoria .....	13
Agradecimiento .....	14
Simbología .....	15
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>NECESIDAD DE UN COMPLEJO DE HIDROPODER EN EL ECUADOR .....</b>	<b>23</b>
1.1    Introducción .....	23
1.2    Investigación, Desarrollo e Innovación .....	24
1.3    Análisis de Investigación Científico Técnica en el Mundo y en el Ecuador ....	26
1.4    Centros de Investigación Científico Técnica en el Mundo y en el Ecuador ....	28
1.5    Justificación de un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación Soportado en Recursos Hídricos en el Ecuador .....	37
1.5.1    CELEC-HIDROPAUTE y su compromiso con el desarrollo del país .....	39
1.6    Problemática para la Creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” .....	40
1.7    Leyes y Estatutos Bajo las Cuales Sería Factible la Creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” .....	42
1.8    El Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” Dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir” Impulsando al Desarrollo del Ecuador .....	46
1.9    Conclusiones del capítulo .....	50
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONCEPCIÓN DEL “COMPLEJO HIDROPODER PAUTE” .....</b>	<b>53</b>
2.1    Introducción .....	53



2.2	¿Por qué un Complejo de Investigación del Poder Hidráulico dentro de Hidropaute? .....	54
2.2.1	Papel de la Magnitud Poder en la Dirección Integrada del Complejo Hidropoder Paute .....	56
2.2.2	Trascendencia para el Ecuador de un Complejo Investigativo de Hidropoder en Paute .....	58
2.3	Vinculación y Gestión de los Diferentes Sectores .....	60
2.4	Participantes del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” .....	61
2.5	Ejes Centrales de la Operación del Complejo Hidropoder Paute .....	64
2.6	Como se Debe Enfocar la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) .....	65
2.7	Estrategias para la Sostenibilidad Económica del Centro .....	69
2.8	Conclusiones del capítulo .....	70
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>PROYECCIÓN DEL “COMPLEJO HIDROPODER PAUTE” .....</b>		<b>73</b>
3.1	Introducción .....	73
3.2	Visión, Misión y Objetivos del Centro .....	74
3.3	Estructura Orgánica y Concejo Consultivo .....	76
3.3.1	Subdirección de Investigación .....	78
3.3.2	Subdirección de Innovación y Transferencia de Tecnología .....	80
3.3.3	Subdirección Administrativa .....	80
3.3.4	Subdirección de Postgrado .....	80
3.4	Áreas de Investigación y Desarrollo (Líneas de investigación, programas y proyectos) .....	81
3.4.1	Hidroeléctricas .....	81
3.4.2	Hidroseguidores Solares .....	86
3.4.3	Hidrógeno .....	99
3.4.4	Arietes Hidráulicos .....	116
3.4.5	Ecohidroimpacto .....	121



3.4.6	Investigación sobre temas inherentes a Centrales Hidroeléctricas y Ciencias Fundamentales y Aplicadas .....	137
3.5	Planes de crecimiento a corto, mediano y largo plazo y requerimientos del Complejo Hidropoder Paute .....	140
3.5.1	Requerimientos del Complejo Hidropoder Paute .....	143
3.5.2	Colaboración Nacional e Internacional .....	151
3.6	Desafíos más importantes para el grupo de trabajo creador del Centro de Investigación .....	157
3.7	Conclusiones del capítulo.....	158
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>161</b>
4.1	Conclusiones.....	161
4.2	Recomendaciones .....	167
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>172</b>
<b>Anexo A:</b>	Indicadores de Ciencia y Tecnología para el Ecuador según la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana - RICYT.....	182
<b>Anexo B:</b>	Magnitud Poder .....	185
<b>Anexo C:</b>	Detalles de Instalación de una Pareja de Hidroseguidores con Espejo Cilíndrico Parabólico.....	202
<b>Anexo D:</b>	Esquema de la Máquina Cosechadora de Lechuguín del Embalse Amaluza.....	208





## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1.</b>	Entidades con las que deberá nacer vinculado el Complejo Hidropoder Paute .....	62
<b>Figura 2.2.</b>	Diagrama de flujo del concepto I+D+i.....	65
<b>Figura 2.3.</b>	Diferentes etapas de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.....	66
<b>Figura 3.1.</b>	Estructura Orgánica de la Unidad de Negocio Hidropaute. ....	77
<b>Figura 3.2.</b>	Estructura Orgánica del Complejo Hidropoder Paute. ....	78
<b>Figura 3.3.</b>	Comparación de la energía captada con y sin seguimiento de fotocaptador.....	87
<b>Figura 3.4.</b>	Esquema básico de los Hidroseguidores.....	88
<b>Figura 3.5.</b>	Hundimiento del flotador por una fuerza.....	88
<b>Figura 3.6.</b>	Esquema de la Orientación Ecuatorial Simple del fotocaptador accionado por un Hidroseguidor.....	91
<b>Figura 3.7.</b>	Esquema de una pareja de Hidroseguidores con espejo cilíndrico parabólico. ....	92
<b>Figura 3.8.</b>	Esquema de una estación solar accionada con Hidroseguidores.....	94
<b>Figura 3.9.</b>	Radiación solar en la República del Ecuador .....	96
<b>Figura 3.10.</b>	Unidad de producción del hidrógeno mediante electrólisis .....	104
<b>Figura 3.11.</b>	Esquema del funcionamiento de una célula a combustible tipo PEM (membrana de intercambio de protones).....	110
<b>Figura 3.12.</b>	Topología del complejo Mazar-Molino.....	113
<b>Figura 3.13.</b>	Ruta de producción del hidrógeno a partir de fuentes renovables de energía usando electrólisis de agua y usos del mismo en diferentes sistemas.....	115
<b>Figura 3.14.</b>	Esquema del funcionamiento del ariete hidráulico.....	119
<b>Figura 3.15.</b>	Imagen de invasión de Jacinto de Agua en el embalse Amaluza .....	125
<b>Figura 3.16.</b>	Zona de la Presa Mazar con altas perspectivas para el Ecoturismo... ..	134
<b>Figura 3.17.</b>	Espacio físico requerido para el Complejo Hidropoder Paute.....	144
<b>Figura 3.18.</b>	Cooperación internacional de la SENESCYT.....	152



## Índice de Tablas

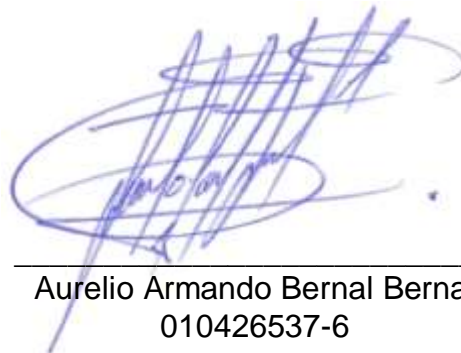
<b>Tabla 2.1.</b>	Fases de vinculación Universidad – Industria – Gobierno. ....	63
<b>Tabla 3.1.</b>	Principales centrales hidroeléctricas del Ecuador.....	82
<b>Tabla 3.2.</b>	Proyectos Hidroeléctricos en construcción.....	83
<b>Tabla 3.3.</b>	Proyectos Hidroeléctricos en estudios.....	83
<b>Tabla 3.4.</b>	Proyectos de Minicentrales Hidroeléctricas. ....	84
<b>Tabla 3.5.</b>	Contenido energético de diferentes combustibles. ....	101
<b>Tabla 3.6.</b>	Valores teóricos de energía necesaria y eficiencia de la electrólisis de agua en función de la temperatura de operación.....	105
<b>Tabla 3.7.</b>	Características de diferentes tipos de electrolizadores.....	107
<b>Tabla 3.8.</b>	Principales tipos de células a combustible. ....	111
<b>Tabla 3.9.</b>	Variación del rendimiento energético del ariete hidráulico (R). ....	120
<b>Tabla 3.10.</b>	Parámetros para tuberías recomendables para alimentar arietes hidráulicos.....	120
<b>Tabla 3.11.</b>	Diferentes usos del Jacinto de agua como fuente de biomasa. ....	127
<b>Tabla 3.12.</b>	Crecimiento del Complejo Hidropoder Paute.....	141
<b>Tabla 3.13.</b>	Laboratorios a ser implementados en el Complejo Hidropoder Paute.....	145
<b>Tabla 3.14.</b>	Perfiles de los especialistas de las áreas de investigación del Complejo Hidropoder Paute.....	147
<b>Tabla 3.15.</b>	Estimación del gasto anual por pagos de remuneraciones de los miembros del Complejo Hidropoder Paute.....	149
<b>Tabla 3.16.</b>	Incentivos recomendados para los trabajadores del Complejo Hidropoder Paute.....	151
<b>Tabla 3.17.</b>	Universidades de cooperación internacional de Producción e Innovación.....	153
<b>Tabla 3.18.</b>	Universidades de cooperación internacional de Recursos Naturales. ....	154
<b>Tabla 3.19.</b>	Centros de Investigación de colaboración del Complejo Hidropoder Paute. ....	155



## **Clausula de Reconocimiento del Derecho de la Universidad para Publicar el Documento**

Yo, Aurelio Armando Bernal Bernal, autor de la tesis “Proyección del Centro de Investigación, Desarrollo, e Innovación: Complejo Hidropoder Paute”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Planificación y Gestión Energética. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 17 de enero de 2014



---

Aurelio Armando Bernal Bernal  
010426537-6



## Clausula de Responsabilidad

Yo, Aurelio Armando Bernal Bernal, autor de la tesis “Proyección del Centro de Investigación, Desarrollo, e Innovación: Complejo Hidropoder Paute”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de enero de 2014



---

Aurelio Armando Bernal Bernal  
010426537-6



## Dedicatoria

*A mis padres: Aurelio y Rosario, por haberme apoyado en todo momento, por sus sabias lecciones, sus valores y por la motivación constante, lo cual me ha ayudado a superarme continuamente buscado siempre el mejor camino. A mi esposa Cecilia, ya que con todo su amor, comprensión y alegría ha sido el impulso que necesito para seguir adelante. Y de manera muy especial quiero dedicar este trabajo a mi hijo Armando Patricio, que está por nacer y que desde ya se ha constituido en mi razón de ser y en fuente de inspiración para lograr con entusiasmo todos mis objetivos.*



## **Agradecimiento**

*En primera instancia quisiera agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta estas instancias y haberme dado salud, fortaleza y valor para alcanzar mis metas, pero principalmente por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi vida. Y son muchas estas personas importantes a las que también me gustaría agradecer: a mis amigos por su apoyo y compañerismo, a mi familia por su confianza y cariño incondicional y a todos mis profesores y de manera especial al Dr. Manuel García Renté, por sus enseñanzas y valiosos consejos. Algunas todavía están a mi lado y otras me acompañaran siempre en mis recuerdos y en mi corazón. Sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer estas palabras, quiero darles las gracias por formar parte de mi vida, por todo lo que me ha brindado y por toda su amistad.*

*¡A todos de verdad muchas gracias!*



## Simbología

### Nomenclatura y abreviaturas usadas

SEMPLADES	-	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
SENESCYT	-	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.
SENAGUA	-	Secretaria Nacional del Agua.
CI + D + i	-	Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación.
PIB	-	Producto Interno Bruto.
UNESCO	-	Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
RICYT	-	Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana.
PNBV	-	Plan Nacional para el Buen Vivir.
INECEL	-	Instituto Ecuatoriano de Electrificación.
CELEC EP	-	Corporación Eléctrica del Ecuador.
CENACE	-	Centro Nacional de Control de Energía.
CONELC	-	Consejo Nacional de Electricidad.
TT	-	Transferencia de Tecnología.
CA	-	Corriente Alterna.
CD	-	Corriente Directa.
GD	-	Generación Distribuida.
GN	-	Gas Natural.
UICN	-	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.
CIER	-	Centro de Investigación de Energías Renovables.
PHI	-	Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO.
AFC	-	Alkaline Fuel Cell (Célula de combustible alcalina).
DMFC	-	Direct Methanol Fuel Cell (Célula Combustible de Metanol Directo).
MCFC	-	Molten Carbonate Fuel Cell (Célula Combustible de Carbonato Fundido).



---

PEMFC	-	Proton Exchange Membrane Fuel Cell.
SOFC	-	Solid Oxide Fuel Cell (Célula Combustible de Oxido Sólido).
KOH	-	Hidróxido de Potasio.
Li	-	Litio.
Na	-	Sodio.
K	-	Potasio.
Zr	-	Circonio.
Y	-	Itrio.
NH <sub>3</sub>	-	Amoníaco.
CO <sub>2</sub>	-	Dióxido de Carbono.
H <sub>2</sub>	-	Hidrógeno molecular.
O <sub>2</sub>	-	Oxígeno diatómico molecular.
H <sup>+</sup>	-	Hidrógeno con carga positiva.
H <sup>-</sup>	-	Hidrógeno con carga negativa.
e <sup>-</sup>	-	Electrón.
USD\$	-	Dólares de los Estados Unidos.
(l)	-	Estado líquido de la materia.
(g)	-	Estado gaseoso de la materia.





## Unidades de Medida

$m^3$	-	Metro cúbico.
$km^2$	-	Kilómetro cuadrado.
h	-	Hora.
kWh; MWh; GWh	-	Kilowatt-hora; Megawatt-hora; Gigawatt-hora.
MJ	-	Megajoule.
kJ	-	Kilojoule.
kg	-	Kilogramos.
mol	-	Moles.
$^{\circ}C$	-	Grados centígrados.
$^{\circ}K$	-	Grados kelvin.
$Hm^3$	-	Hectómetros cúbicos.
L	-	Litros.
min	-	Minutos.
mm	-	Milímetros.
mm	-	Centímetros.
m	-	Metros.
m	-	Segundos.
t	-	Toneladas.
ha	-	Hectáreas.
kcal	-	Kilocalorías.
atm	-	Atmósferas.



## INTRODUCCIÓN

La investigación científica y la innovación tecnológica, ahora más que nunca, son herramientas indispensables para la construcción de sociedades modernas e incluyentes; su fortalecimiento es imprescindible para apoyar el desarrollo y competir en entornos cada vez más dominados por el conocimiento y la información. La ciencia y la tecnología, fruto de la actividad de centros de investigación, tanto públicos como privados, así como de los incorporados a instituciones de educación superior, son un factor determinante para el progreso de las naciones, y su contribución a la competitividad de las empresas es estratégica para el país.

El marco global de la economía ha puesto al Ecuador en una condición de atraso significativo y a pesar de haber tenido avances respecto a su propio desempeño en lo que tiene que ver con la inversión en ciencia y tecnología, el país se encuentra en posiciones inferiores dentro los índices internacionales reportados sobre competitividad, con relación a otros países con los que tiene relaciones comerciales [1].

La generación de ciencia, tecnología e innovación depende de manera natural de las actividades y capacidad de los centros de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), o en su defecto del suministro extranjero de aquéllos, como ha sucedido hasta la fecha; esta última opción es cada vez más compleja, más cara y pone a las empresas en una posición vulnerable por la dependencia de tecnología exterior; a diferencia de la fortaleza que permite generar tecnología propia y controlar su aplicación y evolución a través de plataformas de conocimiento sobre las cuales se construyan cada vez mejores estadios de competitividad.

El Plan Nacional de Desarrollo del Ecuador (Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013), establece como una de sus estrategias a mediano plazo, “la transformación de la educación superior y transferencia de conocimiento en ciencia tecnología e innovación”, lo cual es uno de los factores principales para generar de forma sustentable el desarrollo integro del país. Además, dentro



este Plan se establece que resulta indispensable conjugar la investigación producida en las universidades a los institutos públicos de investigación con el objetivo de crear sinergias que permitan aportar valor agregado a la industria nacional. También se resalta que dado el atraso que tiene el Ecuador en investigación, debe ser prioridad de la cooperación internacional la transferencia tecnológica y de conocimientos. En tal virtud, se concluye que El Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013, considera la generación, transferencia e implantación del conocimiento como instrumento esencial para promover el desarrollo y la competitividad del país.

En la actualidad la competitividad de los países se sustenta en lo que se ha dado por denominar la economía del conocimiento, la cual recae en la capacidad de innovación y en general para el proceso de toma de decisiones. En tal virtud, se hace necesario para el desarrollo del país la creación de un Centro, cuyas actividades se organicen en torno a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de interés económico - social.

La planificación energética moderna en el Ecuador debe propender a la utilización de los recursos naturales y a la exploración de las fuentes hídricas, que permita en el futuro, suplir la demanda de energía y contribuir al desarrollo del país.

En el Ecuador, el agua es la fortaleza y fuente de Poder (respetuosa del Medio Ambiente) más importante para su desarrollo. Por tal motivo, es necesario realizar investigación aplicada y desarrollos tecnológicos innovadores para la generación, transmisión, conversión, almacenamiento y utilización de las fuentes de energía hídricas con las que cuenta el país.

El problema sobre el cual se desarrollará la presente investigación es que en la actualidad el Ecuador no cuenta con un centro de investigación, innovación y desarrollo especializado en tecnologías del poder sustentables para el aprovechamiento de sus recursos hídricos.

En tal virtud, el objetivo general del presente trabajo es realizar la proyección del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder



Paute”, que constituya una fuente generadora de alternativas tecnológicas sustentables y que sirva de referencia para el desarrollo del País. Donde el agua, la energía, los productos, la tecnología, los servicios y ambiente converjan como una vía sostenible e integrada con el fin de crear riquezas para los pueblos del Ecuador. Además, los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

- Realizar la justificación de la creación de un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación como el Complejo Hidropoder Paute en el Ecuador soportado en sus recursos hídricos.
- Establecer las estrategias, tácticas, leyes y reglamentos bajo las cuales se debería crear el Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute”.
- Plantear la vinculación, gestión y participación del Complejo Hidropoder Paute con los diferentes sectores.
- Desarrollar los objetivos generales y propios del Centro de Investigación. Así como también establecer su misión y visión.
- Realizar una propuesta de la estructura organizativa y funcional que regirá el Centro de Investigación, cuya finalidad será la de garantizar que los servicios de investigación y desarrollo aplicados, apoyo técnico, transferencia tecnológica y asesorías, sean prestados en términos de calidad y oportunidad.
- Planificar y Desarrollar las líneas generales de investigación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”.
- Establecer los planes de crecimiento a corto, mediano y largo plazo y requerimientos del Complejo Hidropoder Paute.
- Plantear los desafíos más importantes a los cuales se enfrentará el grupo de trabajo creador del Centro de Investigación.

Resolver la pérdida de competitividad del país es un problema complicado, que requiere una **Solución Viable Táctico – Estratégica: Realista, Integradora,**



**Armónica y Transparente. Estos factores se han tratado de conjugar en la propuesta del "Complejo Hidropoder Paute".** Ecuador requiere de mayor inversión en ciencia, tecnología e innovación, para tal propósito, mejorar la productividad de los centros de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), es un elemento de mayor importancia en el proceso de incorporar a nivel país condiciones para revertir la tendencia negativa de la faltante de competitividad.

Los métodos empleados para la elaboración del presente proyecto fueron:

1. Sistémico.
2. Teórico – Práctico.
3. Histórico – Legal.

El protocolo de Investigación de este trabajo, se basa en un análisis detallado del marco teórico y contextual que sustente y justifique la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación "Complejo Hidropoder Paute". En consecuencia, las tareas desarrolladas fueron las siguientes:

- Búsqueda bibliográfica y análisis de las fuentes.
- Desarrollo de la problemática y justificación de la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación "Complejo Hidropoder Paute".
- Investigación de las leyes y estatutos bajo las cuales se puede crear el centro de investigación.
- Desarrollo de los conceptos a manejarse para la formación del centro de investigación.
- Realizar la propuesta del Centro de Investigación, Desarrollo e innovación "Complejo Hidropoder Paute".

Es así que en primera instancia se realiza un estudio sobre las leyes, reglamentos y objetivos, establecidos por la Constitución de la República del Ecuador, la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) y el Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013 del Ecuador, que sustenten la creación del Complejo Hidropoder Paute. Además, se desarrolla una investigación sobre los conceptos a manejarse para la



implementación del Centro de Investigación y se realiza un análisis detallado del marco teórico que describe como se deben enfocar los criterios I+D+i.

Se realizó investigación bibliográfica de la información disponible sobre la potencialidad del país para el aprovechamiento de los recursos hídricos, con el fin de analizar las áreas de investigación del Centro.

Por último, se aplican los conceptos estudiados e investigados, para desarrollar la propuesta del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo “Complejo Hidropoder Paute” planteándose su misión, visión, estructura organizativa y objetivos a corto, mediano y largo plazo. Como temas trascendentales, se desarrollan las líneas generales de investigación, con ejemplos de proyectos iniciales que servirán como base para el inicio las actividades de investigación del Complejo Hidropoder Paute.

A lo largo de esta investigación se establecen los conceptos claves a manejarse dentro del Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute”, conceptos tales como: el aprovechamiento de los recursos energéticos hídricos, la generación de oportunidades de negocio, la formación de recursos humanos especializados, el desarrollo de tecnologías energéticas sustentables y la socialización especializada del Hidropoder.



## CAPÍTULO I

### NECESIDAD DE UN COMPLEJO DE HIDROPODER EN EL ECUADOR

#### 1.1 Introducción

La creación del capital humano Ad Hoc es vital para el desarrollo científico, técnico, económico y social de un país. Tal es así que países como Estados Unidos, Japón, La República de Corea del Sur, China, India, Suecia, Suiza y otros países europeos que son muy competitivos y que están en los primeros lugares de ciencia y tecnología han desarrollado en primer lugar el capital humano científico técnico, para luego y en paralelo crear desarrollo económico y proporcionar inclusión social.

En América Latina tratando de seguir los lineamientos de los países competitivos mencionados en el párrafo anterior, se ha desarrollado políticas aplicadas a mejorar la ciencia y le tecnología. Países como Brasil, Chile y México han logrado desarrollo económico con un cierto grado de inclusión social. La diferencia económica y de bienestar social entre países es proporcional con la inversión que han hecho y hacen en ciencia y tecnología, además el desarrollo científico, técnico y económico debe estructurarse con inclusión social para lograr un desarrollo armónico y sostenible. En países de nuestra región se puede observar que existen ya cambios en estos sistemas pero que no han sido del todo positivos, ya que si bien es cierto, se han elevado sus esfuerzos en el ámbito de desarrollo de ciencia y tecnología, todavía se sigue siendo muy inferior a lo que han logrado los países desarrollados.

En el Ecuador durante los últimos años se ha trabajado en el ámbito de desarrollar la ciencia y tecnología. El Gobierno Nacional a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SEMPLADES) y de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación



(SENESCYT), está implementando políticas encaminadas al progreso de ciencia y tecnología con la perspectiva de incrementar la inversión en estas áreas y potenciar de esta forma el desarrollo y la competitividad del país. Sin embargo, pese a todos los esfuerzos que se están realizando, el Ecuador es aún muy débil en la formación de recursos humanos.

El Ecuador ha sido tradicionalmente un país rico en recursos naturales y sobre todo en sus recursos hídricos, tal es así que podría decir que: *“Para el Ecuador, el agua constituye, la fuente de energía más importante para desarrollo una vez finalizada la época petrolera”* [2]. En consecuencia se hace necesario para el progreso y aumento de competitividad en el país la formación de capital humano especializado, esto con el objetivo de aprovechar al máximo los recursos naturales con los que se cuenta y pasar de ser un país productor de commodities (materias primas) a un país capaz de generar productos con gran valor agregado.

## **1.2 Investigación, Desarrollo e Innovación**

El conocimiento es actualmente el factor fundamental para el desarrollo y competitividad de los países, y por tanto del bienestar social. El conocimiento se genera principalmente en los centros de investigación, desarrollo e innovación, (I+D+i), tanto de universidades como independientes [3].

La investigación científica y la innovación tecnológica, hoy en día, son instrumentos importantes para construir sociedades modernas e incluyentes; su fortalecimiento es vital para generar progreso y competir en entornos cada vez más dominados por el conocimiento y la información. La ciencia y la tecnología, que se producen dentro de los centros de investigación, que pueden ser tanto públicos como privados y relacionados con instituciones de educación superior, son factores determinantes que contribuyen al desarrollo de las empresas y al aumento de la competitividad de un país.





Los centros de investigación en la actualidad están enfocados bajo los criterios I+D+i que definen el concepto de Investigación, Desarrollo e Innovación bajo los siguientes criterios [4]:

- **Investigación Básica:** La Investigación Básica comprende todos aquellos estudios o trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos, se analiza propiedades, estructuras y relaciones con el objetivo de formular hipótesis, teorías y leyes. En esta etapa los científicos realizan "*Descubrimientos*". La investigación puede ser pura u orientada:  
*Pura:* Avanzar el conocimiento sin intención de su aplicación o transferencia.  
*Orientada:* Generar conocimiento para resolver problemas o aprovechar áreas de oportunidad.
- **Investigación Aplicada:** La Investigación Aplicada parte de los trabajos originales desarrollados en la investigación básica, pero con el objetivo de adquirir conocimientos nuevos orientados a un objetivo práctico determinado, dichos resultados son susceptibles de ser patentados, para una futura explotación comercial. En esta etapa los científicos o técnicos "*Inventan*".
- **Procesos de Maduración Tecnológica:** Proyectos demostrativos de las tecnologías, aprovechar los conocimientos y/o experiencias en la producción de nuevos materiales. El desarrollo tecnológico comprende la utilización de los conocimientos adquiridos en la investigación aplicada para la producción de materiales, dispositivos, procedimientos o servicios nuevos. En esta etapa se ha conseguido los conocimientos "*Know How*" (saber cómo hacer) y se desarrolla los prototipos o plantas pilotos.
- Por último si los resultados del prototipo son eficaces y viables, se realiza inversiones para producir en grandes series y vender al



mercado, entonces cuando el mercado acepta el producto o servicio, se convierte en innovación.

### **1.3 Análisis de Investigación Científico Técnica en el Mundo y en el Ecuador**

Estados Unidos, Japón, La República de Corea, Suecia, Suiza, junto con otros países europeos, están en los primeros lugares de inversión en ciencia y tecnología. Saben del valor de ella y por eso que sus gobiernos invierten grandes cantidades para ser competitivos [5]. En Ecuador a pesar de los últimos esfuerzos que está haciendo el actual gobierno, todavía no se logra una visión que permita un anclaje en estos dos ejes para ser mejores y tener bases para el desarrollo socio-económico.

Los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología en América Latina florecieron de manera relativamente aislada en lo que se podría llamar el 'Sistema de Ciencia y Tecnología'. Como consecuencia, el conocimiento y las capacidades desarrolladas en dichas instituciones no estaban sintonizadas con las necesidades específicas de los usuarios potenciales, lo que indica que existe la necesidad de reorientar los sistemas de ciencia y tecnología, atendiendo a los requerimientos de una nueva integración. En los próximos años los sistemas de desarrollo de la ciencia y tecnología sufrirán un conjunto de cambios derivados de las nuevas concepciones y demandas que el nuevo patrón de producción genera [5]. De esta manera, una característica es la elaboración de diagnósticos de las capacidades y potencialidades de la ciencia y tecnología, tomando como marco el concepto de Sistema Nacional de Innovación, poniendo especial énfasis en su aportación hacia el sector productivo. De hecho, parte de los diagnósticos y las propuestas de política se venían desarrollando desde principios de la década de los noventa, sin embargo las crisis económicas no dieron oportunidad para las reformas. Será entonces estos años venideros cuando se impulsen y concreten los cambios en los sistemas y políticas de ciencia y tecnología.



En América Latina se ha desarrollado políticas aplicadas a mejorar la ciencia y le tecnología y se puede observar que existen ya cambios en estos sistemas pero que no han sido totalmente positivos, ya que si bien es cierto, se han elevado sus esfuerzos en el ámbito de inversión en la ciencia y la tecnología, pasando de una inversión del 0,55 % del PIB (Producto Interno Bruto) en el año 2000 al 0,69 % en el año 2009 [1], todavía sigue siendo muy inferior a lo que gastan los países desarrollados, pues equivale a poco más del 2 % del PIB.

La diferencia económica y de bienestar social entre países guarda una clara proporción con la inversión que han hecho y hacen en ciencia y tecnología. Ecuador lamentablemente, al abrir su economía, no invirtió adecuadamente en estos temas fundamentales. En este contexto puede apreciarse, por ejemplo, que los primeros centros de investigación surgen relativamente tarde (en la década de los noventa) a iniciativa del sector público (principalmente en universidades) y con recursos del mismo origen; mientras que en países como Estados Unidos, Alemania y Japón, entre otros, fueron creados especialmente por la iniciativa privada mucho antes [3].

La UNESCO (Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) sugiere destinar por lo menos el 1 % del PIB a la ciencia y tecnología. Según datos de RICYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana) [1], Ecuador ha invertido durante el 2008 en ciencia y tecnología un 0,37 % de su PIB y en investigación y desarrollo un 0,25 % de su PIB, lo cual está por debajo de lo sugerido por la UNESCO, sin ni si quiera alcanzar el promedio de inversión de América Latina. Al invertir más % del PIB en estas áreas, el Ecuador tendría la posibilidad de mejorar su productividad, por ejemplo aprovechando y explotando de mejor manera la gran fortaleza que tiene en sus recursos hídricos [5]. Sin embargo esto no se ha dado y entre las principales razones están la falta de una cultura y presupuesto para investigación científica, lo cual provoca que el país no se desarrolle en base a su mayor fuente de riqueza que son sus recursos hídricos.

La ciencia va de la mano con la investigación. La tendencia actual del mundo es llevar adelante investigación que sea de utilidad pública. Las instituciones



deben apoyar no solo la formación académica teórica, sino el entrenamiento en los puntales de la investigación como son los conceptos de las ciencias básicas y la estadística, mecanismo mediante el cual se presenta o se establece la relevancia de un estudio científico, sin importar el área en que se lo ha desarrollado. Mientras esto no suceda, lo que observamos es que nuestros profesionales verán como las cosas suceden en otras partes del mundo sin lograr ser gestores de avances en las ciencias. En Ecuador durante los últimos años se ha venido trabajando para aumentar la inversión en cuanto a ciencia y tecnología se refiere. El Gobierno Nacional a través de la SEMPLADES y de la SENESCYT, pretende establecer políticas públicas de ciencia y tecnología con el objetivo de incrementar progresivamente la inversión en estas áreas y potenciar de esta forma el desarrollo del país. Estas políticas apuntan a que al terminar el 2013 se asegure el 1,5 % del PIB nacional para la inversión en proyectos concretos de ciencia y tecnología [6].

Pese a todos los esfuerzos que se están realizando, el Ecuador es aún muy débil en la formación de recursos humanos. Por tal motivo la SENESCYT ha enfocado sus esfuerzos en áreas de desarrollo estratégico acorde con el Plan Nacional de Buen Vivir. Según la SENESCYT, el país invierte el 0,47 % de su PIB en ciencia y tecnología. En lo que se refiere a fortalecimiento del talento humano se ha firmado convenios académicos internacionales con Portugal, Bélgica, Rusia, Cuba, Australia, Francia, Brasil, Italia, Argentina, entre otros países. En el anexo A se presentan los indicadores de ciencia y tecnología del Ecuador según los datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana – RICYT [1].

#### **1.4 Centros de Investigación Científico Técnica en el Mundo y en el Ecuador**

Todos los países han creado políticas para el desarrollo de la Investigación, es por ello que cada país cuenta con Institutos que se encargan de coordinar, comunicar, y fortalecer la investigación, a continuación se indica algunas de estas Instituciones por país [5].



## Europa

Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS) – Francia.- Es un organismo público de investigación (científica y tecnológica pública, bajo la supervisión del Ministerio de Educación Superior e Investigación ). Produce conocimientos y hace que este conocimiento esté al servicio de la sociedad. Lleva a cabo la investigación en todas las áreas científicas, tecnológicas y sociales. Ofrece un sitio con acceso a varios repertorios (entre los cuales el de las unidades de investigación), consulta de publicaciones, descripciones de programas, etc. La Dirección de Relaciones Internacionales presenta las oficinas del CNRS en el mundo, publica el boletín “CNRS International” e informa sobre las modalidades de cooperación entre organismos de investigación. Contiene igualmente una guía de los acuerdos y convenciones del CNRS por país [7].

Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) – Francia.- Es un organismo de investigación francés público científico y tecnológico. Se encuentra bajo la doble tutela del Ministerio de Educación Superior e Investigación y el Ministerio de Asuntos Exteriores y europeos. Mejorar las condiciones de salud, la comprensión de la evolución de las sociedades, preservando el medio ambiente y los recursos, son los pilares de su labor con miras a la consecución de los objetivos de Desarrollo del Milenio. Ofrece una información científica para el desarrollo, a través del acceso en línea a sus bancos de datos e imágenes. También se puede acceder a los centros del IRD en el mundo (entre los cuales el centro de Cayenne en América Latina) y a múltiples recursos documentales. Se pueden consultar las direcciones de los grupos de investigación del IRD en el mundo. En América Latina, hay centros o misiones del IRD en Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México, Paraguay y Perú [8].

Asociación Max Planck – Alemania.- Financiada en 50% por el estado alemán, realiza investigaciones básicas de carácter independiente en áreas nuevas y que son de gran importancia de cara al futuro, poniendo el énfasis en la



investigación puntera y aprovechando especialmente su papel como complemento de la investigación que se lleva a cabo en las universidades [9].

Asociación Fraunhofer – Alemania.- Recibe el 90% de financiamiento del estado y concentra sus esfuerzos en aplicar con la mayor celeridad en productos, procesos y servicios nuevos e innovadores, los frutos obtenidos en el terreno de la investigación [9].

Asociación Alemana de Investigaciones Científicas (DFG) – Alemania.- Apoya y coordina proyectos de investigación en cada área de las Humanidades, Ciencias Sociales, Ciencias Biológicas, Medicina, Ciencias Físicas e Ingeniería, en las áreas de la investigación básica y aplicada. Cuenta con un programa especial de cooperación con científicos de los países en desarrollo; cooperación por medio de acuerdos bilaterales; ayuda a las instituciones de investigación extranjeras para la adquisición de publicaciones alemanas; invitación por parte de Universidades alemanas de investigadores extranjeros [10].

Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural (Royal Society) – Inglaterra.- Es la más antigua sociedad científica del Reino Unido, a pesar de ser una institución privada e independiente hace las veces de Academia Nacional de Ciencias en Reino Unido. Su propósito fundamental es reconocer, promover y apoyar la excelencia científica para fomentar el desarrollo y uso de la ciencia en beneficio de la humanidad [11].

Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) – España.- Es una sociedad estatal adscrita al Ministerio de Industria y Energía de España que tiene por objetivo gestionar y desarrollar la política tecnológica a través de la financiación de proyectos de I+D empresariales, el fomento de la participación de las empresas españolas en los programas de I+D internacionales, y la promoción de la transferencia de tecnología en el ámbito empresarial.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) – España.- Es un organismo público de investigación, autónomo, de carácter multisectorial y multidisciplinario, adscrito al Ministerio de Educación y Cultura de España. En



su sitio web ofrece información sobre unidades de apoyo e investigación, becas, formación, entre otros contenidos.

Ministerio de Investigación y de Tecnología de la Información – Dinamarca.- Tiene la visión de crear una Dinamarca caracterizada por un alto nivel de desarrollo tecnológico sin deteriorar valores humanos, sociales o culturales en el proceso.

Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo (CORDIS) – Comisión Europea.- Proporciona un servicio eficiente de información sobre investigación y sus posibilidades de explotación en los estados europeos, representa una fuente crucial para cualquier persona u organización que quiera beneficiarse con la explotación de resultados de la investigación, participar en programas de investigación o asociarse con otros.

## **Asia**

Japan Science and Technology Agency (JST) – Japón.- Se trata de una organización integrada de ciencia y tecnología que establece una infraestructura para todo el proceso desde la creación del conocimiento hasta su retorno a la sociedad. Es una de las instituciones centrales responsables de la aplicación de las políticas científica y tecnológica en Japón, incluyendo el plan básico de ciencia y tecnología del gobierno. Trabaja para proporcionar una infraestructura sólida de información científica y tecnológica y aumentar la conciencia y la comprensión de la ciencia y las cuestiones relacionadas con la tecnología en Japón [12].

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST) – Corea del Sur.- Es una entidad orientada a la investigación que se centra en los campos esenciales de la ciencia y de la ingeniería aplicada. El Instituto fue fundado en 1993 por el gobierno coreano para satisfacer las necesidades de la nación para la investigación avanzada y para mejorar el desarrollo de la educación superior en ciencia e ingeniería. GIST tiene un papel principal en la realización de la investigación y desarrollo en colaboración con los sectores de la industria [13].



Indian Academy of Sciences - India.- Tiene como objetivo promover el progreso y la defensa de la ciencia en las ramas puras y aplicadas. Se esfuerza por alcanzar sus objetivos a través de la promoción de la investigación original y la difusión del conocimiento científico a la comunidad a través de reuniones, debates, seminarios, simposios y publicaciones. Sus principales actividades incluyen la publicación de revistas científicas y volúmenes especiales, la organización de reuniones y debates sobre temas importantes, reconociendo del talento científico, la mejora de la educación científica, y realizar otras cuestiones de interés para la comunidad científica.

Department of Science and Technology (DOST) – Filipinas.- El Departamento de Ciencia y Tecnología de Filipinas, es el principal cuerpo del país encargado de proveer dirección y coordinación de las actividades científicas y tecnológicas y formular las políticas, programas y proyectos para sostener el desarrollo nacional.

National Science and Technology Development Agency (NSTDA) – Tailandia.- Agencia creada para ser la principal fuerza agilizadora del desarrollo de la ciencia y la tecnología en Tailandia.

### **América**

Consejo de Ciencias Naturales e Ingeniería (NSERC) – Canadá.- El Consejo de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá es el instrumento nacional para las inversiones estratégicas en ciencia y tecnología, sostiene investigación básica universitaria e investigación realizada en conjunto por las universidades y la industria.

National Research Council of Canadá.- Por más de ochenta años el Consejo Nacional de Ciencias de Canadá ha sido la principal agencia de ciencia y tecnología del país. Su misión es sostener la ciencia y la ingeniería nacional y estimular la inversión en investigación y desarrollo.

National Science Foundation (NSF) - Estados Unidos.- La Fundación Nacional para la Ciencia es una agencia gubernamental dependiente de las directivas





del presidente y el congreso de los Estados Unidos. Su objetivo es preparar y desarrollar un plan estratégico para promover la ciencia, la ingeniería y la seguridad nacional.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) – México.- En este sitio se puede encontrar información sobre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, indicadores de actividades científicas y tecnológicas, proyectos, organigramas, sistemas de becas y vinculación académica-industria, entre otros temas.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) – Guatemala.- El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala está integrado por el conjunto de instituciones, entidades y órganos del sector público, privado, académico, personas individuales y jurídicas y centros de investigación y desarrollo que realizan actividades científico-tecnológicas en el país.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) – El Salvador.- El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es el órgano nacional de dirección y coordinación del desarrollo científico y tecnológico de El Salvador; tiene la representatividad al más alto nivel de los sectores público, privado, profesional y académico del país.

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva – Argentina.- Con el fin de apoyar el quehacer científico y académico en forma directa, rápida y eficaz, la Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva del gobierno de Argentina, presenta esta página en la que el usuario encontrará datos sobre organismos vinculados al área, instrumentos de promoción, anuncios, convenios de cooperación e información sobre la actividad científica a nivel internacional.

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) – Chile.- Actúa como la institución coordinadora y articuladora para promover y fortalecer la investigación científica y académica, la formación de recursos humanos, el desarrollo de nuevas áreas del conocimiento y de la innovación productiva. En el sitio existe información sobre concursos, bases de datos,



formación de recursos humanos y becas de postgrado, entre otros recursos y servicios.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) – Perú.- La misión de CONCYTEC es promover la actividad científica y tecnológica en Perú orientada a la expansión de las capacidades individuales y colectivas para la mejora permanente de la calidad de vida de la población y para el desarrollo socioeconómico y cultural del país, en armonía con el medio ambiente y con la dinámica del contexto internacional.

Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT) – Uruguay.- Tiene como objetivo promover y estimular el desarrollo de la investigación en el país, en todos los órdenes del conocimiento. Esta serie de páginas web ha sido desarrollada en un esfuerzo por dar a la comunidad un mayor conocimiento del consejo y sus actividades.

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (COLCIENCIAS) – Colombia.- Es la entidad oficial líder en el fomento y en el desarrollo de las actividades de ciencia y tecnología en Colombia, en su sitio web ofrece información institucional sobre el sistema nacional de ciencia y tecnología, convocatorias, servicios, trámites y financiación, entre otros recursos y servicios.

Ministerio de Ciencia y Tecnología – Brasil.- El sitio web del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, MCT, ofrece información sobre la estructura del ministerio, programas, legislación, indicadores, fuentes de financiamiento, unidades de pesquisa, entre otros contenidos.

**Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) – Ecuador.-** Es un organismo del estado ecuatoriano que emite Política Pública en el campo de la educación superior, la ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, administra la Subsecretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y gestiona los recursos económicos requeridos para el cumplimiento de los objetivos y metas institucionales. La misión de la



SENESCYT es “Ejercer la rectoría de la política pública en el campo de la educación superior, la ciencia, tecnología, innovación y los saberes ancestrales, coordinando y articulando las acciones entre el sector público y los sectores productivos públicos y privados”.

Según los datos de la SENESCYT las instituciones que en la actualidad se encuentran realizando investigación científica en el Ecuador son las siguientes [6]:

- Centro Internacional de la papa.
- Escuela Politécnica Nacional (EPN).
- Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE).
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).
- Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
- Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).
- Fundación de Investigación, Capacitación y Desarrollo Agropecuario Desde el Surco.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).
- Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Universidad Central del Ecuador.
- Universidad de Guayaquil.
- Universidad Nacional de Loja.
- Universidad San Francisco de Quito.
- Universidad Técnica de Cotopaxi.



- Universidad Técnica de Manabí.
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Universidad Agraria del Ecuador.
- Universidad de Cuenca.
- Universidad del Azuay.
- Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE).
- Instituto Oceanográfico de la Armada.
- Instituto Leopoldo Izquieta Perez.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP).
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN).
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) sede Ibarra.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).
- Secretaría Nacional Técnica de Desarrollo de Recursos Humanos y Remuneraciones del Sector Público (SENRES).
- Universidad Católica de Cuenca.
- Universidad de las Américas.
- Universidad Estatal de Bolívar.
- Universidad Técnica de Ambato.
- Universidad Técnica del Norte.
- Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).



- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (*INAMHI*).
- Instituto Nacional de Pesca (INP).
- Instituto Nacional Geológico Minero Metalúrgico..
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

### **1.5 Justificación de un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación Soportado en Recursos Hídricos en el Ecuador**

Recursos naturales son todos los elementos de la naturaleza con capacidad de producir riqueza. En este sentido, el agua posee un valor inestimable, ya que además de ser un insumo o materia prima para producir bienes e impulsar el desarrollo económico es imprescindible para la vida, para el mantenimiento de los ciclos biológicos, geológicos y químicos que mantienen en equilibrio a los ecosistemas. También constituye un bien social indispensable para una adecuada calidad de vida [14].

Sin embargo, la utilización y conservación de los recursos hídricos se ha convertido en uno de los retos prioritarios del desarrollo sustentable, debido al aumento de la población, el crecimiento sostenido de los ambientes urbanos y la falta de control de los impactos de las actividades humanas sobre el espacio natural [14].

Teniendo en cuenta los diversos procesos en los cuales interviene el agua y el hecho que esta no se encuentra distribuida de manera equitativa, se establece la importancia que el recurso tendrá en el transcurso del tiempo [15]. Dentro de este contexto, América Latina tiene la ventaja de caracterizarse por la abundancia de agua dulce con la que cuenta. Particularmente el Ecuador posee una gran riqueza en lo que tiene que ver con sus recursos hídricos. Tal es así que está catalogado entre los países con más alto volumen específico de agua ( $m^3/km^2$ ). Si a esta abundancia de recurso hídrico se suma su topografía que se manifiesta en grandes desniveles debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, se obtiene un país con un gran potencial hidroeléctrico.



No obstante estas características muy singulares, el aprovechamiento de los recursos hídricos en el Ecuador, se ha destacado por una explotación irracional, donde cada institución pública o privada realiza sus proyectos en forma independiente sin ningún plan integrador que compatibilice los usos y sus competencias [16].

La gestión del agua en el Ecuador se inicia a principios del siglo XX como resultado de las primeras actividades industriales, y tiene como protagonistas tanto a los gobiernos municipales como al sector privado. A nivel nacional, la institucionalización del sector comienza con la creación de INECEL, Instituto Ecuatoriano de Electrificación, a inicios de los sesenta, cuya labor de planificación se vio plasmada en el denominado Plan Maestro de Electrificación (1980-1984), el mismo que debió guiar el desarrollo energético nacional en el segmento de electricidad. Sin embargo, poca utilidad y aplicación encontró este esfuerzo puesto que sucesivos gobiernos nacionales privilegiaron, de manera irracional, la hipertrofia de la generación térmica frente a la disponibilidad de un recurso hídrico, natural y renovable, de gran magnitud [16].

INECEL, a través del Plan Maestro de Electrificación, realizó un inventario hidroeléctrico, para lo cual se dividió al país en 31 cuencas hidrográficas. Su estudio determinó un potencial lineal teórico de 93.436 MW. La clasificación de las cuencas se realizó en función de su potencial lineal específico [16]. Luego de estudios de factibilidad económica, se estimó una potencia aprovechable de 21.520 MW, correspondientes en el 90 % a la cuenca amazónica y en el 10 % a la vertiente del Pacífico. El mayor potencial se estableció entre las cotas 300 y 1.200 msnm [17]. Sin embargo, de todo ese potencial hídrico con que cuenta el Ecuador, hasta la actualidad solo se ha aprovechado aproximadamente un 10,3% (alrededor de 2.200 MW), en centrales hidroeléctricas.

Para el Ecuador, el agua constituye, la fuente de energía más importante para su crecimiento una vez finalizada la época petrolera [2]. Esto impone que, “potencie su desarrollo al corto, mediano y largo plazo en pilares sistémicos científicos, técnicos, económicos y sociales soportados en el Agua”, como por ejemplo:



- a) Hidroeléctricas;
- b) Hidroseguidores Solares;
- c) Hidrógeno;
- d) Arietes Hidráulicos;
- e) Ecohidroimpacto.

El recurso hídrico con el que cuenta el Ecuador, no ha sido aprovechado de la mejor manera, por tal motivo, se hace necesaria para el desarrollo del país la creación de un Centro, cuyas actividades se organicen en torno a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de interés económico – social en base a sus fortalezas hídricas.

### **1.5.1 CELEC-HIDROPAUTE y su compromiso con el desarrollo del país**

Bajo la responsabilidad del INECEL durante 25 años, aproximadamente, se impulsó en Ecuador importantes proyectos hidroeléctricos como la Central Paute Molino. En el año de 1998 se expide la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, sus Reformas y Reglamentos, que eliminó al INECEL y escindió el sector en empresas de derecho privado de generación, distribución y transmisión, entre ellas HIDROPAUTE S.A. Luego de 11 años y bajo la estrategia de una transición gradual hacia una gerencia pública, el 13 de enero de 2009 se fusionan las empresas de generación: ELECTROGUAYAS S.A., HIDROAGOYAN S.A., HIDROPAUTE S.A., TERMOESMERALDAS S.A., TERMOPICHINCHA S.A. y una de transmisión, TRANSELECTRIC S.A, constituyéndose la CORPORACIÓN ELECTRICA DEL ECUADOR CELEC S.A. El 14 de Enero de 2010 mediante Decreto Ejecutivo N° 220 pasa a ser Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP e HIDROPAUTE se convierte en Unidad de Negocio [18].

La Unidad de Negocio Hidropaute tiene a su cargo la operación de las Centrales Mazar y Molino, como parte del Proyecto Paute Integral, cuatro centrales en cascada que aprovechan el agua de la cuenca del río Paute.



El objetivo de Paute Integral Mazar, Molino, Sopladora, Cardenillo está dirigido a la utilización preponderante de los recursos hídricos que permitan sustituir los recursos no renovables, por fuentes renovables en la generación de energía eléctrica [18].

El Sistema Hidroeléctrico Paute se define como el aprovechamiento integral del recurso hídrico, mediante cuatro centrales Mazar, Molino, Sopladora y Cardenillo con la construcción de dos embalses Mazar y Amaluza, situados en cascada, para una capacidad a ser instalada de alrededor de 2.300 MW [18].

Actualmente la visión de CELEC EP es, ser la empresa pública líder que garantiza la soberanía eléctrica e impulsar el desarrollo del Ecuador. En tal virtud, la Unidad de Negocio Hidropaute se ha planteado la necesidad de crear el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” que se concebirá como un centro de referencia del Ecuador en investigación, desarrollo e innovación tecnológica aplicada en hidrogenación, en donde la ciencia, la técnica, la economía y la sociedad Ecuatoriana, confluyan sistémicamente y materialicen en riquezas las potencialidades hidráulicas del país.

La planificación energética moderna del Ecuador, debe diversificar y materializar en riquezas las potencialidades hídricas del país, que satisfaga: la demanda creciente de energía, la exportación de energía eléctrica, costos abarataados de productos ecuatorianos y contribuya a la competitividad del país. En este sentido, una Institución creadora de conocimiento y de hidrotecnología es vital para ayudar al desarrollo, competitividad y al bienestar social. Éste será el papel del “Complejo Hidropoder Paute” que para mayor fortaleza, se colaborará con universidades y con el sector público y privado [3].

### **1.6 Problemática para la Creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”**

La ciencia y la tecnología, ahora más que nunca, son herramientas indispensables para la construcción de sociedades modernas e incluyentes [3].





El fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica son tareas imprescindibles para apoyar el desarrollo y para competir en entornos cada vez más dominados por el conocimiento y la información.

En la actualidad la competitividad de los países se sustenta en lo que se ha dado por denominar la economía del conocimiento, lo cual tiene que ver directamente con la capacidad de innovación y en general para el proceso de toma de decisiones. Con el propósito de generar desarrollo el Ecuador requiere mayor inversión en ciencia, tecnología e innovación, en tal virtud, mejorar la productividad de los centros de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), es un factor esencial para aumentar la competitividad del país.

La generación de ciencia, tecnología e innovación en el Complejo Hidropoder Paute dependerá de manera natural de su capacidad instalada, fortaleza que permitirá generar tecnología propia y controlar su aplicación y evolución a través de plataformas de conocimiento sobre las cuales se construyan cada vez mejores cimientos de competitividad.

El proceso de generación-aplicación del conocimiento en la vida real se ha vuelto mucho más complejo, demanda respuestas más rápidas, la conformación de grupos de investigación más grandes, multidisciplinarios, y con frecuencia de corte internacional. Es por ello que un factor determinante en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” es la capacidad intelectual de su equipo de investigación, por lo que, se hace necesario unir esfuerzos con las universidades del país.

El Ecuador ha emprendido, con el Gobierno actual, por la vía del desarrollo inspirado en el apoyo a la investigación científica y el desarrollo tecnológico que, naturalmente, deben conducir al país a ejecutar importantes proyectos de innovación, concepto este último que tiene que ser tratado en su integralidad, esto es teniendo en cuenta que una intervención tecnológica necesariamente tendrá efectos a nivel de los subsistemas político, social, económico y tecnológico [2]. Con el fin de que este esfuerzo dé resultado, el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” deberá



asegurar el fortalecimiento de sus equipos de investigación mediante la asignación de recursos y la demanda de trabajos que permitan alcanzar niveles de especialización suficientes para incursionar en el contexto científico y tecnológico internacionales. Nuestros recursos hídricos, de los más importantes disponibles en el mundo, tienen que ser sujeto y objeto de esta atención. De ahí que el Complejo Hidropoder Paute tiene que ocuparse de incrementar el conocimiento tanto del recurso como de los escenarios en los cuales éstos se encuentran y que vienen definidos bajo los esquemas de las cuencas hidrográficas, unidades territoriales naturales que deben constituirse en la base del desarrollo nacional.

Como se ha recalcado en la sección anterior, en el Ecuador el agua es la fortaleza y fuente de Poder más importante para su desarrollo [2]. Sin embargo, en el país no se cuenta con una formación de recursos humanos especializados, para identificar y aprovechar las oportunidades que ofrecen las fuentes hídricas. En tal virtud, Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” será el encargado de realizar investigación aplicada y desarrollos tecnológicos innovadores para la generación, transmisión, conversión, almacenamiento y utilización de las fuentes de energía hídricas con las que cuenta el país.

### **1.7 Leyes y Estatutos Bajo las Cuales Sería Factible la Creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”**

El gobierno del Ecuador dentro de Constitución de la Republica aprobada en el año 2008, ha creado leyes que incentivan y apoyan a la investigación científica, desarrollo tecnológico y a la innovación en el país. Dentro de este marco, en la sección octava del capítulo cuarto de la Constitución de la República se hace referencia la “Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales” y se establecen los siguientes artículos bajo los cuales sería factible la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” [19]:



**Art. 385.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

**Art. 386.-** El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales.

El Estado, a través del organismo competente, coordinará el sistema, establecerá los objetivos y políticas, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo, con la participación de los actores que lo conforman.

**Art. 387.-** Será responsabilidad del Estado:

1. Facilitar e impulsar la incorporación a la sociedad del conocimiento para alcanzar los objetivos del régimen de desarrollo.
2. Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al *sumak kawsay*.
3. Asegurar la difusión y el acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos, el usufructo de sus descubrimientos y hallazgos en el marco de lo establecido en la Constitución y la Ley.



4. Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales.

5. Reconocer la condición de investigador de acuerdo con la Ley.

**Art. 388.-** El Estado destinará los recursos necesarios para la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación, la formación científica, la recuperación y desarrollo de saberes ancestrales y la difusión del conocimiento. Un porcentaje de estos recursos se destinará a financiar proyectos mediante fondos concursables. Las organizaciones que reciban fondos públicos estarán sujetas a la rendición de cuentas y al control estatal respectivo.

Por su parte, el Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) [20], en el Capítulo 5 del Título 1 “**De las Normas Relativas a los Principios Rectores del Sistema de Educación Superior**” establece que:

**Art. 24.- De la articulación de los programas y actividades de investigación del sector público con el Sistema de Educación Superior.-** La SENESCYT como organismo rector de la política pública en educación superior, ciencia, tecnología e innovación, establecerá y definirá los mecanismos de articulación con los centros e instituciones del sector público que realicen investigación, y de estos con las universidades o escuelas politécnicas públicas.”

Por consiguiente el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación se apoyará en la SENESCYT, la misma que es la encargada de promover la investigación científica, innovación tecnológica y saberes ancestrales, a través de su Subsecretaría General de Ciencia, Tecnología e Innovación, cuya misión, atribuciones y responsabilidades son [6]:

*Misión:*

Ejercer la rectoría de la Política Pública de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, coordinando y articulando las



acciones entre el sector académico y de investigación con el sector productivo público y privado.

*Atribuciones y responsabilidades:*

- a. Recomendar para su correspondiente aprobación al Secretario/a Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación la Política Pública de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, las estrategias y mecanismos para la implementación de las mismas;
- b. Aprobar los Planes Nacionales de de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología, Fortalecimiento del Talento Humano y Becas y Saberes Ancestrales;
- c. Cumplir y hacer cumplir el ordenamiento legal vigente;
- d. Cumplir con las delegaciones, responsabilidades asignadas por el Secretario/a Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación;
- e. Suscribir los documentos administrativos, financieros y técnicos que se requieran para el cumplimiento de los objetivos institucionales, en el ámbito de su competencia;
- f. Administrar y controlar las actividades y personal de las Unidades Administrativas a su cargo;
- g. Aprobar el Plan Operativo Anual (POA) dentro del ámbito de su competencia;
- h. Supervisar el Plan Operativo Anual (POA) de las Unidades Administrativas a su cargo;
- i. Coordinar con entidades públicas y privada el desarrollo de las actividades relacionadas al Sistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales;
- j. Realizar las demás actividades que le asigne la autoridad competente.



## 1.8 El Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” Dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir” Impulsando al Desarrollo del Ecuador

Cumpliendo el Mandato Constitucional (Art. 385) la SENESCYT en coordinación con la SENPLADES promueve la creación de políticas públicas, planes y proyectos de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales que se articulen con los doce objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

El Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013 [21], es el instrumento del Gobierno Ecuatoriano para articular las políticas públicas con la gestión y la inversión pública.

El Plan cuenta con 12 Estrategias Nacionales; 12 Objetivos Nacionales, cuyo cumplimiento permitirá consolidar el cambio que los ciudadanos y ciudadanas ecuatorianos con el país que anhelamos para el Buen Vivir.

El Plan fue elaborado por la SENPLADES en su condición de Secretaría Técnica del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa, conforme el Decreto Ejecutivo 1577 de febrero de 2009 y en cumplimiento con el artículo 280 de la Constitución de la República y presentado por el Presidente Rafael Correa Delgado, para conocimiento y aprobación en el Consejo Nacional de Planificación.

**Art. 280.-** El Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados. Su observancia será de carácter obligatorio para el sector público e indicativo para los demás sectores.

El Proyecto del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” tiene como objetivo general, ser una institución que constituya una fuente generadora de alternativas tecnológicas sustentables y



que sirva de referencia en el desarrollo del país. Bajo este contexto, el Proyecto encaja perfectamente dentro de las políticas y lineamientos del Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV). A continuación se resumen los objetivos del PNBV que sustentan la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” [21].

**Objetivo 2 del PNBV: Mejorar las Capacidades y Potencialidades de la Población.**

**1. Fortalecer la educación superior con visión científica y humanista, articulada a los objetivos para el Buen Vivir.**

- a. Generar redes territoriales de investigación entre instituciones públicas y centros de educación superior para promover el Buen Vivir en los territorios.

**Objetivo 4 del PNBV: Garantizar los Derechos de la Naturaleza y Promover un Ambiente Sano y Sustentable.**

**1. Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por cuenca hidrográfica, de aprovechamiento estratégico del Estado y de valoración sociocultural y ambiental.**

- a. Diseñar y aplicar reformas institucionales tendientes a fortalecer la regulación, el acceso, la calidad y la recuperación de los recursos hídricos, e implementar un proceso de desconcentración articulado a los procesos de planificación de todos los niveles de gobierno.
- b. Establecer lineamientos públicos integrales e integrados de conservación, preservación y manejo del agua, con criterios de equidad y racionalidad social y económica.
- c. Impulsar la investigación para la restauración, reparación, rehabilitación y mejoramiento de los ecosistemas naturales y la estructura de las cuencas hidrográficas.



- d. Desarrollar e implementar programas que impulsen sistemas sostenibles de producción, como alternativa a las actividades productivas que afectan el estado de las cuencas hidrográficas.

**2. *Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables.***

- a. Aplicar programas, e implementar tecnología e infraestructura orientadas al ahorro y a la eficiencia de las fuentes actuales y a la soberanía energética.
- b. Aplicar esquemas tarifarios que fomenten la eficiencia energética en los diversos sectores de la economía.
- c. Impulsar la generación de energía de fuentes renovables o alternativas con enfoque de sostenibilidad social y ambiental.
- d. Promover investigaciones para el uso de energías alternativas renovables, incluyendo la mareomotriz y la geotermia, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.
- e. Diversificar y usar tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en la producción agropecuaria e industrial y de servicios.

**Objetivo 5 del PNBV: Garantizar la Soberanía y la Paz, e Impulsar la Inserción Estratégica en el Mundo y la Integración Latinoamericana.**

**1. *Propender a la reducción de la vulnerabilidad producida por la dependencia externa alimentaria y energética.***

- a. *Promover, gestionar y planificar el manejo integral y sustentable del agua para asegurar la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico para la soberanía alimentaria y energética.*
- b. *Ampliar la capacidad nacional de generación de energía en base a fuentes renovables.*

**Objetivo 11 del PNBV: Establecer un Sistema Económico Social, Solidario y Sostenible.**





**1. Fortalecer y ampliar la cobertura de infraestructura básica y de servicios públicos para extender las capacidades y oportunidades económicas.**

- a. Fortalecer la capacidad de provisión de servicios públicos de agua potable, riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones y vialidad para la producción, buscando mecanismos de cofinanciamiento cuando sea necesario.
- b. Promover cambios en los patrones de consumo, a fin de reducir su componente importado y suntuario, generalizar hábitos saludables y prácticas solidarias, social y ambientalmente responsables.
- c. Impulsar hábitos de consumo responsables en el uso y aprovechamiento de energía y agua.
- d. *Promover la sostenibilidad ecosistémica de la economía a través la implementación de tecnologías y prácticas de producción limpia.*
- e. Introducir mejoras en todos los procesos industriales y productivos del sector de la construcción con criterios de optimización energética.

Por último, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013 contempla como una de sus estrategias a mediano plazo, “la transformación de la educación superior y transferencia de conocimiento en ciencia tecnología e innovación”, lo cual se puede considerar como un factor esencial para promover el desarrollo integral del país de forma sustentable. También se considera que, resulta indispensable ligar la investigación producida en las universidades a los institutos públicos de investigación a fin de crear sinergias que permitan aportar valor agregado a la industria nacional. Se destaca además, que dado el rezago que tiene el país en investigación, debe ser prioridad de la cooperación internacional la transferencia tecnológica y de conocimientos que apunten a una satisfacción de necesidades básicas así como a la consolidación de la industria nacional. Por consiguiente, se puede concluir que El Plan Nacional



para el Buen Vivir, valora la generación, transferencia e implantación del conocimiento como instrumento fundamental para promover el desarrollo del país, lo cual encaja perfectamente en el Proyecto del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”.

## 1.9 Conclusiones del capítulo

Como se establece en el inicio de este capítulo en la actualidad el conocimiento es un factor primordial para generar desarrollo y competitividad en los países y por consiguiente bienestar social. El conocimiento se genera a través de la formación de capital humano, el cual se da primordialmente en los centros de investigación, desarrollo e innovación, (I+D+i), tanto de universidades como independientes [3].

Los países más desarrollados del mundo han reconocido que el conocimiento fruto de la investigación científica es vital para aumentar su competitividad, por tal motivo, dentro de sus políticas de desarrollo consta como eje primordial la inversión en ciencia y tecnología.

En América Latina se podría decir que la investigación científica empieza a tomar fuerza a principios de los años noventa con la creación de centros de investigación fundamentalmente en las universidades. Desde entonces se han venido estableciendo políticas en pro de aumentar la inversión en ciencia y tecnológica, pasando de una inversión del 0,55 % del PIB en el año 2000 al 0,69 % en el año 2009 [1], sin embargo todavía hace falta realizar muchos esfuerzos en este sentido, si se quiere llegar al nivel de competitividad de los países desarrollados cuya inversión en ciencia y tecnología supera el 2 % de su PIB [1].

La UNESCO sugiere destinar por lo menos el 1 % del PIB a la ciencia y tecnología. Sin embargo el Ecuador, según datos de RICYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana) [1], ha invertido durante el 2008 en ciencia y tecnología un 0,37 % de su PIB y en investigación y desarrollo un 0,25 % de su PIB, muy por debajo de lo sugerido



por la UNESCO siendo una de las más bajas inversiones en América Latina. Por esta razón el Gobierno Nacional a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SEAMPLADES) y de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), ha trabajado durante estos últimos años en implementar políticas públicas de ciencia y tecnología con el objetivo de incrementar progresivamente la inversión en estas áreas y potenciar de esta forma el desarrollo del país. Lo que se pretende con estas políticas es alcanzar hasta el 2013 una inversión en proyectos concretos de ciencia y tecnología igual al 1,5% del PIB nacional.

Al invertir más % del PIB en investigación, ciencia y tecnología, el Ecuador tendría la posibilidad de mejorar su productividad explotando de mejor manera sus recursos naturales y sobre todo aprovechando al máximo su mayor fortaleza que son sus recursos hídricos.

Según estudios de factibilidad económica realizados por el antiguo INECEL, se estima que la potencia hídrica aprovechable del Ecuador es de 21.520 MW, de la cual el 90 % se encuentra en la cuenca amazónica y de la que apenas se ha aprovechado el 10,3 % en energía hidroeléctrica.

Es hora de que el país, potencie su desarrollo al corto, mediano y largo plazo en pilares sistémicos científicos, técnicos, económicos y sociales soportados en su mayor fortaleza: “el Agua”, con todas sus formas de aprovechamiento y no únicamente con la creación de centrales hidroeléctricas. Se hace necesario la creación de un Centro, cuyas actividades se organicen en torno a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de interés económico – social en base a las fortalezas hídricas con las que cuenta el país.

En virtud de lo expuesto e los párrafos anteriores, en la Unidad de Negocio Hidropaute de la empresa CELEC EP, entidad estratégica y comprometida con el progreso del país, se ha visto la necesidad de crear el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” que se concebirá como un centro de referencia del Ecuador en investigación, desarrollo e innovación tecnológica aplicada en hidrogenación, en donde la



ciencia, la técnica, la economía y la sociedad Ecuatoriana, coincidan sistémicamente y materialicen en riquezas las potencialidades hidráulicas con las que cuenta el país.

La creación del Complejo Hidropoder Paute tiene su sustento legal dentro de las políticas del gobierno ecuatoriano, pues el mismo ha creado leyes que incentivan y apoyan a la investigación científica, desarrollo tecnológico y a la innovación en el país. En tal virtud, en la sección octava del capítulo cuarto de la Constitución de la República que hace referencia la “Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales” se establecen los artículos bajo los cuales es factible la creación del Complejo Hidropoder Paute, como se indica en la sección 1.7 de este capítulo.

Por último es importante recalcar que el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, se alinea perfectamente con varios objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (2009 - 2013), que fue creado para impulsar el desarrollo integral del país en forma sustentable y que contempla como una de sus estrategias a mediano plazo, la transformación de la educación superior y transferencia de conocimiento en ciencia tecnología e innovación, valorando la generación, transferencia e implantación del conocimiento como instrumento fundamental para promover la competitividad del país, lo cual encaja en el Proyecto del Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute”.



## CAPÍTULO II

### CONCEPCIÓN DEL “COMPLEJO HIDROPODER PAUTE”

#### 2.1 Introducción

El éxito o no, del Proyecto “Complejo Hidropoder Paute” va a depender en gran medida del realismo en la concepción y ejecución con que se conjugue la táctica y la estrategia de esta empresa de vanguardia. Partiendo de la necesidad de desarrollo de un Complejo de Hidropoder en el Ecuador, es imprescindible armonizar:

- Lo Universal (lo Holístico) con lo Particular (lo Local) de manera coordinada y transparente.
- Establecer un plan realista, objetivo de expansión y consolidación de lo particular a lo cada vez más general.
- Soportar el desarrollo y consolidación del Complejo de Hidropoder en las propiedades rectoras, creativas y aglutinadoras de la magnitud poder como guía integradora para obtener altos indicadores de transformación favorables a las actividades del Complejo.

Se puede pensar que estas recetas son demasiado generales y flexibles; sin embargo, pocos, generales y flexibles deben ser los Principios Fundacionales de un Complejo de Investigación, Innovación y Desarrollo de un Centro Rector en Ecuador, para que pueda ajustarse con creatividad y posibilidades de éxito a la dinámica rápida, inesperada y en ocasiones, bruscas del Mundo Globalizado Actual.

El poder es el producto de la conjugación adecuada entre la Potencia y la Información. Se puede obtener un gran Poder a partir de la Información completa aun contando con poca Potencia. Como se ha mencionado en el Capítulo 1, el Ecuador es un país que cuenta con gran Potencia en sus recursos naturales y sobre todo en sus recursos hídricos, sin embargo todavía



cuenta con Información (conocimiento) limitada sobre las formas más adecuadas de aprovechamiento de dichos recursos. Es por estos motivos que en las primeras secciones de este capítulo se establece las razones de la creación de un Complejo de Investigación del Poder Hidráulico en el país y se destaca lo trascendental que resulta para el Ecuador la formación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, donde la Ciencia, la Técnica, la Economía y la Sociedad Ecuatoriana converjan sistémicamente y contribuyan al progreso del país en base de sus riquezas hídricas.

La vinculación del Complejo Hidropoder Paute con los diferentes sectores, tales como Universidades, Sector Privado, Gobierno y otros Centros de Investigación, constituye un aspecto de vital importancia en tanto se logre fortalecer a la institución buscando la innovación, la competitividad y que responda a las necesidades de los sectores, Social, Público y Privado. Estos temas de vinculación y participantes del Centro de Investigación serán ampliados en el presente capítulo.

Por último, es necesario abordar, temas como los ejes centrales de operación del Complejo Hidropoder Paute, ¿Cómo se debe enfocar el I+D+i? y estrategias para la sostenibilidad económica del Centro de Investigación, ya que dichos temas constituyen conceptos importantes que tienen que ser manejados para la formación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” los cuales serán desarrollados en las secciones finales de este capítulo.

## **2.2 ¿Por qué un Complejo de Investigación del Poder Hidráulico dentro de Hidropaute?**

Dentro de la cuenca Amazónica (la más importante del país), se encuentra ubicado el Proyecto Paute integral, el mismo que está a cargo de CELEC HIDROPAUTE, una empresa estratégica y comprometida con el desarrollo del Ecuador y que tiene como uno de sus objetivos específicos “Incrementar la capacidad de generación de la unidad de negocio HIDROPAUTE



aprovechando los recursos renovables con proyectos que contribuyan al cambio de la matriz energética y al desarrollo sustentable en las áreas de influencia” [18].

El Complejo Hidropoder Paute tiene que localizarse donde existan los recursos que le dan su razón de ser: el agua y el capital humano emprendedor. Así como entidades dispuestas a ejecutar acciones que promuevan el desarrollo integral del Ecuador: Universidades, Empresas y la unidad de negocio HIDROPAUTE para crear un sistema investigativo, ingenieril, económico y social de altas prestaciones para el Ecuador. En este sentido, es precisamente dentro del Complejo Paute Integral donde debe nacer un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación comprometido en aprovechar de manera eficiente, eficaz y con responsabilidad social los recursos hídricos con los que cuenta el país.

El éxito de un Complejo de Investigación, Innovación y Desarrollo es producto de una minuciosa concepción y ejecución de una Cultura Integral del Detalle que maximice todas las posibilidades: las inmediatas y mediáticas; las locales y las universales. En este sentido, se consideran como recursos a tener en cuenta:

- En Paute se ubicarán cuatro Hidroeléctricas de Embalse en cascada que requerirán soluciones efectivas a los problemas que se presenten para el mantenimiento, desarrollo y expansión de estas Empresas.
- Paute está relativamente cerca de la Ciudades de Cuenca, Azogues y Loja. Cuenca que es un polo científico, técnico y cultural que puede aportar el capital humano exigido para las empresas mencionadas en el punto anterior. La ciudad de Cuenca cuenta con las siguientes Universidades:
  - Universidad de Cuenca.
  - Universidad del Azuay.
  - Universidad Politécnica Salesiana.



- Universidad Católica de Cuenca.

La ciudad de Azogues cuenta con las Universidades:

- Universidad Católica de Cuenca (Extensión Azogues).
- Universidad Nacional de Educación, UNAE, que es uno de los proyectos emblemáticos en el área de educación del país, y cuya misión central es formar docentes de excelencia y especialistas educativos para contribuir a mejorar la calidad del sistema educativo ecuatoriano.

La ciudad de Loja cuenta con las Universidades:

- Universidad Nacional de Loja.
  - Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).
- El Complejo Hidropoder Paute puede realizar trabajos (para mutuo beneficio) con las Universidades de estas ciudades, realizando convenios de cooperación de investigaciones, capacitación de recursos humanos y transferencia de conocimiento o de tecnología.
  - El polo científico, técnico y económico del Complejo de Hidropoder Paute puede centralizar el desarrollo científico, técnico y económico de la zona sur del Ecuador. Lo que propiciará un más equilibrado desarrollo del país.

### **2.2.1 Papel de la Magnitud Poder en la Dirección Integrada del Complejo Hidropoder Paute**

La magnitud poder (ver anexo B) evalúa la capacidad de transformación de una acción informática sobre un objeto o proceso. En virtud de ello, si se organizan las Secciones o Departamentos del Complejo Hidropoder Paute en términos de la magnitud poder, entonces la concepción, terminología y modus operandis de la magnitud poder unifican e integran la dirección de las Secciones o Departamentos del Complejo Hidropoder Paute, provocando una rápida y





profunda comprensión del intercambio de información, lo que incrementará la productividad del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo.

En la magnitud poder, se abandona el uso de la información y la potencia de forma aislada o como partes en el hombre, en la máquina o en la empresa. En su lugar: se integran primero en un sistema (como un todo) a la información y a la potencia en una magnitud: en la magnitud poder; y luego, se emplea (como magnitud poder) para aprovechar sus propiedades [22].

La magnitud poder dado su rol positivo de guía en la toma de decisiones requiere para alcanzar un impacto social masivo, una aplicación masiva; y por tanto, exige que se le divulgue y socialice. Y es precisamente esta interpretación y aplicación del Poder que se desarrollará como un eje central dentro del Complejo Hidropoder Paute.

Los recursos naturales, de modo especial el agua, son la base productiva de la sociedad y de la habilidad con que se los maneje depende, en gran medida, la prosperidad de una nación. Una de las mayores fortalezas con las que cuenta el Ecuador radica en sus recursos hídricos. Este gran potencial hídrico es justamente el factor positivo que debe ser aprovechado adecuadamente para dotar de riqueza al país. Existe una excelente oferta del recurso hídrico para soportar el desarrollo nacional. Por ello, es importante la creación de un centro de poder hidráulico como el Complejo Hidropoder Paute, donde la **Ciencia, la Técnica, la Economía y la Sociedad Ecuatoriana** (con la cooperación internacional de ser necesario) coincidan sistémicamente y contribuyan al desarrollo del país en base de sus riquezas hídricas.

Bajo estas consideraciones, existen tres razones fundamentales para la creación de un Centro de Poder Hidráulico:

1. El recurso hidráulico es una fortaleza objetiva distribuida en la República del Ecuador, que adecuadamente explotado puede convertirse en una gran fuente de riqueza desencadenadora para el país.



2. En el Ecuador es imprescindible crear los espacios sistémicos estructurales-funcionales multiplicadores (Centros de Investigación) en los cuales encausar el abundante capital humano existente.
3. La magnitud poder dado su carácter integrador, unificará y servirá de base de comparación para el trabajo coordinado del Centro de Investigación entre obreros, técnicos, profesionales y especialistas del más alto grado de especialización.

### **2.2.2 Trascendencia para el Ecuador de un Complejo Investigativo de Hidropoder en Paute**

Como se ha venido destacando en secciones anteriores, el Ecuador es un país privilegiado en materia de sus recursos hídricos, tal es así que cuenta con recursos suficientes para asegurar el abastecimiento de agua a su población, riego, agua para procesos industriales y otros usos consuntivos<sup>1</sup> [15]. Si a esta abundancia de recurso hídrico se suma su topografía que se manifiesta en grandes desniveles debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, se obtiene un país con un gran potencial hidroeléctrico (tanto para hidroeléctricas de embalse, como para hidroeléctricas con hidromotores).

Pese a las características favorables en sus recursos hídricos, tanto en el Ecuador como en América Latina los organismos del Estado así como la misma sociedad no han otorgado la importancia debida a los procesos informativos y evaluativos de estos recursos. Las inversiones realizadas y por realizar en infraestructura para aprovechamiento hidráulico tienen un elevado peso sobre la composición de la deuda externa del país, no obstante tiene defectos derivados principalmente de la falta de un enfoque global y de la deficiente información hidrometeorológica [15]. Sin embargo, se han llevado a cabo iniciativas regionales hacia una gestión social y democrática identificándose como eje de acción principal los inventarios de Recursos Hídricos.

---

<sup>1</sup> Uso consuntivo: Es el uso del agua que no se devuelve en forma inmediata al ciclo del agua. Por ejemplo, el riego es un uso consuntivo, mientras que la generación de energía eléctrica mediante el turbinado del agua de un río, si la descarga es en el mismo río no es un uso consuntivo.



Las fortalezas antes señaladas del Complejo Hidropaute para localizar el Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute” permitirán aplicar y difundir con autoridad los resultados teóricos de la magnitud poder. Entre estos resultados merece la pena resaltar, que según este enfoque, la Matriz de Desarrollo del Ecuador esta invertida: intenta ser más competitivo, tener más poder actuando fundamentalmente sobre la potencia que es lo más caro. Cuando lo que debe hacer es actuar sobre la información que es más barata que la potencia y de dinámica más rápida. En este sentido es imprescindible Institucionalizar la Investigación Científica Productiva y crear un Sistema Informático Unificado soportado en Redes Complejas Adaptativas [23].

Es necesario entonces trabajar para articular la gestión general de agua con los usos, siendo de responsabilidad tanto de la comunidad científica, como de los gobernantes y de la sociedad en general unir esfuerzos para asegurar la disponibilidad del recurso agua que considere entre otros factores los procesos de globalización [15].

El problema fundamental del sector de los recursos hídricos ha sido el no contar con políticas ni estrategias que orienten su gestión y coordinación de los trabajos de las entidades estatales [16]. Se puede afirmar que el conocimiento actual con el que se cuenta el país acerca del ponderar el aprovechamiento de sus recursos hídricos es deficitario, por lo que es necesario emprender en acciones de generación de ese conocimiento y su aplicación a nivel de la planificación y de la gestión hídrica y energética [2].

En definitiva se puede concluir que el Ecuador tiene mucho potencial en sus recursos hídricos, sin embargo de nada le sirve este potencial sin la información y el conocimiento necesario acerca de cómo se deben aprovechar dichos recursos de una forma eficiente, eficaz y con valor social. Es decir se deben conjugar la potencia y el conocimiento para que el país alcance el “Poder” a base de sus recursos hídricos. Es por esta razón que resulta trascendental para el Ecuador la creación de un centro de investigación como el Complejo Hidropoder Paute, donde se genere el conocimiento necesario para aprovechar al máximo el potencial hídrico con que cuenta el país. De esta



forma, es importante que el Ecuador emprenda por la vía del desarrollo apoyado por la investigación científica y el desarrollo tecnológico que, consecuentemente, deben impulsar importantes proyectos de innovación [2].

### **2.3 Vinculación y Gestión de los Diferentes Sectores**

Las funciones tradicionales de las Universidades, Centros de Investigación, Empresas y del Estado resultan insuficientes para la creación de un desarrollo sistémico competitivo que eleve constantemente la calidad de vida del Ecuador. Este hecho obliga a reflexionar sobre la estructura y funciones de estas instituciones como partes de un sistema mayor. Sólo así lograrían identificarse como instituciones interesadas en participar en la solución de las problemáticas que enfrentan los ciudadanos en las regiones donde se encuentran localizadas, o de la sociedad en general [24].

En el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, la vinculación con los diferentes sectores constituirá una gestión de enlace estratégico institucional con el objetivo de impulsar acciones, programas y proyectos de colaboración intersectorial para promover la transferencia del conocimiento y tecnología que resulta de las investigaciones que se generen en el Complejo Hidropoder Paute. Así mismo, a través de esta gestión, se pretende fortalecer e impulsar la comercialización de los productos y servicios contribuyendo con ello a posicionar al Complejo, como una institución innovadora, competitiva, y que responda a las necesidades de los sectores, Social, Público y Privado.

Algunas líneas de trabajo relevantes en la gestión de coordinación del Complejo Hidropoder Paute serán:

- Desarrollo de proyectos de consultoría y/o asesoría externa.
- Gestión y formalización de convenios.
- Fortalecimiento de las áreas de planeación estratégica, procuración de fondos, desarrollo humano y transferencia de tecnología a través de cursos de capacitación, seminarios y talleres.



- Fortalecimiento de las acciones de Comunicación e Información a través de medios internos y externos.

## **2.4 Participantes del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”**

Desde la década de los setenta se ha intentado en los países industrializados diferentes formas de cooperación entre los agentes del sector de Ciencia y Tecnología, buscando aumentar la eficiencia de las actividades de investigación y reducir sus costos. Una de las asociaciones más promovida es aquella entre el sector público de investigación -universidades e institutos gubernamentales- y el sector industrial. Siguiendo ese ejemplo, los países de industrialización reciente también comenzaron a implementar programas, a fin de aproximar ambos sectores [25].

Pasar de la Ciencia y Tecnología, o de la Investigación y Desarrollo, a la innovación tecnológica es uno de los retos actuales más importantes que enfrentan los países en desarrollo. Para ello se requiere una estrecha vinculación entre los Centros de Investigación, ya sea públicos o privados, las Universidades, con sus centros de investigación y desarrollo, el gobierno con sus limitadas posibilidades de financiamiento y asistencia técnica, y la empresa, para lograr una participación exitosa en mercados cada vez más competitivos [26].

La mayoría de los estudios disponibles coinciden en asumir que existe una relación monótonica y creciente entre las capacidades tecnológicas de las empresas manufactureras y su grado de vinculación con los Centros de Investigación (y con las universidades, por extensión). Es decir, entre mayor sean las capacidades tecnológicas de las empresas, mayor será el grado de vinculación entre éstas y los Centros de Investigación [27]. Ecuador mantiene bajos niveles en los indicadores de capacidad industrial. En América Latina, el país presenta la más baja participación de productos manufacturados en el total de exportaciones y el valor agregado per cápita del sector manufacturero es uno de los más bajos del continente [6]. En general, el sector productivo



ecuatoriano adolece de un ineficiente uso de los factores y una escasa capacidad de innovación. Estudios recientes sobre competitividad comparada de varios países arrojan resultados poco alentadores para el país y demandan el urgente tránsito a un camino de perfeccionamiento y de desarrollo tecnológico [6]. El sector privado ecuatoriano mantiene un escepticismo y resistencia hacia los centros de investigación y universidades, que además tal vez por esa falta de dinámica cooperativa, también mantienen una débil estructura y capacidad innovadora.

Con el propósito de contribuir con la capacidad innovadora y competitiva del país, el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” buscará involucrarse y unir fuerzas con, empresas, universidades, organismos de gobierno y con el sector privado, como se muestra en la Figura 2.1. Este proceso de vinculación según [28], se lo logra en tres fases como se lo puede observar en la Tabla 2.1.



**Figura 2.1.** Entidades con las que deberá nacer vinculado el Complejo Hidropoder Paute.

Fuente: Adaptado de [4].

En la primera fase se produce una demanda de tecnología por parte de las empresas, y una oferta para satisfacer esta demanda, que es el rol que deberá asumir el Complejo Hidropoder Paute conjuntamente con la universidad. Se da una segunda fase en donde se establece la forma y las condiciones en que se dará la colaboración entre el Complejo Hidropoder Paute y la terna: Universidad - Empresa - Gobierno. Por último se entra a una tercera fase en donde se aprovecha la transferencia de tecnología o conocimientos del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”



apoyado por las Universidades hacia las empresas para lograr una mayor competitividad en el mercado [28].

**Tabla 2.1.** Fases de vinculación Universidad – Industria – Gobierno.

Fase 1	Fase 2	Fase 3
La empresa busca solucionar problemas.	Se establecen los términos en los que se dará esta colaboración.	Se da la vinculación en forma de transferencia de conocimiento o de tecnología.
La universidad o centros de investigación ofrecen una solución mediante investigaciones que implican transferencia de tecnología.	Se buscan apoyos de dependencias de gobierno y cámaras empresariales.	Se da la vinculación en forma de colaboración de investigaciones para resolver problemas específicos, o mediante la capacitación a recursos humanos.
Alta calificación de empleados por parte de las empresas.	El gobierno trata de incentivar estos vínculos mediante apoyos financieros.	Se trata de aprovechar la transferencia de conocimiento o tecnología como fuente de competitividad en la industria.

Fuente: Adaptado de [28].

Una característica muy importante del Complejo Hidropoder Paute, será justamente el de buscar la integración entre la ciencia, las instituciones de enseñanza superior (Universidades) y la industria. Socializando que esto no sólo se debe dar por cumplir con el marco legal o por incentivos financieros, sino que se debe basar en el convencimiento de los distintos actores de la necesidad de cooperar para construir conjuntamente un sistema innovador competente y competitivo.

En definitiva, el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” nace vinculado con los diferentes sectores que le dan la razón de ser. En realidad, el Complejo Hidropoder Paute surge como un mediador, como una Interface obligada por las exigencias del desarrollo en la globalización actual. La Interface “Complejo Hidropoder Paute” se realiza, según la Figura 2.1, entre:

- Universidad y el Sector Privado.
- Universidad y el Gobierno.
- Gobierno y el Sector Privado.





Aunque no es el objetivo de este trabajo el análisis teórico profundo del Carácter Facilitador de la Interface “Complejo Hidropoder Paute”, como un tipo de Institución Social propio de la Globalización que relaciona a tres actores importantes: Gobierno, Universidad y Sector Privado; sí se lo deja, como un Problema Teórico a resolver.

## 2.5 Ejes Centrales de la Operación del Complejo Hidropoder Paute

Los ejes centrales de investigación responden a la necesidad de continuidad, de coherencia e impacto en la consolidación de las líneas de investigación, que se desarrollarán en Complejo Hidropoder Paute. En términos generales un eje central de investigación se define por la afinidad de temáticas de investigación y la necesidad de reunir una masa crítica de investigadores de diferentes disciplinas para explorar un tópico o aplicar criterios metodológicos similares [29]. Con los ejes centrales de operación del Complejo Hidropoder Paute, se buscan equilibradamente el desarrollo y consolidación de la investigación básica y aplicada.

El Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” tendrá cuatro ejes centrales de operación:

- Investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación. Transferencia de tecnología.
- Formación de recursos humanos especializados, capacitación y entrenamiento de directivos y operativos de las empresas.
- Consultoría y asistencia técnica a empresas privadas y/o estatales.
- Divulgación de los resultados a través de la **Revista** (científica y técnica) **Hidropoder**.

El área prioritaria del Complejo Hidropoder Paute será la de aumentar el *acceso al conocimiento* de las fuentes de Hidroenergía y las tecnologías para su aprovechamiento. Es necesaria la creación de una *plataforma de conocimientos*, que constituirá uno de los pilares del Centro de Investigación.

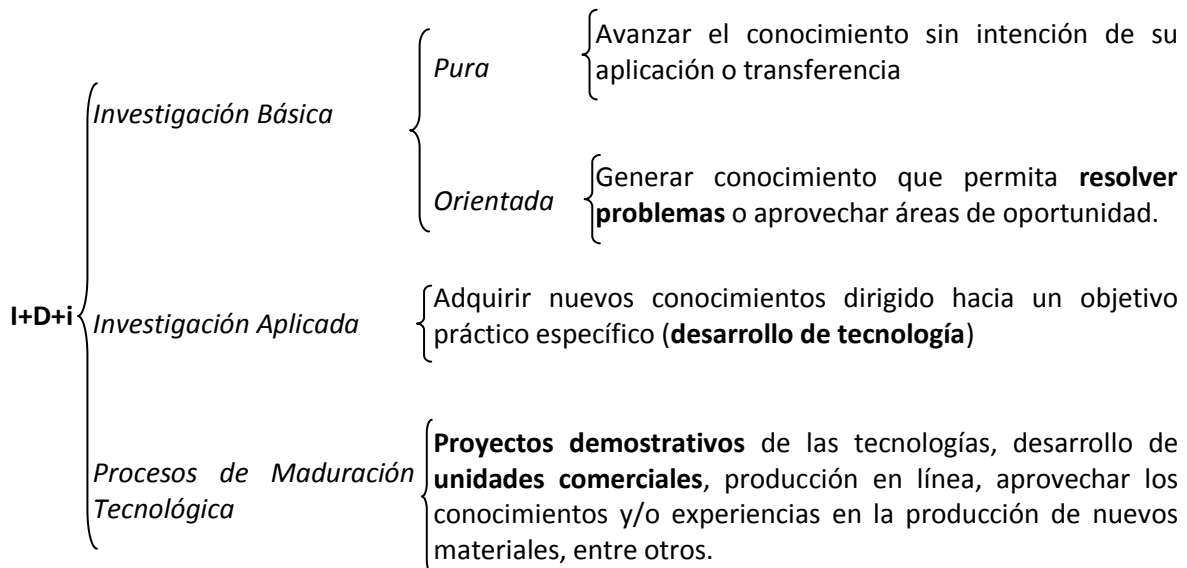




Otra de las áreas principales de Complejo Hidropoder Paute, será aumentar el acceso a un *servicio energético estable y sostenible* basado en las fuentes de energía hídrica con las que cuenta el país.

## 2.6 Como se Debe Enfocar la I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación)

Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) son las tres premisas fundamentales para todo lo que concierne al desarrollo de ciencia y tecnología. De acuerdo a lo descrito en el punto Capítulo1 (Sección 1.1), el concepto I+D+i se lo puede resumir de acuerdo al diagrama presentado en la Figura 2.2.



**Figura 2.2.** Diagrama de flujo del concepto I+D+i. Fuente: [4].

La investigación científica y el desarrollo tecnológico conducen normalmente a procesos de innovación, sin embargo:

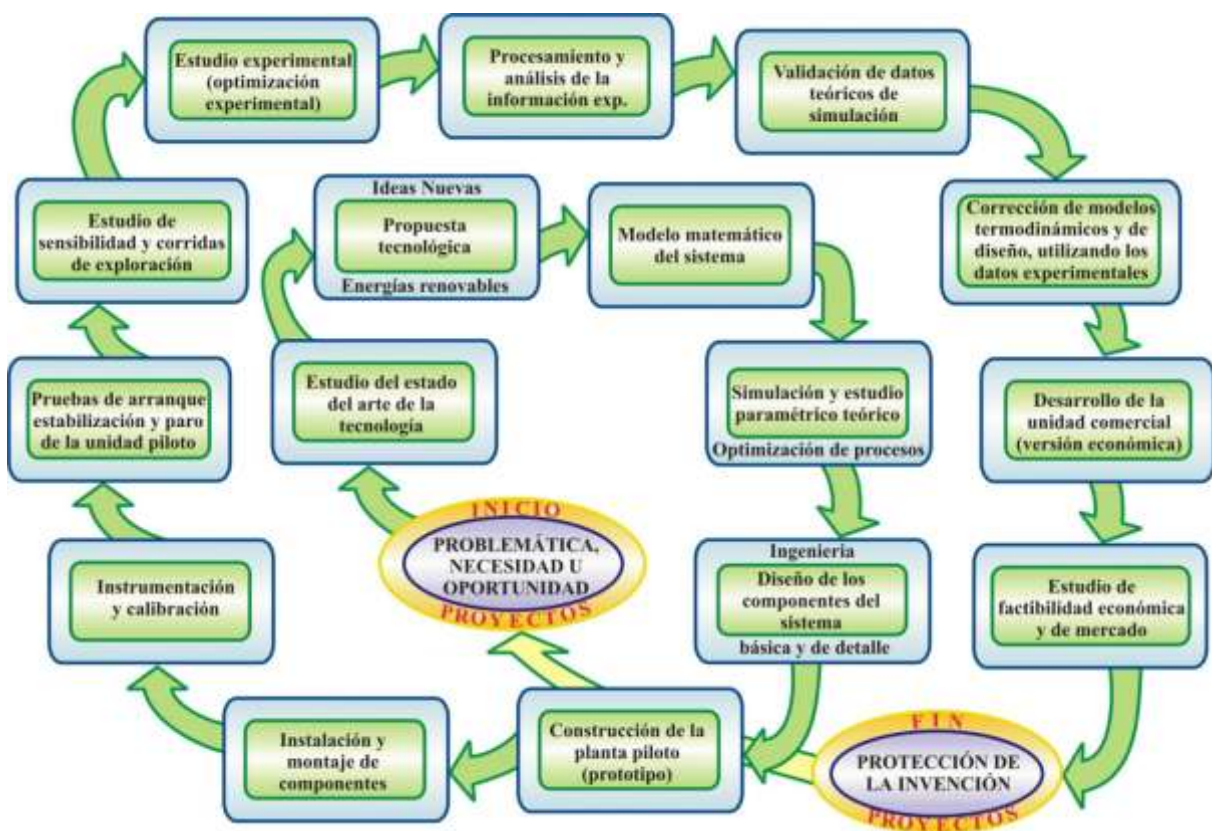
- La actividad de I+D no es suficiente porque si no llega al mercado no hay innovación. En muchos casos, los resultados de la I+D no son utilizados nunca.
- Tampoco es estrictamente necesaria. Parte de los procesos de innovación tecnológica y los que no lo son no descansan en actividades de I+D sino en una actividad de mejora tras la observación de



deficiencias y posibles soluciones. En algunos casos, eso se produce trasladando desarrollos de un dominio de uso a otro distinto.

- Una parte de la actividad de investigación científica no pretende, ni siquiera a largo plazo, generar ningún proceso de innovación (ni tecnológica ni de ningún otro tipo). Eso sucede con parte de la investigación básica o la ligada con las Humanidades. Como ejemplo, un mejor conocimiento de la Grecia clásica no tiene como fin ninguna innovación (a no ser la generación lateral de unas técnicas historiográficas diferentes de las empleadas actualmente) [30].

En la Figura 2.3 se muestran las diferentes etapas de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. El proceso inicia frecuentemente a partir de las ideas que surgen de la investigación básica, tratando de dar respuesta a alguna demanda detectada en el mercado. Otras veces se trata de proyectos contratados por empresas a los Institutos y Centros de Investigación.



**Figura 2.3.** Diferentes etapas de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

Fuente: [4].



En las primeras etapas, con una inversión mínima se inicia la construcción de una planta piloto o prototipo que sirve para realizar la valoración inicial de las posibilidades del desarrollo tecnológico. Posteriormente vienen las etapas donde se ejecutan estudios, análisis, pruebas, calibraciones, correcciones, etc., en definitiva se realizan mejoras al prototipo, mediante las cuales se logran la validación de la factibilidad técnica y funcional del dispositivo. Dependiendo de la complejidad del proyecto este proceso puede tomar mucho tiempo y requiere de la disponibilidad de materiales y recursos [31].

El equipo de proyecto también debe trabajar en nuevas características y especificaciones, además el proyecto se extiende hacia los grupos de ingeniería y diseño, los cuales a su vez deben trabajar en aspectos como la usabilidad, la confiabilidad y la disponibilidad del dispositivo tecnológico. Al final de esta etapa se obtiene un prototipo de *laboratorio* que ya tiene el carácter de tecnología pre-competitiva.

Muchas veces aquí termina la intervención de los grupos académicos universitarios que realizan I+D+i. En este punto inicia la etapa económica, es decir el desarrollo de la unidad comercial y se realizan los estudios factibilidad económica y de mercado. En esta etapa se requiere nuevamente de altas inversiones para generar y poner en marcha las estrategias de marketing por las empresas manufactureras innovadoras. Se inician las ventas y la difusión en el mercado del producto tecnológico con lo que finalmente se espera un flujo de recursos positivo (+\$) por las ganancias generadas de las ventas de la tecnología que se difundirá en el mercado [31].

Por último, es necesario realizar los procesos de transferencia de tecnología (TT) de los derechos de propiedad intelectual (protección de la invención) y la negociación de sus términos. Generalmente se requiere de una corrida de valuación tecnológica para definir los términos de los contratos de TT. Una vez que se realiza la transacción, la tecnología pasa a ser un activo tangible para las instituciones de I+D públicos.



En el Complejo Hidropoder Paute, el concepto I+D+i se debe enfocar de tal forma que se contribuya al desarrollo del sistema productivo del país, con el objeto de fortalecer el crecimiento económico o crear ventajas comparativas promocionando la innovación y el desarrollo tecnológico. Además se organizará la investigación enfocada hacia las soluciones de problemas y objetivos sociales o productivos bien definidos y no hacia los objetivos internos de los campos científicos y tecnológicos o de los propios científicos. También será necesario desarrollar una amplia planificación e integración de la investigación científica orientada hacia aplicaciones productivas para que se recojan las necesidades y oportunidades futuras. Respecto a la organización institucional se deberá reforzar el trabajo en equipos en contraste con el habitual trabajo individual o en pequeños grupos de la investigación científica. Asimismo se deberá incentivar la movilidad intersectorial y entre campos tecnológicos de investigadores y promover estructuras de investigación flexibles que puedan incorporar rápidamente nuevos desarrollos. Como último punto se puede indicar que no sólo se deben transferir los conocimientos y resultados de la I+D básica al sector productivo, sino se deberá también plantear problemas de I+D aplicada para su tratamiento en los centros de I+D básica (como por ejemplo Universidades). Es decir, el desarrollo de ambos campos de investigación deben co-evolucionarse con flujos mutuos de información [32].

En este sentido, se establece que la ciencia y tecnología que se desarrollen en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” sean de excelencia y alta calidad. En el caso de la excelencia de la ciencia se dispone de las citas para medir el impacto de las propias publicaciones sobre el trabajo de otros colegas. Y en el caso de la calidad, se evalúa de acuerdo con el juicio de los pares. En cuanto a la excelencia y calidad de la investigación tecnológica, se tiene la expectativa de que sus resultados ayuden a incorporar conocimiento científico o se traduzcan en procesos, bienes y servicios [33].

Desde el punto de vista del Estado, el fin último del financiamiento a la ciencia, la tecnología y la innovación debe traducirse en ganancias en el bienestar, el



desarrollo económico, el ambiente o la seguridad nacional, entre otros objetivos socio-económicos. En consecuencia, para integrar la ciencia, tecnología e innovación que se generen en Complejo Hidropoder Paute al desarrollo nacional se ha establecido una sinergia con las prioridades identificadas en el Plan Nacional del Buen Vivir, las cuales se relacionan con fortalecer la educación superior con visión científica, manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral, diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles, entre otras, como se encuentran descritas en el capítulo 1 (sección 1.8).

## **2.7 Estrategias para la Sostenibilidad Económica del Centro**

En el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” se desarrollarán proyectos y actividades que promuevan la educación y el desarrollo tecnológico. Muchas de estas actividades cuestan dinero y no producen el sustento necesario para mantener una independencia económica. De cara a obtener recursos, y a través de la iniciativa privada, el Complejo Hidropoder Paute podrá realizar actividades que le provean de ingresos. Estas actividades serían:

- Realización de estudios de viabilidad técnico económica y asesoría energética, medioambiental y en aprovechamiento de recursos hídricos.
- Diseño y realización de proyectos específicos para la industria.
- Desarrollo, producción y venta de equipos de aprovechamiento hidroenergético para su venta directa (en asociación con fabricantes del sector privado).
- Consultoría y asistencia técnica.
- Cursos, seminarios y programas de apoyo a instituciones.
- Educación y publicación de avances, estudios, trabajos, etc.

Las estrategias del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” pueden ser establecidas bajo los siguientes criterios:



- Se deberá consolidar un portafolio de proyectos de inversión que promueva los usos productivos y las aplicaciones industriales de las energías hídricas con las que cuenta el país.
- Será necesario pasar de la gestión del conocimiento a la creación de un portafolio de inversión para la creación de nuevas empresas.
- Se promoverá la creación de redes de colaboración a través de la plataforma de conocimiento.

En definitiva se tiene que introducir al Complejo Hidropoder Paute dentro de un **círculo virtuoso**, que le de sostenibilidad económica.

## 2.8 Conclusiones del capítulo

Se ha demostrado la importancia de un centro de investigación en donde se considere al conocimiento o información completa como una magnitud cuantitativa y dimensionalmente igual al Poder, ya que con información completa, el consumo de potencia es casi nulo para cualquier poder exigido en una tarea. En consecuencia y considerando la gran oferta del recurso hídrico con el que cuenta el Ecuador, es trascendental para su desarrollo, la implementación de un centro de Poder Hidráulico como el Complejo Hidropoder Paute, donde se conjuguen la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, para contribuir a un crecimiento sostenible del país, basado en sus riquezas hídricas.

Las razones fundamentales para la creación de un Centro de Poder Hidráulico se las puede resumir como sigue:

- El recurso hidráulico es una fortaleza objetiva distribuida en la República del Ecuador.
- En el Ecuador es imprescindible crear los espacios sistémicos estructurales-funcionales multiplicadores (Centros de Investigación) en los cuales encausar el abundante capital humano existente.



- La magnitud poder dado su carácter integrador, unificará y servirá de base de comparación para el trabajo coordinado del Centro de Investigación de obreros, técnicos, profesionales y especialistas del más alto grado de especialización.

El Ecuador cuenta con un gran potencial en sus recursos hídricos, sin embargo de nada le sirve este potencial sin la información y el conocimiento necesario acerca de cómo se deben aprovechar dichos recursos de una forma eficiente, eficaz y con valor social. El Complejo Hidropoder Paute será el encargado de crear el conocimiento necesario para conjugarlo con el potencial con que cuenta el país y contribuir a que el Ecuador alcance el “Poder” a base de sus recursos hídricos.

El Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute” comprometido en aprovechar de manera eficiente, eficaz y con responsabilidad social los recursos hídricos con los que cuenta el país, debe nacer dentro del Complejo Paute Integral, ya que precisamente aquí es donde se cuenta con los recursos que le dan su razón de ser (agua, capital humano emprendedor, apoyo de Universidades, etc), con el objetivo de crear un sistema investigativo, ingenieril, económico y social de altas prestaciones para el Ecuador.

Con el propósito de contribuir con la capacidad innovadora y competitiva del país, el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” buscará involucrarse y unir fuerzas con diferentes sectores, tales como, Empresas, Universidades, Organismos de Gobierno y Sector Privado. Esta vinculación con los diferentes sectores constituirá una gestión de enlace estratégico institucional que permita crear acciones, programas y proyectos de colaboración intersectorial para fomentar la transferencia del conocimiento y tecnología que resulten de las investigaciones que se generen en el Centro de Investigación.

Investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación (Transferencia de tecnología), formación de recursos humanos especializados, consultoría y asistencia técnica a empresas privadas y/o estatales y divulgación de los





resultados a través de la Revista Hidropoder, constituyen los ejes centrales de operación del Complejo Hidropoder Paute, a través de los cuales, se buscan equilibradamente el desarrollo y consolidación de la investigación básica y aplicada, teniendo como áreas prioritarias el aumento del *acceso al conocimiento* de las fuentes de Hidroenergía y las tecnologías para su aprovechamiento y el acceso a un *servicio energético estable y sostenible* basado en las fuentes de energía hídrica con las que cuenta el país.

Con el propósito de introducir al Complejo Hidropoder Paute dentro de un círculo virtuoso, que le de sostenibilidad económica, se han planeado las siguientes estrategias para el Centro de Investigación:

- Consolidar un portafolio de proyectos de inversión que promueva los usos productivos y las aplicaciones industriales de las energías hídricas con las que cuenta el país.
- Pasar de la gestión del conocimiento a la creación de un portafolio de inversión para la creación de nuevas empresas.
- Promover la creación de redes de colaboración a través de la plataforma de conocimiento.

Por último se recalca que en el Complejo Hidropoder Paute el concepto I+D+i se orientara a impulsar el desarrollo del sistema productivo del país, con el objeto de fortalecer el crecimiento económico o crear ventajas comparativas promocionando la innovación y el desarrollo tecnológico.





## CAPÍTULO III

### PROYECCIÓN DEL “COMPLEJO HIDROPODER PAUTE”

#### 3.1 Introducción

Bajo la Proyección del Centro de Investigación se conciben los principales rubros que deben tenerse en cuenta a la hora de confeccionar un Proyecto Armónico y Fundamentado como lo es el Complejo Hidropoder Paute.

En el mundo globalizado actual, las Empresas, Centros de Investigación y otras entidades, son cada vez más interdependientes y sometidos a variaciones bruscas y en muchas ocasiones imprevisibles; por lo que, el diseño de todo ente debe ser robusto, eficiente, globalizado y de respuesta dinámica y rápida, para que pueda competir con éxito en un entorno cada vez más exigente.

En el presente capítulo se presenta la propuesta del Complejo Hidropoder Paute, como un Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación que brinde alternativas tecnológicas y sustentables para el aprovechamiento prioritario de los recursos hídricos con los que cuenta el Ecuador, contribuyendo a solucionar sus problemas energéticos, ambientales y económicos. De esta forma se establecen la Misión, Visión y Objetivos del Centro, así como su Estructura Orgánica y Consejo Consultivo.

Las líneas de investigación reflejan las principales áreas científicas en las que se centrará el trabajo del Complejo Hidropoder Paute y que le permitirán realizar proyectos de investigación y desarrollo integrales, desde la evaluación previa de los recursos aprovechables hasta la consolidación misma del proyecto y su aplicación final. En este ámbito, en primera instancia, las principales líneas de actuación del Complejo Hidropoder Paute serán:

- Hidroeléctricas.
- Hidroseguidores Solares.
- Hidrógeno.



- Arietes Hidráulicos.
- Ecohidroimpacto.
- Temas adherentes a las Centrales Hidroeléctricas y Ciencias Fundamentales y Aplicadas.

Todas estas líneas de investigación serán desarrolladas en el presente capítulo, además dentro de estas áreas se proponen ejemplos aplicativos y algunos proyectos que serían la base inicial para el emprendimiento de la actividad investigativa del Complejo Hidropoder Paute.

Por último, en las secciones finales de este capítulo, se proponen los planes de crecimiento a corto, mediano y largo Plazo del Complejo Hidropoder Paute, estableciendo las prioridades de desarrollo de las diferentes áreas de investigación, con el objetivo de que la implementación del Centro se ejecute de una manera segura y ordenada. Además, se establecen los requerimientos del Complejo Hidropoder Paute, su colaboración con instituciones nacionales e internacionales y los desafíos más importantes a los cuales se enfrentaran el grupo creador de este Centro de Investigación.

### **3.2 Visión, Misión y Objetivos del Centro**

En el Complejo Hidropoder Paute el trinomio energía, agua y ambiente deben converger sistémicamente, esto debido a que por medio de las tecnologías energéticas limpias, se pueden satisfacer las necesidades de energía y agua de los diferentes sectores, respetando el medio ambiente [4]. Basados en esto y en los fundamentos desarrollados en el capítulo II, se pueden establecer la Misión, Visión y Objetivos del Complejo Hidropoder Paute, como sigue:

#### ***Visión***

Ser una institución de referencia nacional en investigación, desarrollo e innovación de tecnologías sustentables para el aprovechamiento de los recursos renovables con los que cuenta el Ecuador; y en particular de sus recursos hídricos, y en la formación de recursos humanos especializados de alto nivel en esta área.



### **Misión**

El Complejo Hidropoder Paute tiene como misión realizar investigación aplicada y desarrollos tecnológicos innovadores para la generación, transmisión, conversión, almacenamiento y utilización de las fuentes hídricas, contribuyendo al desarrollo nacional sustentable con tecnologías propias.

### **Objetivos Generales**

- Convertir al Complejo Hidropoder Paute en una fuente generadora de alternativas tecnológicas sustentables, con lo cual se contribuya en la resolución de los problemas energéticos, ambientales y económicos del Ecuador, impulsando el desarrollo económico sustentable del país.
- Realizar innovación y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de los recursos hídricos, tales como: Hidroeléctricas, Hidroseguidores Solares, Hidrógeno, Arietes Hidráulicos, Ecohidroimpacto. Además, a futuro se puede ampliar las áreas de investigación a otras fuentes de energías renovables como por ejemplo: solar (fototérmica y fotovoltaica), eólica, geotérmica, biomasa, oceánica o marítima, arquitectura bioclimática, entre otras.

### **Objetivos Propios del Centro**

- Impulsar las pequeñas y medianas empresas regionales que fabriquen y comercialicen equipos para el aprovechamiento de las energías renovables.
- Satisfacer demandas específicas de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación para contribuir a aumentar el nivel de competencia internacional de las empresas nacionales.
- Tener una vinculación directa con las Universidades, las empresas (públicas o privadas) y el gobierno para solucionar problemas energéticos en el ámbito de la competitividad internacional y requerimientos o problemática de la sociedad.
- Formar recursos humanos especializados altamente calificados en investigación aplicada, desarrollo de tecnologías energéticas limpias e

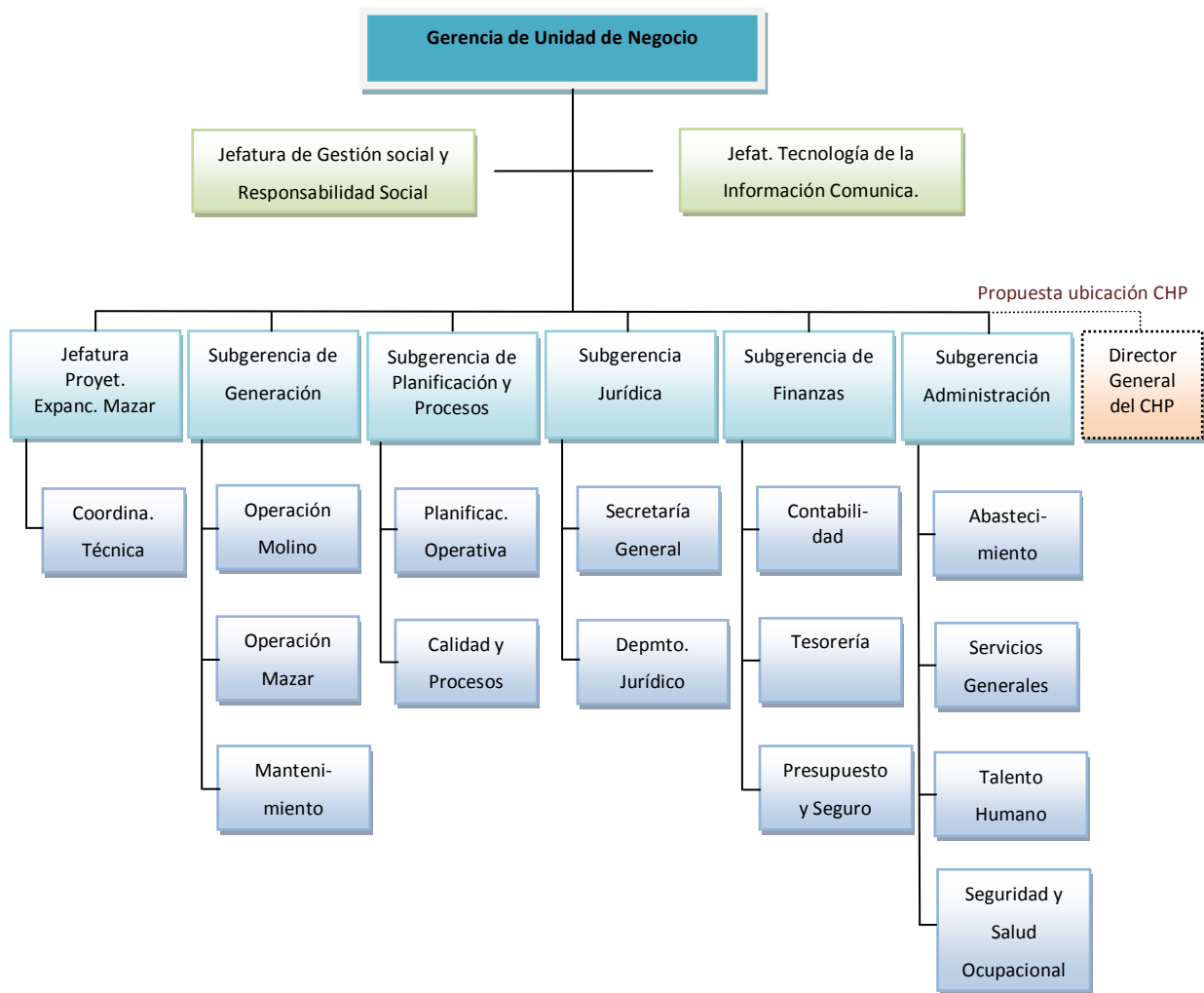


innovación en el ámbito energético, así como en la transferencia tecnológica de los productos de la investigación.

- Conformar y mantener un acervo documental y electrónico de vanguardia, nacional e internacional, relacionado con la investigación y desarrollo tecnológico de las fuentes renovables de energía y sustentabilidad.
- Fomentar una cultura energético-ambiental a todos los niveles de la sociedad que permita el ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos disponibles.
- Realizar y publicar trabajos de investigación y desarrollo en el campo de las tecnologías y las técnicas que puedan resultar aplicables en materia hidroenergética y de su impacto medioambiental.
- Coordinar, gestionar y participar en programas de postgrado, máster y doctorado en los temas objeto de su actuación.
- Realizar tareas de auditoría, diagnóstico y asesoramiento tecnológico que faciliten la introducción de mejoras e innovaciones en los procesos, productos o servicios de las empresas energéticas, que les ayuden a ser competitivas.
- Llevar a cabo planes de formación permanente y de especialización o actualización profesional en los diversos campos de la actividad energética.

### **3.3 Estructura Orgánica y Concejo Consultivo**

El Complejo Hidropoder Paute, será una entidad adscrita a la Gerencia General de la Unidad de Negocio Hidropaute de CELEC EP, la misma que tiene una estructura vertical, tal y como se muestra en la Figura 3.1 y consta con cinco Subgerencias responsables de la producción, operación y desarrollo de la empresa.



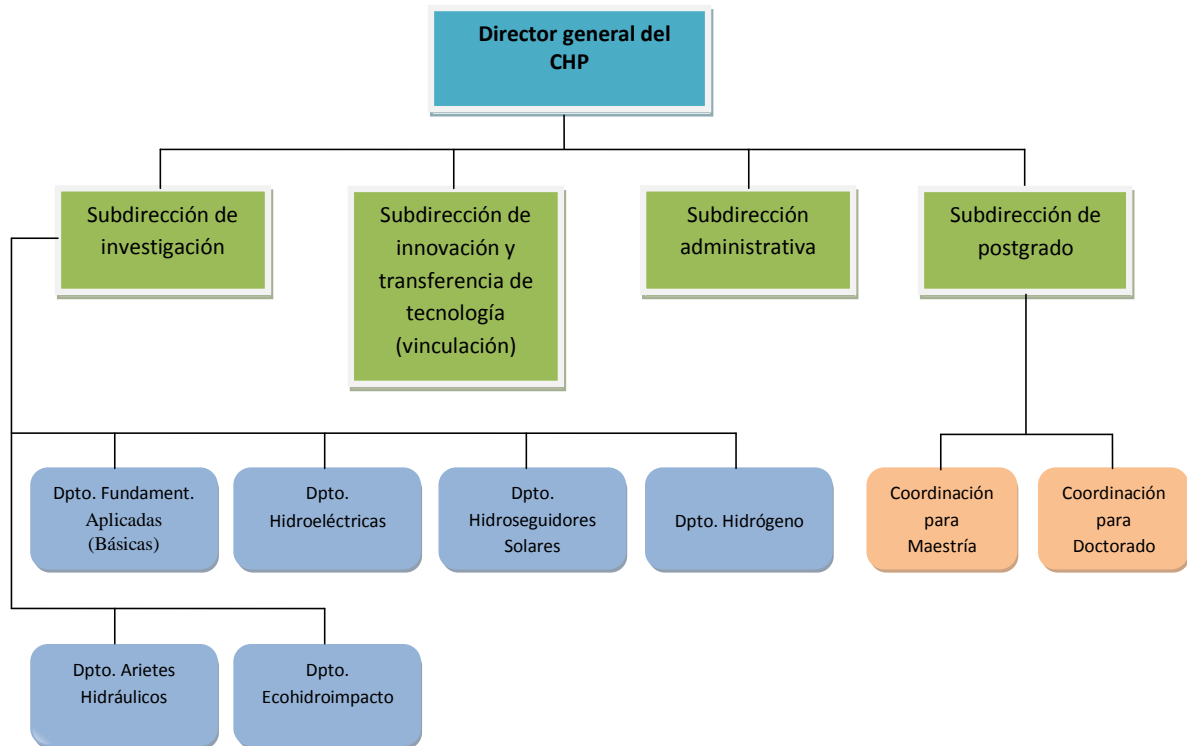
**Figura 3.1.** Estructura Orgánica de la Unidad de Negocio Hidropaute. Fuente: [18].

Con el propósito de dividir el trabajo y establecer responsabilidades para alcanzar sus objetivos, el Complejo Hidropoder Paute tendrá la estructura presentada en la Figura 3.2. En la que consta la Dirección General del Centro y las Subdirecciones de Investigación, Innovación, Administración y Postgrado.

Como ya se ha mencionado el Complejo Hidropoder Paute será una institución adscrita a la unidad de negocio Hidropaute, la misma que forma parte de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), en consecuencia de esto y por la trascendencia (descrita en la sección 2.2.2) que constituye para Ecuador la creación de este Centro de Investigación, la rectoría del Complejo Hidropoder Paute deberá estar bajo la representación del Estado. Sin embargo, como se mencionó en la sección 2.4, el Centro de Investigación tiene que nacer involucrado con las diferentes instituciones que le dan su razón de ser, es por



esta razón que dentro de su organización es necesario la presencia de representantes de las Universidades y del Sector Privado. Esta estructura organizativa permitirá que los promotores del Complejo Hidropoder Paute dispongan de una solución organizativa que asegure una solvencia económica a los equipos investigadores y su continuidad en el tiempo.



**Figura 3.2.** Estructura Orgánica del Complejo Hidropoder Paute. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.1 Subdirección de Investigación

Es la encargada de realizar investigación científica y desarrollo tecnológico en los diferentes departamentos del Complejo Hidropoder Paute y que tienen que ver con el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, como son:

- Departamento de Ciencias Fundamentales Aplicadas (Básicas)**
- Físicas y Tecnológicas
  - Matemáticas, Modelación y Simulación
  - Informáticas
  - Económicas, Medio Ambientales, Laborales y Sociales



<b>Departamento de Hidroeléctricas</b>	}	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Desarrollo de prototipos.</i></li> <li>➤ <i>Microhidroeléctricas (en arroyos de montaña).</i></li> <li>➤ <i>Minihidroeléctricas (en pequeños ríos de montaña).</i></li> <li>➤ <i>Hidroeléctricas.</i></li> </ul> <p><i>Las Investigaciones Hidroeléctricas incluirán: Investigaciones Hidráulicas y Eléctricas pertinentes.</i></p>
<b>Departamento de Hidroseguidores Solares</b>	}	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Desarrollo de prototipos.</i></li> <li>➤ <i>Hidroeléctricas con Hidromotores.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Generación fototérmica.</i></li> <li>▪ <i>Generación fotovoltaica.</i></li> </ul> </li> <li>➤ <i>Cercas eléctricas solares.</i></li> <li>➤ <i>Bombeo solar.</i></li> </ul>
<b>Departamento de Hidrógeno</b>	}	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Desarrollo de prototipos.</i></li> <li>➤ <i>Generación y almacenamiento de hidrógeno electrolítico.</i></li> <li>➤ <i>Generación de electricidad a partir de hidrógeno.</i></li> <li>➤ <i>Desempeño del hidrógeno en la transportación masiva.</i></li> <li>➤ <i>Producción de fertilizantes.</i></li> </ul>
<b>Departamento de Arietes Hidráulicos</b>	}	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Desarrollo de prototipos.</i></li> <li>➤ <i>Diseño, construcción, aplicación y evaluación.</i></li> <li>➤ <i>Control automático del riego.</i></li> </ul>
<b>Departamento de Ecohidroimpacto</b>	}	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Efecto del agua acumulada en Hidroeléctricas con Hidroseguidores en el lugar de los incendios para apagar los siniestros forestales.</i></li> <li>➤ <i>Ecohidroimpacto laboral y ambiental.</i></li> <li>➤ <i>Biohidroimpacto.</i></li> <li>➤ <i>Ecohidroturismo.</i></li> <li>➤ <i>Gestión del Agua y Seguridad Hídrica.</i></li> </ul>



### **3.3.2 Subdirección de Innovación y Transferencia de Tecnología**

Es la encargada de llevar los resultados de la investigación y el desarrollo tecnológico hacia la innovación y la transferencia de tecnología. Será el área delegada para realizar la vinculación del Complejo Hidropoder Paute con las diferentes entidades, tales como, Universidades, Gobierno y Empresas públicas o privadas.

### **3.3.3 Subdirección Administrativa**

El Centro de Investigación posee dentro de su estructura interna un departamento de Administración, que será el encargado de ejecutar las actividades de planificación, coordinación y evaluación de los procesos administrativos y de información requeridos por el Complejo Hidropoder Paute, con el fin de garantizar que los servicios de investigación y desarrollo aplicados, apoyo técnico, transferencia tecnológica y asesorías, sean prestados en términos de calidad y oportunidad.

### **3.3.4 Subdirección de Postgrado**

La Subdirección de Posgrados será la encargada de participar en la estructuración de los planes y programas de estudio de la entidad, así como establecer y difundir las normas, políticas y procedimientos que regulen la formación de recursos humanos especializados del Complejo Hidropoder Paute, manteniendo una vinculación estrecha con las áreas de investigación e innovación, e instrumentando acciones de carácter administrativo que contribuyan a la promoción y optimización del desempeño académico de profesionales y de estudiantes, así como fomentar y apoyar la obtención de becas a otras instituciones dentro y fuera del país.





### **3.4 Áreas de Investigación y Desarrollo (Líneas de investigación, programas y proyectos)**

Las principales líneas de investigación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” se presentan en las páginas siguientes.

#### **3.4.1 Hidroeléctricas**

La hidroelectricidad es la fuente de energía renovable líder a nivel mundial, representa cerca del 16 % de la potencia eléctrica [34]. Más de 150 países utilizan este tipo de energía. Es más, la hidroelectricidad provee por lo menos el 50 % de electricidad en 63 países y por lo menos 90 % para 23 países [34]. Actualmente, está en auge el desarrollo de centrales hidroeléctricas a nivel mundial; esto tras dos décadas de estancamiento. Un potencial de alrededor de 170 GW está en construcción, lo cual denota una inversión significativa y un incremento sustancial en la generación eléctrica a base de esta energía. La mayor parte de esta capacidad está en construcción en China, India, Vietnam, Turquía, Canadá y América del Sur [34].

Al igual que la tendencia en América Latina, Ecuador es uno de los países que más depende de la hidroelectricidad en su matriz eléctrica. Y en la actualidad tiene una potencia hidroeléctrica instalada de 2.242 MW [35]. En la Tabla 3.1 se presentan las principales centrales hidroeléctricas del país.

Como se presento en el Capítulo 1, de acuerdo al inventario hidroeléctrico realizado por el antiguo INECEL, el Ecuador cuenta con un potencial teórico de 93.436 MW, de los cuales luego de estudios de factibilidad técnica y económica, se estimó una potencia aprovechable de 21.520 MW. De este potencial en la actualidad solo se ha aprovechado alrededor de 2.300 MW en centrales hidroeléctricas, lo que representa apenas un 10,6 % con respecto al potencial hidroeléctrico económica y técnicamente factible con el que cuenta el país.

**Tabla 3.1.** Principales centrales hidroeléctricas del Ecuador.

NOMBRE DE LA CENTRAL	POTENCIA INSTALADA [MW]
Paute Molino	1.100
Paute Mazar	170
San Francisco	230
Agoyán	156
Hidronación	230
Pucará	70
Saymirín Saucay	24
Hidroabanico	37,5
Calope	16,5
Sibimbe	15,8
El Carmen	8,2
La esperanza	6
Poza Honda	3
Perlabi	2,46
Loreto	2,15
<b>TOTAL</b>	<b>2.071,61</b>

Fuente: Basado en [17].

Ante los problemas de la matriz energética y eléctrica en Ecuador, por su dependencia de pocas fuentes, el incremento de uso de combustibles fósiles y los crecientes costos económicos y ambientales por falta de planificación, la propuesta actual del estado es cambiar la matriz eléctrica ecuatoriana, para lo cual se ha planteado la construcción de más centrales hidroeléctricas, con la finalidad de diversificar opciones y tener otro régimen hidrológico que permita tener las plantas operando a capacidad suficiente durante los meses de mayor demanda [34]. En las Tablas 3.2 y 3.3 se presentan los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en proceso de construcción y en procesos de estudios respectivamente.

A parte de las grandes centrales hidroeléctricas, el gran recurso hídrico con que cuenta el país puede ser explotado con las minicentrales hidroeléctricas, las mismas que se constituyen en una alternativa válida con gran proyección para su desarrollo a lo largo de todo el territorio nacional. En la Tabla 3.4 se



presentan los proyectos de minicentrales hidroeléctricas que actualmente están siendo impulsados por el estado.

**Tabla 3.2.** Proyectos Hidroeléctricos en construcción.

NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN	INICIO DE OPERACIÓN	POTENCIA INSTALADA [MW]
Coca Codo Sinclair	Napo, Sucumbíos	ene-16	1.500
Sopladora	Azuay, Morona Santiago	dic-14	487
Toachi Pilatón	Pichincha, Cotopaxi, Sto. Domingo	ene-15	253
Minas - San Francisco	Azuay	dic-15	270
Delsitanisagua	Zamora Chinchipe	dic-15	115
Mazar Dudas	Cañar	ene-14	21
Manduriacu	Pichincha	sep-14	60
Quijos	Napo	dic-15	50
<b>TOTAL PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS</b>			<b>2.756</b>

Fuente: [36].

**Tabla 3.3.** Proyectos Hidroeléctricos en estudios.

NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN	POTENCIA INSTALADA [MW]
Cardenillo	Morona Santiago	600
Baeza	Napo	50
Zamora	Morona Santiago	5.000
Sistema Integrado Guayllabamba	Guayllabamba	1.254
Otros		177
<b>ESTUDIOS HIDROELÉCTRICOS</b>		<b>7.081</b>

Fuente: [36].

Con todos los proyectos hidroeléctricos que se encuentran en construcción, el Ecuador pretende incrementar su potencia hidroeléctrica hasta el año 2016 en alrededor de 2.700 MW, es decir, llegar a una capacidad instalada de aproximadamente 5.000 MW en centrales hidroeléctricas. Sin embargo pese a



todo esto, es claro que Ecuador todavía tiene pendiente la utilización de un gran potencial hídrico el cual podría generar enormes externalidades positivas en términos económicos y sociales. Esto representa una gran oportunidad para el Ecuador, no solo en términos de ayuda al medio ambiente, sino también porque puede llegar a ser una nueva fuente de financiamiento para proyectos que incentiven la reducción de emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial [37].

**Tabla 3.4.** Proyectos de Minicentrales Hidroeléctricas.

NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN	POTENCIA INSTALADA [MW]
Mira	Carchi	1
Chorrillos	Zamora Chinchiipe	3,96
Trigreurco	Bolivar	3,84
Huapamala	Loja	5,17
Gualaceo (Rehabilitación)	Azuay	0,5
<b>TOTAL MINICENTRALES</b>		<b>14,47</b>

Fuente: [36].

Al ser una tecnología probada y viable en el futuro, la hidroelectricidad constituye una de las opciones vitales para mitigar el cambio climático en los sistemas energéticos, ya que representa una excelente alternativa para reemplazar la generación de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles por una fuente de energía renovable limpia, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero. En los países desarrollados la tendencia de desarrollo del potencial hidroeléctrico es con plantas de pequeña y mediana escala a nivel descentralizado [34]. En países en desarrollo, puesto que aún existe un potencial amplio en sitios estratégicos, la tendencia de aprovechamiento de la hidroelectricidad es con plantas grandes para la provisión centralizada de energía [34]. Planteado todo esto, el objetivo del Complejo Hidropoder Paute dentro de esta área, será el de desarrollar proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico dentro de los siguientes temas:



- Diseño, ejecución y optimización de **instalaciones hidráulicas** de **pequeña** y **mediana** potencia.
- Estudio de los **potenciales hídricos** de sitios de interés.
- Investigación y desarrollo tecnológico de partes y **componentes** de los sistemas que comprenden las centrales hidráulicas (como se describe en la sección 3.4.6).

Dentro de este contexto, en el Complejo Hidropoder Paute en primera instancia se tiene planificado el desarrollo de estudios de viabilidad, factibilidad y construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas, las cuales presentan grandes ventajas sobre las medianas y grandes centrales. El impacto ambiental es prácticamente nulo, el costo más bajo, los sitios para el desarrollo de las mismas son abundantes. En consecuencia uno de los primeros proyectos del Centro de Investigación será la realización del diseño, estudios de factibilidad y construcción de una minicentral hidroeléctrica cuyos antecedentes se describen en los siguientes párrafos.

La central Hidroeléctrica Paute, ha llevado a cabo la construcción de una pequeña presa, denominada Presa Llavircay, la misma que se encuentra ubicada en el río del mismo nombre a 200 metros antes de su desembocadura en el río Paute. La desembocadura del río Llavircay está ubicada entre las presas Mazar y Amaluza a 500 metros aguas abajo de la presa Mazar. El objetivo de la Presa Llavircay, es controlar el deterioro del lecho del río Paute, ya que de producirse un aumento considerable en el caudal de este río podría producir un deslave que potencialmente impediría el paso normal de agua desde la presa Mazar hacia la presa Amaluza y la inundación de la zona de descarga de las aguas turbinadas de la Central Paute-Mazar, lo cual traería graves consecuencias en la operación de las dos centrales. Para realizar dicho control el agua es llevada, a través de un canal de conducción, desde la presa hacia una desembocadura aguas abajo donde no se tiene el riesgo de erosión del lecho del río.



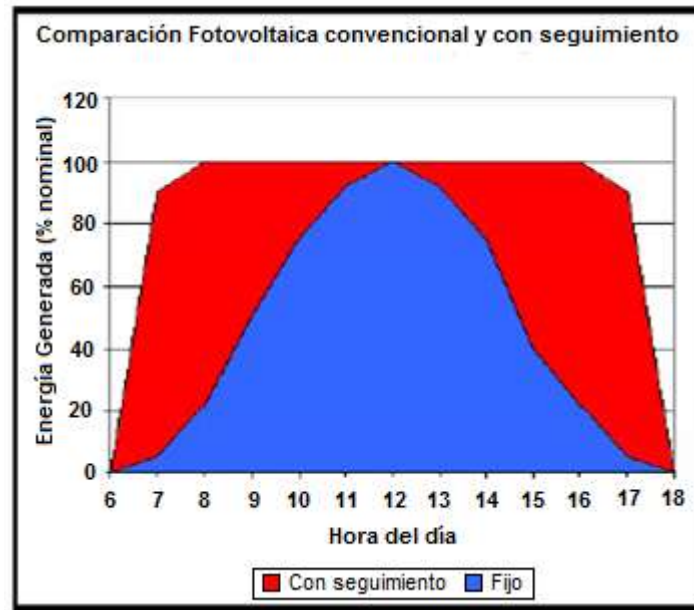
Con estos antecedentes, y aprovechando el desnivel que se tiene entre la presa Llavircay y la desembocadura del canal de conducción, se pretende realizar un estudio para la generación de energía eléctrica a través de una pequeña central hidroeléctrica, instalada al final del canal de conducción. Además, la energía que se pueda obtener al implementarse el proyecto, servirá para ayudar a mejorar la calidad de vida de las poblaciones o comunidades aledañas a la central Mazar, con lo cual se pretende dar una connotación social al estudio. Por ejemplo, la energía que se pueda obtener puede ser empleada para:

- Abastecer a pequeñas comunidades de la zona que no cuenten con el servicio eléctrico.
- Alumbrado público a poblaciones aledañas a la central Mazar.
- Abastecer de energía a centros comunales o centros educativos
- Contribuir con los proyectos sociales que Hidropaute viene realizando con las comunidades, abasteciendo de energía eléctrica a plantas productoras de queso o a invernaderos.

### **3.4.2 Hidroseguidores Solares**

Un seguidor solar es una máquina con una parte fija (anclada a tierra) y otra móvil que a lo largo del día y dentro de su rango de movimiento, acciona sincrónica con el sol a una superficie fotocaptadora lo más perpendicular a las radiaciones directas. Los fotocaptadores accionados por seguidores solares como se muestra en la Figura 3.3 captan durante un día de trabajo más energía radiante que los fotocaptadores fijos [38]. Es necesario anotar que los datos observados en la Figura 3.3 son referenciales y no pertenecen a una zona específica, sugiriendo que existe una mayor absorción de la radiación luminosa cuando más perpendiculares son los rayos de incidencia respecto a una superficie, siendo este el objetivo de un seguidor solar.

Los seguidores solares pueden ser orientados en uno o dos ejes. Los seguidores solares orientados en un eje son más simples y rentables.



**Figura 3.3.** Comparación de la energía captada con y sin seguimiento de fotocaptador.  
Fuente: [38].

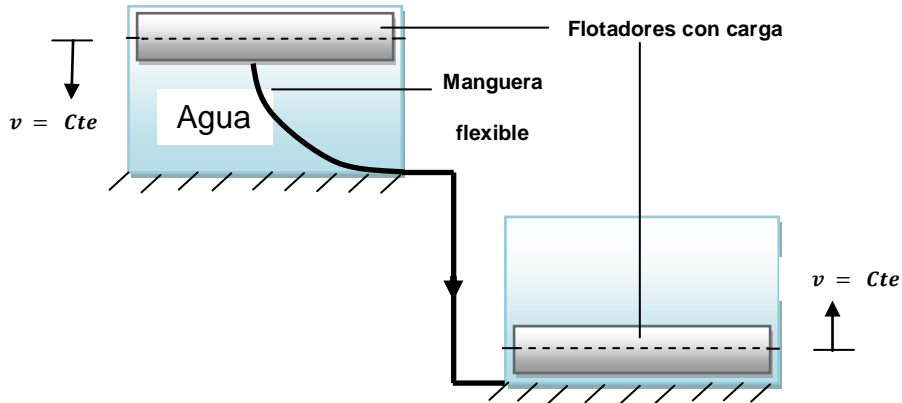
#### 3.4.2.1 Fundamentos Científicos de los Hidroseguidores

Los Hidroseguidores armonizan la explotación triple del agua: en la producción de fotoenergía in situ; en la recirculación no contaminante del agua de trabajo; y en la acumulación previa de agua in situ, utilizable en apagar incendios forestales; como catalizadores del desarrollo económico social [38].

Los Hidroseguidores son amplificadores hidráulicos con autocontrol del seguimiento del sol, accionados por la energía de la gravedad durante la descarga y carga libre de agua. Los Hidroseguidores como se indican en la Figura 3.4, están formados por dos recipientes (de área de sección transversal constante para toda altura) con un flotador con carga (grava, arena, agua u otro) en cada uno de ellos: el Hidroseguidor en posición más alta, durante la descarga por gravedad del agua en él contenida, arrastra y controla en su descenso al flotador con carga a una velocidad  $v$  constante; el otro Hidroseguidor (de iguales dimensiones que el primero), ubicado a menor altura, recibe por gravedad el agua del primer recipiente y controla en su ascenso al flotador con carga a igual velocidad  $v$  constante. Los flotadores accionan a un



sistema mecánico de transmisión para lograr el movimiento sincrónico con el sol de los fotocaptadores [38].

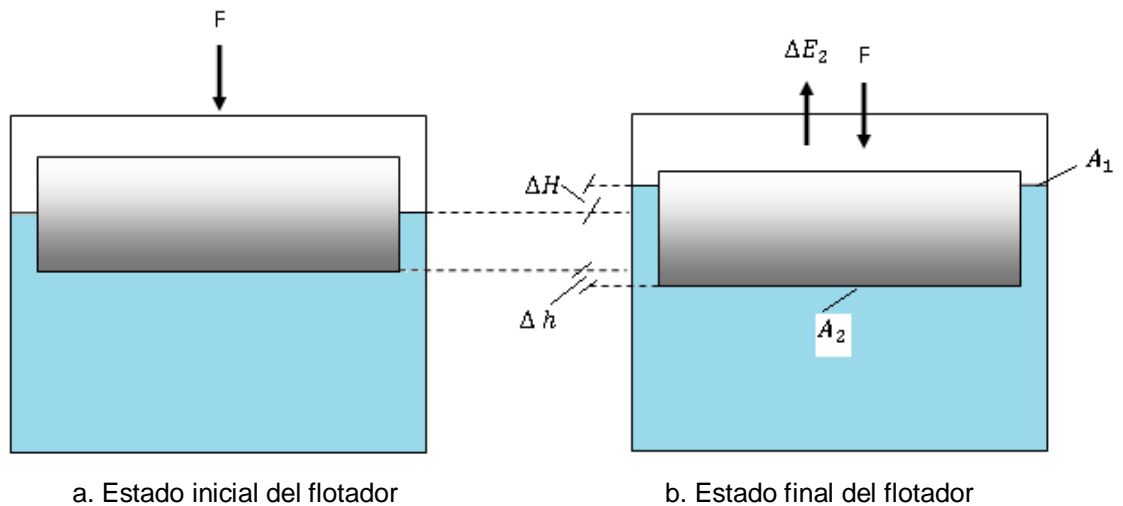


**Figura 3.4.** Esquema básico de los Hidroseguidores. Fuente: Adaptado de [38].

El buen trabajo de un Hidroseguidor exige tres requerimientos:

1. Alta ganancia o amplificación del Hidroseguidor

La Figura 3.5 muestra, una fuerza  $F$  que hunde un  $\Delta h$  al flotador.



**Figura 3.5.** Hundimiento del flotador por una fuerza. Fuente: Adaptado de [38].

Donde:

$A_1$ , área entre el flotador y la parte interior del recipiente.

$A_2$ , área del fondo del flotador.

Por construcción:  $A_2 \gg A_1 \rightarrow \frac{A_2}{A_1} \gg 1$





El volumen de agua desalojada por el fondo del flotador:  $\Delta V = A_2 \Delta h$  es igual al volumen incrementado alrededor de las caras laterales del flotador:  $\Delta V = A_1 \Delta H$ . De donde:

$$\Delta H = \frac{A_2}{A_1} \Delta h$$

La fuerza de empuje (de reacción)  $\Delta E_2$  por el Principio de Arquímedes:

$$\Delta E_2 = \gamma A_2 [\Delta h + \Delta H]$$

$\gamma$ , peso específico del agua. El agua de accionamiento no se contamina y puede ser dulce o salobre.

Sustituyendo a  $\Delta h$ , obtenemos:

$$\Delta E_2 = \left[ 1 + \frac{A_2}{A_1} \right] \gamma A_2 \Delta h$$

$$\frac{\Delta E_2}{\Delta h} = \left[ 1 + \frac{A_2}{A_1} \right] \gamma A_2 = \text{Ganancia} \gg 1$$

Ahora bien, si el flotador con carga se hubiese sumergido en una laguna o recipiente con  $A_1 \rightarrow \infty$ , obtendríamos:  $\Delta E_1 = \gamma A_2 \Delta h$  que es la fuerza dada usualmente por el Principio de Arquímedes. Vemos que:

$$\frac{\Delta E_2}{\Delta E_1} = \left[ 1 + \frac{A_2}{A_1} \right] \gg 2$$

Esto implica que la fuerza de empuje de reacción del flotador con carga es  $\left[ 1 + \frac{A_2}{A_1} \right] \gg 2$  mayor que la Fuerza de Empuje Convencional de Arquímedes. Esto significa que el Hidroseguidor es muy robusto y que es capaz de contrarrestar la fuerza del viento que actúa sobre el fotocaptador u otras perturbaciones. Usualmente los fotocaptadores son de áreas grandes (de varios  $\text{m}^2$  o más), por lo que en la práctica se comportan como velas resistentes al viento.

La hidrodinámica de flotador con carga impone a estado de régimen estacionario que la fuerza de reacción de empuje  $\Delta E_2$  de Arquímedes sea:  $\Delta E_2 = F$ , lo que determina que el Hidroseguidor compensa la



acción de cualquier fuerza  $F$  sobre el fotocaptador, al transmitirse al flotador con carga a través del sistema mecánico de transmisión; de esta forma, ejerce autocontrol sobre el seguimiento sincrónico del fotocaptador con el movimiento aparente del sol: manteniendo con ello, la condición de máxima captación de la radiación solar directa [38].

## 2. Descenso o ascenso a velocidad constante del flotador con carga.

La velocidad  $v$  de desplazamiento del flotador con carga (tanto en ascenso como en descenso) tiene que ser constante e igual a:

$$v = \omega r = \text{Constante}$$

Donde:

$\omega = 15^\circ/h$ , velocidad de rotación de la Tierra alrededor de su eje imaginario de giro.

$r$  = radio de la polea cuyo eje de giro es paralelo al eje imaginario de rotación de la Tierra, y que es accionado por el flotador con carga.

A partir de una condición inicial de enfoque, el cumplimiento de que la velocidad de desplazamiento del flotador sea:  $v = \omega r = \text{Constante}$  es esencial para garantizar el buen trabajo de la instalación solar [38].

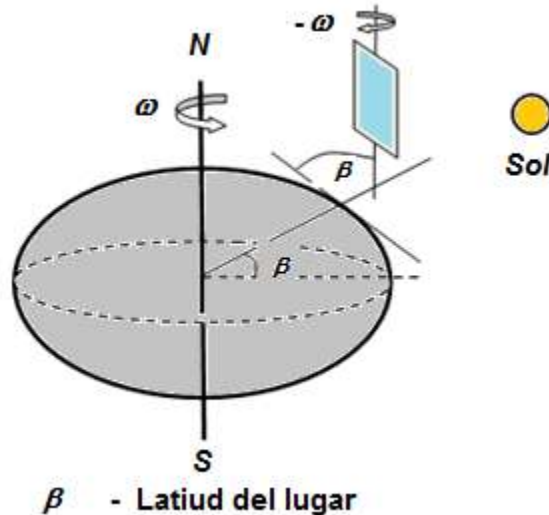
## 3. Orientación Ecuatorial Simple: de Norte a Sur del fotocaptador con una inclinación igual a la de la latitud del lugar.

El principio de trabajo del Hidroseguidor Solar con la Orientación Ecuatorial Simple del fotocaptador, como se indica en la Figura 3.6, es que a partir de una condición inicial de trabajo (de enfoque, en caso de espejos cilíndrico parabólicos), el Hidroseguidor gire a  $-15^\circ/h$  al fotocaptador, mantenga el enfoque y compense en él, a la  $\omega = 15^\circ/h$  de arrastre de rotación de la tierra.

Obsérvese que todo cuerpo fijo a la superficie de la tierra está animado (se ve arrastrado) por su movimiento de rotación  $\omega$ ; y si se desea, que mantenga un enfoque inicial respecto al sol es imprescindible animarlo



alrededor de un eje paralelo al eje imaginario de rotación de la tierra con una velocidad de compensación  $-\omega$ .



**Figura 3.6.** Esquema de la Orientación Ecuatorial Simple del fotocaptador accionado por un Hidroseguidor. Fuente: Adaptado de [38].

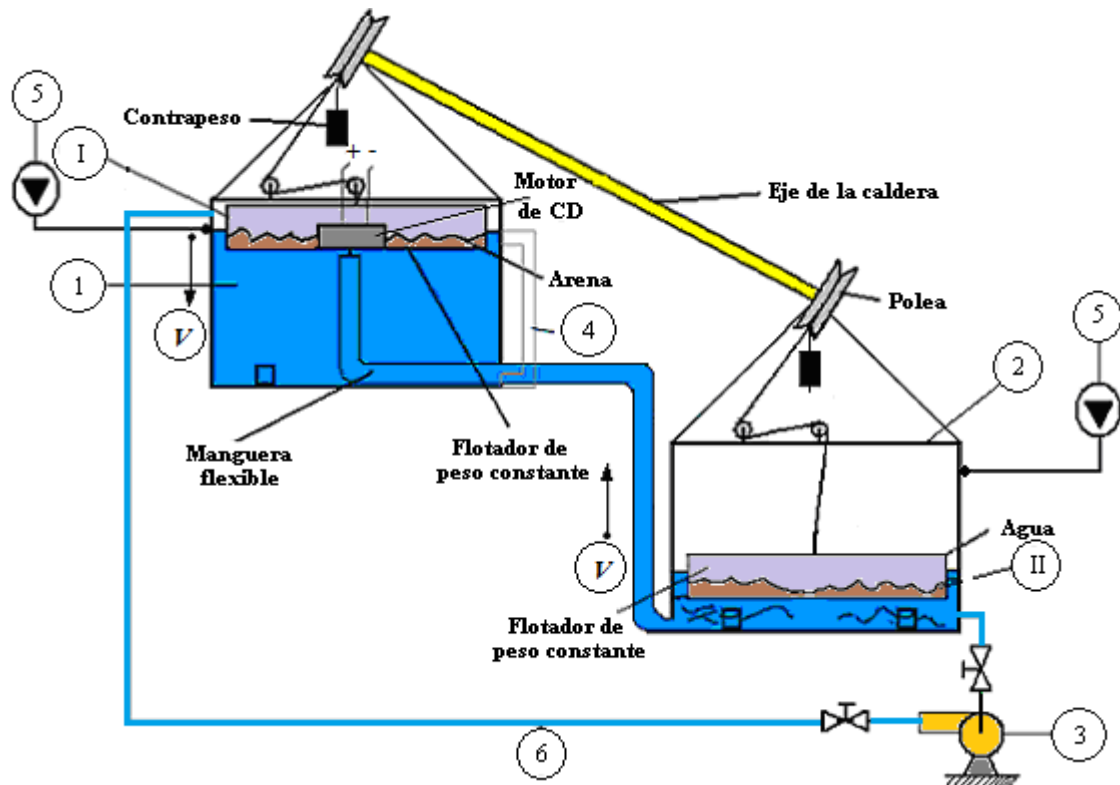
En beneficio del diseño, operación y trascendencia de los Hidroseguidores solares se compatibilizan dos aspectos [38]:

1. **La sostenibilidad:** de obligado cumplimiento, se respeta el medio ambiente y se explotan doble: las instalaciones hidráulicas y, sin contaminación adicional, el suministro de agua a las comunidades
2. **La rentabilidad:** el uso de las instalaciones hidráulicas existentes por un lado; y por otro, el de la energía de la gravedad del agua coadyuvan a la optimización de la rentabilidad de los Hidroseguidores.

Con el uso de la energía de la gravedad, durante la descarga y carga libre de agua, como la energía de accionamiento de los Hidroseguidores para el seguimiento sincrónico al sol de fotocaptadores, se usa "gratis", una energía que ha estado ahí, que no ha sido vista ni explotada así; y por tanto, que ha sido desperdiciada en este sentido.

### 3.4.2.2 Fundamentos Técnicos y Funcionamiento de los Hidroseguidores

En la Figura 3.7 se muestra una pareja de Hidroseguidores donde se exponen algunos detalles técnicos para su construcción [39]:



**Figura 3.7.** Esquema de una pareja de Hidroseguidores con espejo cilíndrico parabólico.

Fuente: Adaptado de [39].

Donde:

- 1 - Hidroseguidor que trabaja por descarga libre de agua durante el día.
- 2 - Hidroseguidor que trabaja por carga libre de agua durante el día.
- 3 - Bomba de recirculación del agua del tanque 2 al tanque 1 para crear condiciones iniciales de seguimiento del próximo día.
- 4 - Medidor de nivel visual para el llenado del tanque 1.
- 5 - Sensores de nivel en los tanques 1 y 2.
- 6 - Tuberías y válvulas check o de retención.
- I y II - Flotadores de peso constante.
- V - Velocidad de desplazamiento constante de los flotadores con carga.



Los detalles de la instalación se presentan en el anexo C.

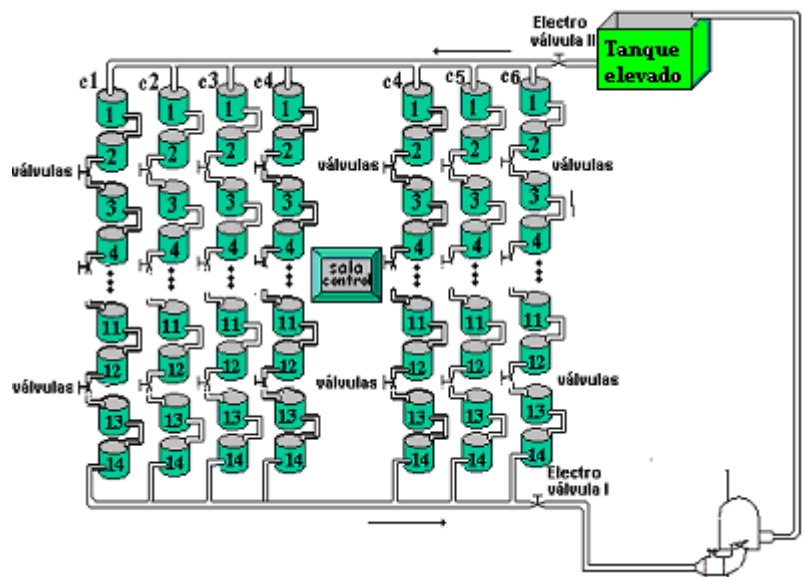
A continuación se describe el funcionamiento de la instalación de Hidroseguidores para la situación de un día de trabajo [39]:

1. Al comenzar el día, el Hidroseguidor 1 está lleno de agua y el flotador con carga está en la posición más alta.
2. El Hidroseguidor 2 está vacío de agua y el flotador con carga está en posición más baja.
3. El espejo cilíndrico parabólico se encuentra en posición de enfoque.
4. En estas condiciones, se deja salir el agua por la manguera del Hidroseguidor 1 de tal forma que su flotador descienda a velocidad constante:  $v = \omega r = Cte$ . Al recibir esta agua, el Hidroseguidor 2 asciende su flotador a igual velocidad  $v$ . En estas condiciones, el sistema mecánico de transmisión mantiene el enfoque al fotocaptador.
5. El desenfoque del fotocaptador es corregida por el Sistema de Control Automático.

### **3.4.2.3 Central Solar con Hidroseguidores**

En la Figura 3.8 se muestra un esquema de una central solar con Hidroseguidores accionando a espejos cilíndrico parabólicos con orientación ecuatorial simple: dispuestos en la falda Norte a Sur (N-S) de una loma, con inclinación igual a la latitud del lugar. Una central solar con Hidroseguidores puede trabajar conectada a la red eléctrica o en régimen autónomo [38].

A manera de ejemplo, se supone una estación solar compuesta por 500 columnas una al lado de la otra. Y con 20 filas colocadas cada una, en líneas de nivel constante a lo largo de una pendiente N-S. Cada Hidroseguidor de una fila impar (contando de arriba para abajo) descarga por gravedad en el Hidroseguidor que se encuentra en la fila inmediata inferior.



**Figura 3.8.** Esquema de una estación solar accionada con Hidroseguidores. Fuente: [38].

A continuación se presenta como sería la operación de esta central solar:

En el primer día de trabajo se llenan de agua (antes de comenzar el trabajo) todos los recipientes de los Hidroseguidores de las filas impares; es decir, las filas: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 y 19. A partir de la condición de enfoque en la caldera de los espejos cilíndrico parabólicos y del sincronismo del accionamiento, comienza el trabajo de la estación solar: el agua por descarga libre pasa de cada recipiente de una fila impar al siguiente consecutivo de la fila par. Al concluir la tarde, toda el agua de las filas impares esta en las filas pares siguientes:

El agua de la fila 1 se encuentra en la fila 2

El agua de la fila 3 se encuentra en la fila 4

. . .

El agua de la fila 19 se encuentra en la fila 20

Antes de comenzar el segundo día de trabajo se pasa por gravedad (abriendo simplemente válvulas hidráulicas) el agua de las filas pares a las filas impares siguientes:



El agua de la fila 2 se pasa por gravedad a la fila 3

El agua de la fila 4 se pasa por gravedad a la fila 5

. . .

El agua de la fila 18 se pasa por gravedad a la fila 19

El agua de la fila 20 (si se trabaja en ciclo cerrado) es necesario bombearla a la fila 1 para restablecer la condición inicial de trabajo de la estación solar. Ahora bien, si se analiza lo que ha ocurrido, se observa que:

Una central solar de 10.000 Hidroseguidores puede trabajar cada día (a partir del segundo día), consumiendo la energía de potencia correspondiente al bombeo de agua a los 500 Hidroseguidores de la primera fila (fila 1) ubicados en la posición más alta, desde los Hidroseguidores de la última fila (fila 20) en posición más baja.

Esto representa un consumo mínimo de energía para el trabajo diario de la central solar y es un resultado verdaderamente importante. En términos generales:

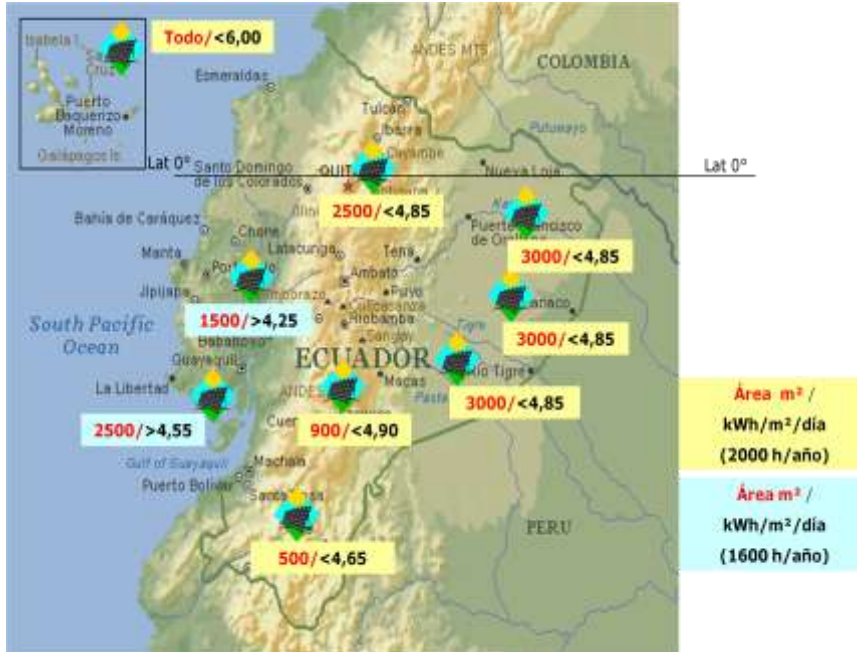
“Una central solar de  $m$  filas y  $n$  columnas de Hidroseguidores en la pendiente N-S de una loma puede ser manejada a partir del segundo día de trabajo reponiendo o bombeando agua solo a los  $m$  Hidroseguidores de la primera fila desde los  $m$  Hidroseguidores de la última fila” [38].

#### **3.4.2.4 Potencial de instalación de Hidroseguidores en el Ecuador**

En el Ecuador la investigación, desarrollo e implementación de los Hidroseguidores es verdaderamente prospectivo por varias razones que se complementan entre sí [38]:

1. El territorio de la República del Ecuador se encuentra a latitud casi  $0^\circ$  (cero grado), lo que implica que los fotocaptadores estarían ubicados en posición prácticamente horizontal, lo que técnicamente (constructivamente) es favorable.

2. El nivel de radiación solar en el Ecuador es alto en todo el territorio nacional (Figura 3.9). Esto permitiría generar alrededor de 1 kWh/m<sup>2</sup>/día de energía eléctrica empleando Hidroseguidores.



**Figura 3.9.** Radiación solar en la República del Ecuador. Fuente: [38].

3. Los Hidroseguidores pueden trabajar a ciclo abierto con el agua de accionamiento donde el agua sea un recurso abundante. Diariamente el agua de la última fila (Figura 3.8) puede ser consumida en el hogar, en el riego o por el ganado. Si el agua es un recurso escaso, como en las zonas desérticas, el agua de accionamiento puede recircularse por bombeo.
4. Los espejos cilíndricos parabólicos con fotocaptadores térmicos accionados con Hidroseguidores son una tecnología construible y dominable en el Ecuador, que puede aplicarse en la ciudad, en el campo, en la selva, en islotos u otras, por personas individuales o instituciones.
5. El agua de accionamiento acumulada in situ, en los Hidroseguidores puede ser empleada por el Cuerpo de Bomberos como un recurso sistémico significativo en su lucha contra los incendios forestales. Preservando de mayores desastres a los Ecosistemas.





6. Los Hidroseguidores solares al ser respetuosos del medio ambiente potencian en el Ecuador (y en otros países), el Turismo Energético Limpio, Ecológico en Reservas de Biodiversidad Protegidas o no.
7. En el Ecuador se registra un fenómeno positivo raramente producido en otras zonas geográficas: los regímenes de lluvias en la vertiente occidental de los Andes y la de la vertiente Amazónica se complementan. Dicho en otras palabras: cuando en la vertiente occidental han cesado las lluvias comienzan en la vertiente amazónica. Estas condiciones justifican el diseño, implementación y explotación en la región de un sistema de centrales solares accionadas por agua con Hidroseguidores.

El impacto de los Hidroseguidores sugiere su éxito en [38]:

- a. Una masa crítica de personas trabajando solo en una tecnología, lo que es un índice de que en un tiempo razonable se obtendrán resultados aceptables.
- b. Se generarían puestos de trabajo objetivos distribuidos por todo el territorio nacional. Lo cual es una forma plausible de luchar contra la pobreza, de reducir la emigración y sus consecuencias. Y de incorporar más ecuatorianos a la masa crítica imprescindible para desarrollar la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad. Esto reactiva la economía.
- c. Se obtendría energía eléctrica respetuosa del medio ambiente, distribuida por el territorio nacional que reduciría el costo de producción de otros productos del país. Lo que haría competitiva a la Agricultura y a la Industria Ecuatoriana.
- d. Se lograría producir energía eléctrica con el uso de Hidroseguidores en cualquier punto de la Geografía del Ecuador, lo que coadyudaría a mantener el equilibrio entre la población urbana y rural y a elevar la calidad de vida de las zonas rurales.



- e. Se optimizaría el uso del agua y de las instalaciones hidráulicas, ya que en un gran número de situaciones antes de ser consumida el agua bombeada a las poblaciones, puede hacerse pasar por los Hidroseguidores y obtener la energía eléctrica necesaria.
- f. Las zonas desérticas del Ecuador, usualmente poco perspectivas económicamente, se revalorarían con centrales solares con Hidroseguidores en ciclo cerrado del agua de accionamiento. En las zonas desérticas, el nivel de radiación solar directa es alto, hay pocas nubes y llueve poco. Estas condiciones son idóneas para el uso de centrales solares con Hidroseguidores.
- g. La matriz energética del Ecuador soportada por Hidroeléctricas y centrales solares con Hidroseguidores se compensarían mutuamente: cuando llueve mucho trabajarían fundamentalmente las Hidroeléctricas; pero cuando hay mucha sequía, trabajarían fundamentalmente las Centrales Solares con Hidroseguidores.
- h. La potenciación de la matriz energética: Hidroeléctricas + Hidroseguidores en el Ecuador, soportan la Estrategia de Desarrollo: El Ecuador, un país respetuoso del medio ambiente; y a partir del agua, exportador de Energía Eléctrica.
- i. Las centrales solares con Hidroseguidores podrían permitir al Ecuador ingresos por Bonos de Carbono al preservar el medio ambiente.
- j. El desarrollo de la Industria de los Hidroseguidores en el Ecuador sería un rubro exportable, al ser una necesidad imprescindible de los países de la Comunidad Internacional optimizar los recursos: con una misma agua y aproximadamente las mismas instalaciones, obtener energía respetuosa del medio ambiente.

Por último, es necesario anotar que la tecnología de Hidroseguidores Solares constituye un estudio relativamente nuevo desarrollado por el Doctor Manuel García Reté [38], razón por la que no se ha podido encontrar más información sobre este tema. Sin embargo queda como responsabilidad y tarea pendiente para los investigadores del Complejo Hidropoder Paute el desarrollo de



prediseños de factibilidad así como también de prototipos de Hidroseguidores, para posteriormente teniendo como base esta tecnología, ejecutar actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en torno temas como:

- Hidroelectricas fotovoltaicas.
- Hidroelectricas fototérmicas.
- Cercas eléctricas solares.
- Bombeo solar.

### 3.4.3 Hidrógeno

El crecimiento económico y social requiere, en general, un mayor consumo de energía, aspecto que ha conducido a la necesidad de diversificar las fuentes energéticas a lo largo de la historia. Si bien el petróleo se mantiene como la fuente energética básica, existe una aceptación general sobre la necesidad de disminuir la dependencia en este combustible fósil. Por este motivo, muchos países están promoviendo la búsqueda de nuevas fuentes energéticas, ya sea para la generación de energía eléctrica, como combustible para el sector del transporte o para sustituir químicos y derivados del petróleo y de otros fósiles [40].

Dentro de las opciones que actualmente se están estudiando, el hidrógeno aparece como una alternativa importante para diversificar la oferta de combustibles y de materias primas, hoy obtenidos de fósiles [40]. El hidrógeno parece ser el combustible más conveniente ya que tiene la ventaja de que su combustión es limpia, permitiendo la generación de cualquier fuente imaginable de energía y con posibilidad también de almacenamiento [41]. El hidrógeno es un portador de energía limpio. Cuando se utiliza como combustible en las pilas de combustible, permite alcanzar eficiencias energéticas más elevadas que las obtenidas con motores de combustión interna. Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que presentan la propiedad de transformar la energía de una reacción química en energía eléctrica de forma eficiente, limpia



y además pueden ser flexibles en el tipo de combustible requerido, y se pueden utilizar tanto en unidades portátiles como estacionarias [41].

El hidrógeno y las pilas de combustible tienen la posibilidad de revolucionar el modo en el que producimos y usamos la energía. En este sentido, la investigación y el desarrollo de las tecnologías de producción de hidrógeno, de las pilas de combustible, de las infraestructuras necesarias para su uso y la educación del público para su aceptación, juegan un papel muy importante para alcanzar una economía basada en el hidrógeno, es decir, en el uso del hidrógeno como portador de energía y de las pilas de combustible como dispositivos de transformación de energía. El hidrógeno y las pilas de combustible son una opción que ofrece una alternativa limpia y eficiente para cubrir las necesidades energéticas de la sociedad actual [41].

Tanto gobiernos como universidades y centros de investigación alrededor del mundo trabajan con ímpetu en las tecnologías relacionadas con la producción, almacenamiento, transporte y uso del hidrógeno. Entre las tecnologías para obtenerlo, la electrólisis del agua es una opción con perspectivas para regiones y países que disponen de energía desperdiciada pero potencialmente aprovechable, como ocurre en algunas centrales hidroeléctricas, que cuentan con la capacidad de producir intermitentemente energía eléctrica a bajo costo, adecuada para la producción de hidrógeno electrolítico. El bajo costo de esa energía disponible puede representar una ventaja para volver competitivo el proceso [40].

El hidrógeno es uno de los combustibles que se perfila como una importante opción de utilización en el sector del transporte a medio y largo plazo, así como para la generación eléctrica, de preferencia en sistemas de Generación Distribuida (GD) y como materia prima o insumo para otros procesos industriales [40]. La demanda de hidrógeno para la producción de fertilizantes y para el hidrotratamiento de combustibles (fósiles y derivados de la biomasa) se espera que se incremente sustancialmente en los próximos años [40].



### 3.4.3.1 Tecnologías de producción de hidrógeno

El hidrógeno es el elemento químico más abundante en la naturaleza. No obstante, no se encuentra libre, sino que está asociado a compuestos químicos como el agua o los hidrocarburos. Debido a que las reacciones químicas para separar el hidrógeno de dichos compuestos no ocurren de manera espontánea, es necesario el empleo de otras formas de energía para su obtención [40].

El hidrógeno no es una fuente primaria de energía, sino un *vector* energético, que permite liberar la energía disponible en él de manera controlada y acorde a determinada necesidad. El Poder Calorífico Inferior del Hidrógeno (contenido energético) es muy superior al de otros combustibles conocidos, como se muestra en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5.** Contenido energético de diferentes combustibles.

Combustible	Contenido energético [MJ/kg]
Hidrógeno	120
Gas Natural Licuado	54,4
Propano	49,6
Gasolina para automóviles	46,4
Diesel para automóviles	45,6
Etanol	19,7
Leña seca	9,6

Fuente: [42].

La obtención de hidrógeno puede recurrir a varias fuentes como el carbón mineral, hidrocarburos, biomasa, agua, etanol, metanol, etc. Hoy en día, el método más ampliamente utilizado para la producción de hidrógeno a escala industrial es el reformado de gas natural (GN) con vapor [40]. Por ello, la mayor parte del hidrógeno es producido a partir de este combustible o de fracciones ligeras de petróleo. Sin embargo, no todos los países disponen de estos recursos fósiles y, por otro lado, el empleo de estos trae consigo efectos ambientales negativos, ya que este proceso libera gases de efecto invernadero,



tales como el dióxido de carbono, similares a los generados cuando se utiliza combustión de gas natural como fuente convencional de energía [40].

El desarrollo de procesos de producción de hidrógeno limpios, sostenibles y competitivos en coste, son clave para una economía futura y viable basada en el hidrógeno como portador de energía. Las tecnologías de producción de hidrógeno se clasifican en tres categorías generales [41]:

- a) Procesos térmicos.
- b) Procesos fotolíticos.
- c) Procesos electrolíticos.

#### **a) Procesos térmicos**

Algunos procesos térmicos utilizan la energía de diferentes recursos, tales como gas natural, carbón, o biomasa, para obtener hidrógeno, que es parte de su estructura molecular. En otros procesos, el calor, conjuntamente con ciclos químicos cerrados, produce el hidrógeno utilizando materias de partida tales como el agua, éstos se conocen como procesos "termoquímicos" [41].

- Reformado de gas natural.
- Gasificación de carbón.
- Gasificación de biomasa.
- Reformado de combustibles líquidos renovables, como etanol (bioetanol) o bioaceite.
- Termólisis del agua a alta temperatura.

#### **b) Procesos fotolíticos**

Los procesos fotolíticos utilizan energía de la luz solar para romper la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno. Actualmente están en las primeras etapas de investigación, pero estos procesos ofrecen ventajas a largo plazo para la producción sostenible de hidrógeno con bajo impacto sobre el medio ambiente [41].



- Fotólisis electroquímica del agua<sup>2</sup>.
- Fotólisis biológica del agua<sup>3</sup>.

### **c) Procesos electrolíticos**

Los procesos electrolíticos utilizan electricidad para romper la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno, un proceso que ocurre en un electrolizador. El hidrógeno producido vía electrólisis puede dar lugar a emisiones de gases responsables del efecto invernadero cercanas a cero, dependiendo de la fuente de electricidad usada. Para evaluar las ventajas de la producción de hidrógeno vía electrólisis se debe considerar la fuente de electricidad requerida, incluyendo su coste y eficacia, así como las emisiones que resultan de la generación de esa electricidad. Los dos procesos de electrólisis de mayor interés para la producción a gran escala de hidrógeno, que dan lugar a emisiones de gases responsables del efecto invernadero cercanas a cero, son electrólisis usando fuentes renovables de electricidad y electrólisis de alta temperatura [41].

En el caso de nuestro país, el hecho de no disponer de reservas importantes de gas natural, y siguiendo la tendencia de emplear recursos energéticos renovables, obliga a recurrir al empleo de energía hidroeléctrica, cuyo potencial por explotar es alto.

Por ser la tecnología que se podría implantar como uno de los primeros temas de investigación dentro del Complejo Hidropoder Paute, a continuación se detallan aspectos relacionados con la electrólisis del agua para producir hidrógeno, así como algunos conceptos que permitirán una adecuada comprensión de la propuesta de producción de hidrógeno electrolítico a partir de la energía desperdiciada por el vertimiento de caudal en la presa Amaluza, misma que se planteará más adelante.

---

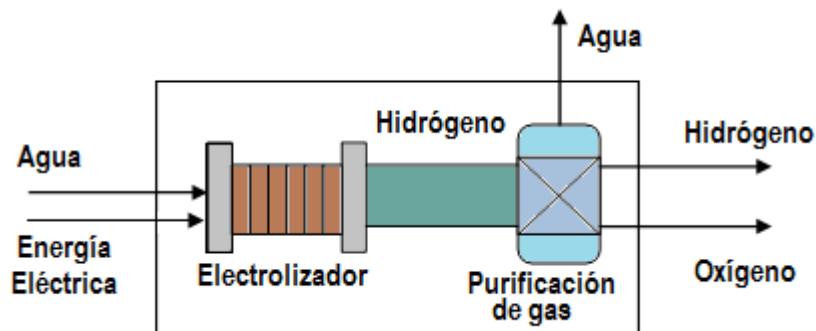
<sup>2</sup> Este tipo de procesos utiliza la luz del sol para lograr la electrólisis del agua utilizando semiconductores especializados. Cada semiconductor opera de forma óptima con una longitud de onda, por tanto la investigación se está centrando en seleccionar aquéllos que disocian el agua y sean estables en ella.

<sup>3</sup> Existen algunos microorganismos que pueden actuar como catalizadores biológicos produciendo hidrógeno a partir de agua y enzimas como la hidrogenasa y la nitrogenasa. Estos organismos son las algas verdes, las cianobacterias, las bacterias fotosintéticas y las bacterias de fermentación oscura.



La electrólisis, presentada por primera vez en el año 1800 por los químicos ingleses William Nicholson y Anthony Carlisle [43], es una reacción de oxidación-reducción opuesta a la que ocurre en una célula a combustible, siendo, por lo tanto, un fenómeno físico-químico no espontáneo, a través del cual se puede obtener hidrógeno de alta pureza (hasta 99,999%).

El esquema de un sistema de este tipo es presentado en la Figura 3.10.



**Figura 3.10.** Unidad de producción del hidrógeno mediante electrólisis. Fuente: Adaptado de [44].

La descomposición del agua por la electrólisis ocurre cuando se aplica una fuerza electromotriz (potencial eléctrico) por encima de un potencial mínimo. Como resultado de este potencial se inducen reacciones parciales en los electrodos, los cuales se encuentran separados por una membrana capaz de conducir iones involucrados en el proceso [40]. Cuando ocurre en condiciones ambiente (25 °C y 1 atm) se trata de un proceso de balance energético llevado a cabo sobre la siguiente ecuación.



La participación de la electricidad en el proceso ofrece como ventaja la posibilidad de utilizar cualquier fuente primaria de energía para la producción de hidrógeno, como por ejemplo la hidroelectricidad. No obstante, el principal inconveniente que presenta este proceso consiste en que, como la molécula del agua es muy estable, la energía que hay que poner en juego para lograr su separación también es grande (286,45 kJ/mol a 25 °C) [45]. Una forma de atenuar esta situación se centra en elevar la temperatura de trabajo. A temperaturas bajas, con agua en estado líquido, prácticamente toda la energía





que es necesario aportar para la separación debe realizarse en forma de electricidad, pero conforme se eleva la temperatura, aunque la energía total necesaria también aumente ligeramente, sin embargo es posible sustituir parte de la electricidad por calor (ver Tabla 3.6). Será por tanto interesante realizar la electrólisis a alta temperatura cuando se disponga de una fuente de calor residual procedente de otro proceso. En general se pretende siempre reducir el aporte eléctrico para la electrólisis porque el costo del hidrógeno producido está claramente dominado por el costo de la electricidad utilizada (con independencia del tamaño del electrolizador).

**Tabla 3.6.** Valores teóricos de energía necesaria y eficiencia de la electrólisis de agua en función de la temperatura de operación.

Temperatura [°C]	Valores teóricos de:			
	Electricidad necesaria [GJ/GJ H <sub>2</sub> ]	Calor necesario [GJ/GJ H <sub>2</sub> ]	Energía total necesaria [GJ/GJ H <sub>2</sub> ]	Eficiencia global [%]
25	0,98	0,2	1,18	84,6
1.000	0,74	0,63	1,37	73,1

Fuete: Adaptado de [45].

Apenas el 5 % de la producción mundial de hidrógeno se realiza mediante electrólisis del agua [46]. Esto se explica porque, como se mencionó en el párrafo anterior, el costo de producción de hidrógeno mediante electrólisis es altamente dependiente del costo de la energía eléctrica [44]. Por ello, este método se justifica donde es posible generar energía eléctrica con bajos costos de producción, y se torna una opción interesante en países con elevado potencial hidroeléctrico [40]. Ese es justamente el caso de Ecuador, donde el potencial hidroeléctrico por explotar es próximo a 75 %.

La producción de hidrógeno electrolítico no provoca contaminación ambiental cuando la energía eléctrica usada ha sido generada a partir de una fuente poco contaminante, que es el caso de la energía hidráulica. Lo mencionado tiene interés enorme, debido a que la producción de hidrógeno a partir de gas natural y otros fósiles tiene como consecuencia la emisión de grandes volúmenes de dióxido de carbono a la atmósfera. Actualmente no se



consideran los costos ambientales de esos procesos. Sin embargo, si a futuro se lo hace, serán necesarias alternativas para producir hidrógeno sin emisiones de CO<sub>2</sub>. Dentro de esas opciones se perfila como primera elección la electrólisis del agua [40].

Algunas de las características técnicas más importantes de la electrólisis son:

- a) La electrólisis provee de una manera directa hidrógeno y oxígeno, ambos con elevado nivel de pureza.
- b) La tecnología de electrólisis es conocida y está bien establecida en el mercado.
- c) Presenta alta eficiencia de conversión. Esta eficiencia puede llegar a valores entre 80 y 95 %, en dependencia de las condiciones de presión y temperatura [44].
- d) Para su implantación, se necesita primero producir la energía eléctrica (a partir de alguna fuente primaria de energía), para luego producir hidrógeno.

Los dispositivos en los cuales ocurre la descomposición del agua a través de electricidad reciben el nombre de electrolizadores, cuyo funcionamiento se discute a continuación.

### **3.4.3.2 Electrolizadores**

Los electrolizadores son equipos empleados para la producción de hidrógeno a partir del agua utilizando energía eléctrica. La estructura básica de estos dispositivos, al igual que las celdas combustibles, consta de un electrodo positivo y un electrodo negativo separados por un electrolito. Para fines prácticos las celdas electrolíticas pueden estar conectadas en paralelo (denominado arreglo unipolar o tipo tanque) y en serie (arreglo denominado bipolar o filtro prensa [47]).

Existen tres tipos de electrolizadores de agua disponibles en escala comercial: electrolizadores alcalinos, electrolizadores con una membrana para el



intercambio de protones (Tipo PEM) y electrolizadores de óxidos sólidos. Las características fundamentales de cada uno de estos sistemas se presentan en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Características de diferentes tipos de electrolizadores.

	Electrolizador alcalino	Electrolizador PEM	Electrolizador de Óxido Sólido
Electrolito	Hidróxido de Potasio 20-30 %	PEM polímero (Nafion)	Yttria-estabilizada con zirconia <sup>4</sup>
Temperatura de operación	340-420 °K	320-360 °K	870-1270 °K
Portador de carga	OH <sup>-</sup>	H <sup>+</sup>	O <sup>2-</sup>
Eficiencia	80%	94,4 %	90%
Costos (constructivos)	El más bajo	El más alto	Medio

Fuente: [42].

Los electrolizadores alcalinos tienen una eficiencia relativamente baja, pero son ampliamente utilizados porque los costos son bajos. Los asbestos y el hidróxido de potasio (KOH) usados como diafragmas y como electrolitos, respectivamente, hacen de estas celdas más dañinas para el medio ambiente que las celdas PEM y de óxidos sólidos. A pesar de que los electrolizadores PEM tienen la mayor eficiencia, sus mayores costos debido a la utilización de membranas muy caras y de electrodos de platino las hacen menos atractivas. Se espera que estas celdas sean más competitivas conforme se consiguen costos más bajos en su construcción. Los electrolizadores de óxidos sólidos son también muy eficientes y de costo intermedio entre los PEM y los alcalinos. Estos operan a altas temperaturas, por lo que deben ser acoplados a sistemas de generación de potencia que permitan también el uso del calor residual [42].

Para el funcionamiento de los sistemas de electrólisis son necesarios otros componentes auxiliares [40], como:

<sup>4</sup> Es una cerámica basada en óxido de zirconia, en la cual su particular estructura cristalina de óxido de zirconia se vuelve estable a temperatura ambiente por la adición de óxido de Yttria.



- a) Una unidad de potencia, responsable de alimentar la electricidad a todo el proceso;
- b) Un rectificador de corriente, necesario para convertir la corriente alterna en corriente continua.
- c) Un separador de gases, dispositivo que depende del tipo de electrolizador elegido;
- d) Una unidad de purificación, para retirar impurezas inherentes del proceso de producción;
- e) Unidades de almacenamiento.

### **3.4.3.3 Las células a combustible como fuente de energía**

Es innegable que las células a combustible constituyen unas de las fuentes de energía limpia y renovable que más futuro tienen dentro del panorama actual. Su seguridad, fiabilidad, limpieza, eficiencia y, a medio plazo, un precio competitivo, hacen de ellas una alternativa a considerar en los proyectos de investigación y desarrollo orientados a las energías renovables [41].

Sin embargo, las células a combustible no son un invento nuevo; de hecho, su principio fue descubierto por el juez Sir William Grove en 1839, aunque su verdadero desarrollo tecnológico tuvo lugar gracias a F.T. Bacon, en 1952 con la construcción de una planta de 5 kW. No obstante, fue a finales de los años 70, con la crisis del petróleo, cuando realmente se impulsó de manera decisiva la investigación y desarrollo de esta nueva tecnología [41].

Las células a combustible son unos dispositivos electroquímicos que convierten la energía química directamente en energía eléctrica. Su diferencia fundamental con las baterías, es que éstas son acumuladores de energía, dependiendo la máxima energía de la cantidad de reactivos químicos almacenados en ellas y dejan de producir energía cuando se consumen dichos reactivos. Las células a combustible son, por el contrario, dispositivos que tienen teóricamente la capacidad de producir energía eléctrica continuamente, mientras se suministre combustible y oxidante a los electrodos.



Sólo la degradación o un mal funcionamiento de los componentes, limitan la vida de operación práctica de las células a combustible [41].

El principio de funcionamiento en el que se basan las células a combustible es el inverso al de la reacción electrolítica; oxígeno e hidrógeno se combinan para formar agua con producción de energía eléctrica y desprendimiento de calor. Se trata, por tanto, de una reacción limpia, en la que el único producto es vapor de agua que puede ser liberado a la atmósfera sin ningún peligro para el medio ambiente.

Además del hidrógeno puro, pueden emplearse como combustibles otros compuestos tales como gasolina, gases licuados de petróleo, metanol, etanol, etc., que precisarían de un tratamiento adecuado (reformado, purificación) para adaptarlos a los diferentes tipos de pilas de combustible.

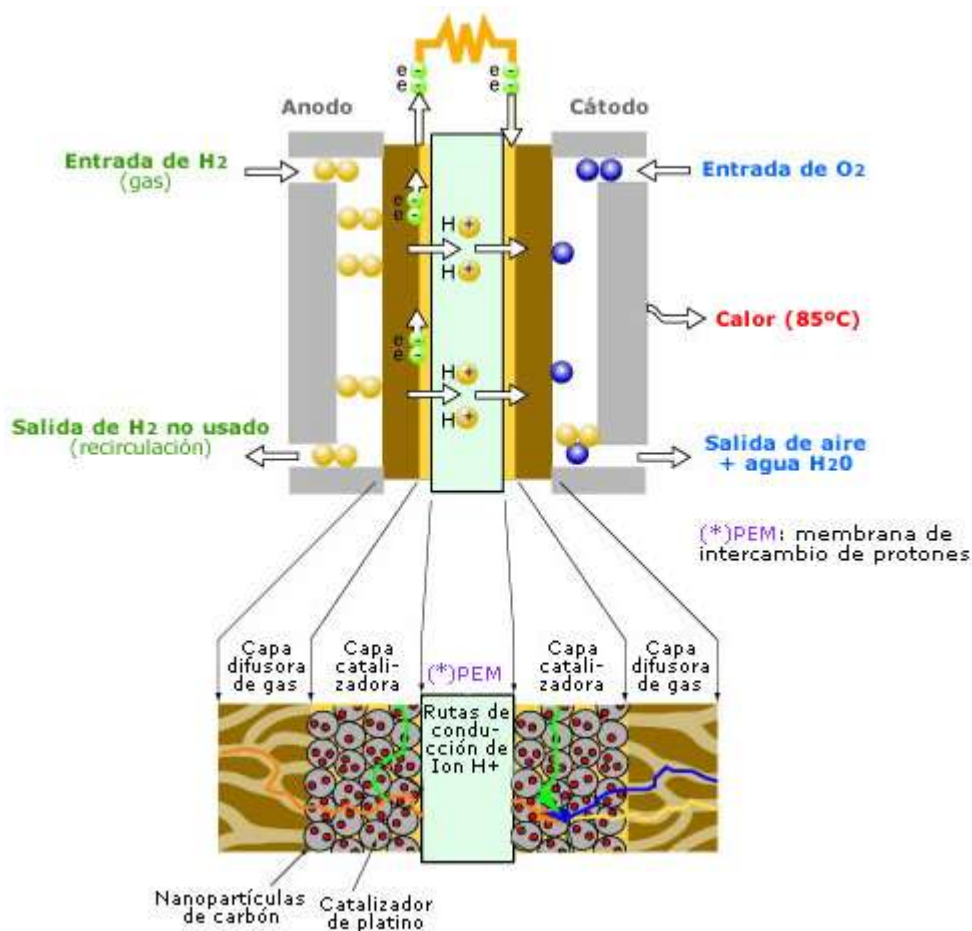
#### **3.4.3.3.1 Principio de funcionamiento de una célula a combustible**

La unidad básica de una célula a combustible es lo que se denomina "monocelda". Una celda está formada por un empaquetamiento de tipo bocadillo con dos electrodos porosos y una lámina de electrolito entre ambos.

En una célula a combustible alimentada con hidrógeno, éste penetra por el electrodo negativo (ánodo) y se disocia, en presencia del catalizador, en iones positivos  $H^+$  y electrones. El oxígeno ( $O_2$ ) procedente del aire, penetra por el electrodo opuesto (cátodo), y se disocia igualmente en presencia del catalizador en iones  $O^{2-}$ . Los iones positivos del hidrógeno migran a través del electrolito en dirección al cátodo, dejando a los electrones libres en el ánodo [41]. Un esquema de la célula a combustible se puede apreciar en la Figura 3.11.

Si existe un camino eléctrico (externo) entre el ánodo y el cátodo, los electrones lo recorrerán, produciendo corriente eléctrica. En el cátodo, los iones hidrógeno, el oxígeno y los electrones se recombinan formando moléculas de agua.

Por otra parte, además de esta energía eléctrica se produce un importante desprendimiento de energía térmica en forma de calor.



**Figura 3.11.** Esquema del funcionamiento de una célula a combustible tipo PEM (membrana de intercambio de protones). Fuente: [48].

Una celda simple de combustible produce una diferencia de potencial reducida, en torno a 1 voltio a circuito abierto en algunas tipologías, por lo que para producir tensiones más elevadas, se recurre a la disposición en serie de celdas formando un "stack" o apilamiento. A ese apilamiento de celdas debidamente implementado en una estructura que permita disipar el calor, que posibilite la circulación necesaria de los gases y que ofrezca los terminales positivo y negativo para la utilización de la energía eléctrica producida, es a lo que se denomina "pila de combustible".



### 3.4.3.3.2 Tipos de células a combustible

Existen distintas formas de clasificar los tipos de células a combustible, pero la más común es por el tipo de electrolito que utilizan, que es lo que ha dado lugar a su denominación [41]. Empleando este criterio, se tienen células a combustible que operan a diferentes temperaturas, que necesitan mayor o menor pureza del combustible suministrado y, en definitiva, que son más o menos adecuadas para ciertas aplicaciones. La Tabla 3.8 muestra las características de las células más importantes existentes.

Las células a combustible posibilitan alta eficiencia energética, especialmente a bajas temperaturas. Esta eficiencia es mayor que la de los motores de combustión interna, debido a que el funcionamiento de las células a combustible no está limitado por la eficiencia de Carnot<sup>5</sup>.

**Tabla 3.8.** Principales tipos de células a combustible.

Tipo de célula a combustible	Tipo de electrolito	Temperatura de Operación [°C]	Principales aplicaciones
Alcalina (AFC)	KOH	50 – 200	Naves espaciales
Membrana de Intercambio de Protones (PEMFC)	Polímero (Tipo Nafion)	70 – 90	Equipos portátiles, transporte
Metanol Directo (DMFC)	Polímero (Tipo Nafion)	50 – 90	Equipos portátiles
Ácido fosfórico (PAFC)	Ácido fosfórico	150 – 220	Generación eléctrica
Carbonato fundido (MCFC)	Carbonato de Li, Na y/o K	~ 650	Generación eléctrica en gran escala
Óxido sólido (SOFC)	Óxido de Zr / Y	500 – 1 000	Generación eléctrica en gran escala

Fuete: Adaptado de [49].

<sup>5</sup> El ciclo de Carnot se produce cuando un equipo trabaja absorbiendo una cantidad de calor  $Q_1$  de la fuente de alta temperatura y cede un calor  $Q_2$  a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. El rendimiento viene definido por  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ . Donde  $T_1$  y  $T_2$  son las temperaturas de las fuentes.



De los tipos de células a combustible existentes, el tipo PEMFC, que utiliza como electrolito una membrana polimérica fluorocarbonada para el transporte de protones, es el escogido para aplicaciones en dispositivos portátiles y en la área de transporte. Esto se debe, entre otros factores, a la presencia de un electrolito sólido e inmovilizado, factor que lo torna en un dispositivo simple [50].

#### **3.4.3.4 Usos del hidrógeno**

El hidrógeno puede ser usado como materia prima o como combustible; sin embargo, excepto los programas espaciales, donde se emplea exclusivamente hidrógeno como combustible [40], actualmente existe un predominio en el uso como químico [42]. El hidrógeno también se utiliza, pero en menor medida, como reductor en los procesos metalúrgicos [40].

Una de las grandes ventajas de la producción de hidrógeno electrolítico es la posibilidad de obtenerlo en el sitio de consumo, debido a la facilidad que presenta transportar energía eléctrica hasta las zonas donde se ubican las plantas de electrólisis, con bajas pérdidas en dicho transporte. Este factor resulta, obviamente, más conveniente que transportar hidrógeno. Por lo tanto, el factor que va a definir los sitios de producción del hidrógeno es el uso que se vaya a dar al mismo [40].

En el caso de nuestro país, diferentes factores como: logística de distribución del producto, mercado, factores sociales y ambientales y necesidades del país, permiten vislumbrar cuatro usos para el hidrógeno. Esos posibles usos son [40]:

- a) como materia prima para la producción de amoníaco.
- b) como insumo en la refinación de petróleo.
- c) como combustible en vehículos con células a combustible; y,
- d) para la generación de energía eléctrica (en sistemas de cogeneración).





### 3.4.3.5 Producción de Hidrógeno electrolítico a partir del vertimiento de caudal en la presa Amaluza

El complejo Hidropaute cuenta con dos presas en cascada con capacidad de almacenamiento de 420 Hm<sup>3</sup> y 120 Hm<sup>3</sup> en Mazar y Amaluza, respectivamente. En épocas de alto invierno, los caudales de ingreso a los embalses aumentan considerablemente lo cual conlleva al vertimiento de agua en las presas Mazar y Amaluza. En la Figura 3.12 se muestra un esquema descriptivo del complejo hidrológico Mazar - Molino y como se puede observar, el vertimiento de la presa Mazar no es considerado un problema, ya que el agua evacuada es almacenada en la presa Amaluza; por lo contrario el vertimiento de la presa Amaluza es una situación que se convierte en un desperdicio de energía y constituye pérdidas económicas para la unidad de negocio Hidropaute.

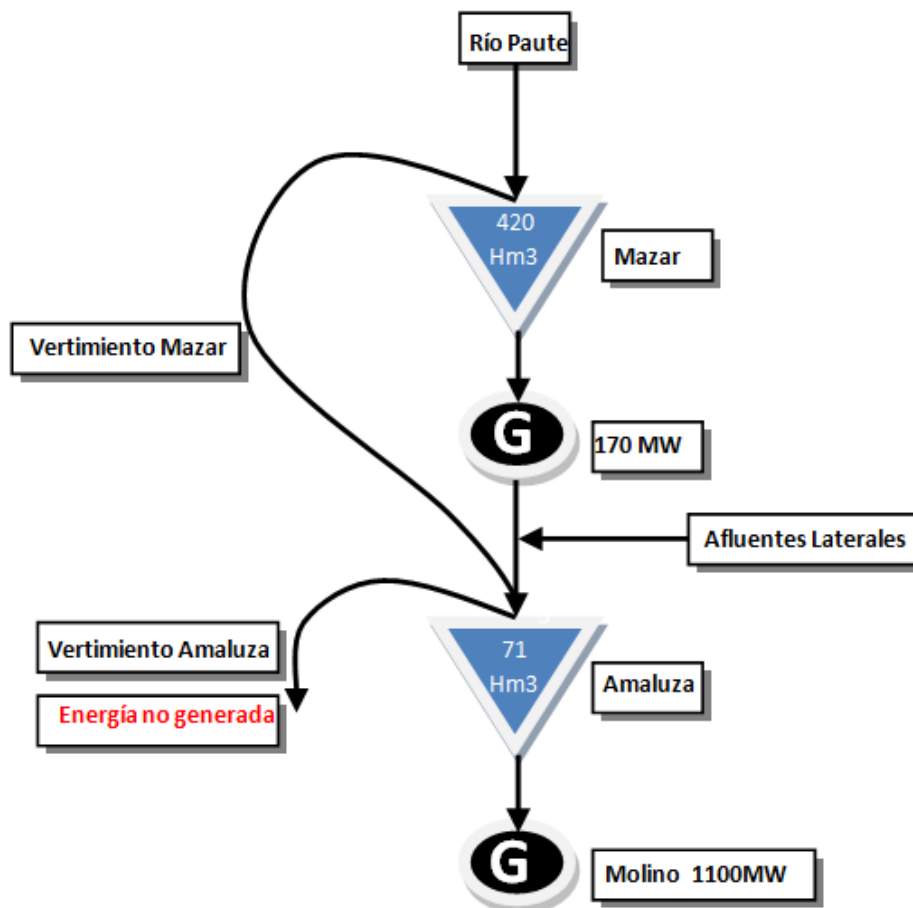


Figura 3.12. Topología del complejo Mazar-Molino. Fuente: Adaptado de [51].



En el año 2009 se realizó un estudio de factibilidad de producción de hidrógeno electrolítico en la unidad de negocio Hidropaute [40], el mismo que considera los vertimientos históricos producidos en la presa Amaluza en condiciones de inexistencia de la presa Mazar. En base a este estudio, pero considerando el almacenamiento de agua en la presa Mazar, en 2011 se realizó una estimación de la cantidad hidrógeno electrolítico producido utilizando la energía desperdiciada de la central Paute-Molino a consecuencia del vertimiento que se tiene en la presa Amaluza. Además, en base a estos resultados se obtuvo una proyección de la cantidad de energía eléctrica que se puede producir a partir del hidrógeno obtenido [52]. Este trabajo se basó en datos históricos, así como en los resultados de pronósticos de evacuación de agua obtenidos del programa de optimización de vertimiento que involucra a los embalses en cascada Mazar y Amaluza. De los resultados obtenidos se pudo observar que con la creación de la presa Mazar el caudal vertido en la presa Amaluza ha disminuido considerablemente e incluso en épocas de baja afluencia de agua no existe vertimiento, sin embargo para periodos de alta afluencia se puede obtener una producción de hidrógeno de hasta  $10.067.670 \text{ kgH}_2/\text{año}$ , con lo que se puede llegar a una producción de energía eléctrica de hasta  $134,2 \text{ GWh/año}$ , que representa  $3,3 \%$  de la producción de energía de la central Paute - Molino en el año 2010 [52].

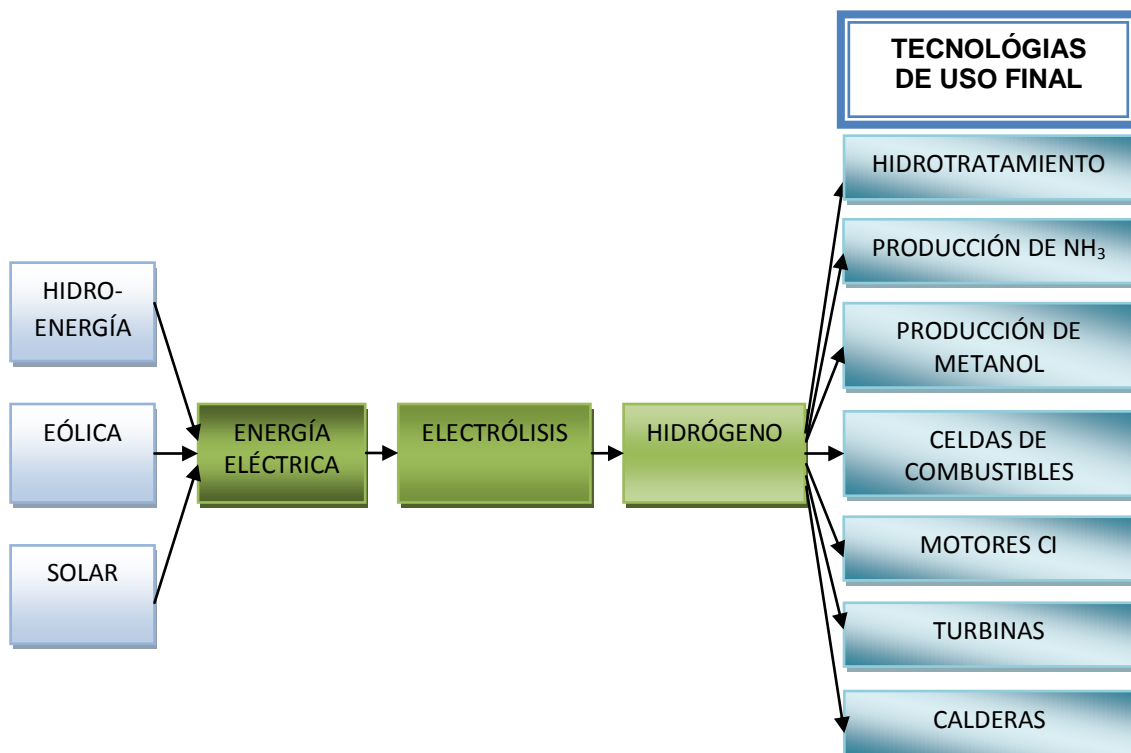
Actualmente, la generación de hidrógeno sería factible en épocas de vertimiento durante el periodo de 22h00 a 06h00 que es cuando la central Paute - Molino no está operando a su máxima capacidad por condiciones de baja demanda de energía. Además, esto dependería del despacho energético efectuado por el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía). Sin embargo, es necesario considerar que en poco tiempo entrarán en operación nuevas hidroeléctricas en el país, esto repercutirá en un cambio del régimen de generación, con perspectivas de evacuar mayores volúmenes de agua y de manera diferenciada a lo largo del año, con lo que aumentarían las expectativas de producción de hidrógeno a partir de la energía desperdiciada a causa de vertimientos en la presa Amaluza, este aspecto constituirá un tema de estudio prioritario para el Complejo Hidropoder Paute.



### 3.4.3.6 Otros temas de investigación del Complejo Hidropoder Paute referente al Hidrógeno

A largo plazo, un sistema de energía basado en hidrógeno tendría que utilizar fuentes de energía primaria renovables para alcanzar las metas como sistema de energía sostenible. La Figura 3.13 muestra la ruta seguida para producir hidrógeno empleando diversas fuentes de energía renovable, en cuyo caso, la electrólisis del agua es el método más practicado.

Alcanzar esta situación requerirá un coste significativo y además, mejoras de funcionamiento de las tecnologías de producción, conversión, almacenamiento, transporte, distribución y uso final. La transición a una "economía completamente desarrollada basada en hidrógeno" necesitará muchos cambios estructurales, que se deberán ir introduciendo a lo largo de varias décadas [41].



**Figura 3.13.** Ruta de producción del hidrógeno a partir de fuentes renovables de energía usando electrólisis de agua y usos del mismo en diferentes sistemas. Fuente: Adaptado de [40].

Una ventaja importante del uso del hidrógeno como portador de energía es que se puede producir a partir de una gran variedad de recursos. Actualmente los



esfuerzos de investigación se centran en el desarrollo de tecnologías de producción de hidrógeno que den lugar a emisiones de gases responsables del efecto invernadero igual a cero o cercanas a cero. Para resolver las necesidades iniciales de una capacidad de producción menor con la mínima inversión de capital, la investigación a corto plazo debería centrarse en la producción distribuida a partir del reformado de gas natural o de combustibles líquidos renovables y la electrólisis del agua a pequeña escala. Otras formas de producción, tales como tecnologías termoquímicas y fotolíticas, por ejemplo, requieren investigación y desarrollo a más largo plazo [41].

Sería importante trabajar en la optimización de las características y prestaciones de las células a combustible, así como en el desarrollo de nuevos modelos que deriven en la ampliación o diversificación de los posibles nichos de aplicación de esta tecnología [41]. En este ámbito se engloban, por ejemplo, proyectos relacionados con células a combustible reversibles, es decir, que admitan el funcionamiento normal de una célula a combustible de generación de energía eléctrica por combinación de hidrógeno y oxígeno, generando agua como producto residual, y también el proceso contrario, propio de un dispositivo electrolizador, según el cual alimentando agua, ésta se disocia en sus componentes elementales. Por otra parte, se busca el desarrollo de nuevos dispositivos que empleen esta tecnología con la idea de potenciar la ampliación de sus campos de aplicación. El hidrógeno utilizado para la producción de energía eléctrica en estas aplicaciones proviene de fuentes limpias, frecuentemente de la integración del "vector hidrógeno" con las fuentes de energía renovable "tradicionales".

#### **3.4.4 Arietes Hidráulicos**

El ariete hidráulico fue patentado en 1796, por Joseph Montgolfier (1749-1810) [53] y en términos generales es una bomba que eleva agua desde un nivel inferior a uno superior, sin usar electricidad o combustible alguno, gracias al fenómeno de golpe de ariete, es decir, se emplea la energía cinética de una columna de agua para elevar una parte de ésta, desde una fuente de



abastecimiento que puede ser un río, quebrada, canal o reservorio, hasta un nivel mayor a dicha fuente [54]. A partir de su invención, el ariete hidráulico tuvo una amplia difusión por todo el mundo, sin embargo, con el tiempo cayó en desuso, sobre todo debido al avance arrollador de la bomba centrífuga. En la actualidad se puede decir que existe un renacer del interés por este tipo de bomba, debido a que es tecnológicamente accesible, eficiente, ecológico, de interés social y muy didáctico.

#### **3.4.4.1 Principio de funcionamiento del Ariete Hidráulico**

El ariete hidráulico es una bomba de chorro de agua que actúa por choque. Este levanta agua empleando la fuerza que se genera cuando una masa de agua en movimiento se detiene repentinamente. A este fenómeno se le da el nombre de golpe de ariete y se produce por la transformación de energía cinética a energía de presión. Lo que se hace con el ariete es llevar una parte de un caudal grande de agua con poca caída a una cota mayor.

El agua en movimiento contiene una pequeña cantidad de energía cinética (inercia), esta es la energía que arrastra el agua cuando cae debido a la gravedad, que se la llamará CAIDA. El ariete hidráulico utiliza esta energía inercial para elevar el agua hasta una altura mucho mayor que la fuente [55].

Opera continuamente sin ningún tipo de combustible y solamente necesita pequeños ajustes y limpieza luego de su puesta en marcha inicial.

El Ariete utiliza mayor cantidad de agua en su proceso que la que impulsa, la porción impulsada es entre el 10-15 %. Pero debido a que opera todo el tiempo esta pequeña cantidad siempre será útil [55].

Existen dos requisitos básicos para operar un Ariete:

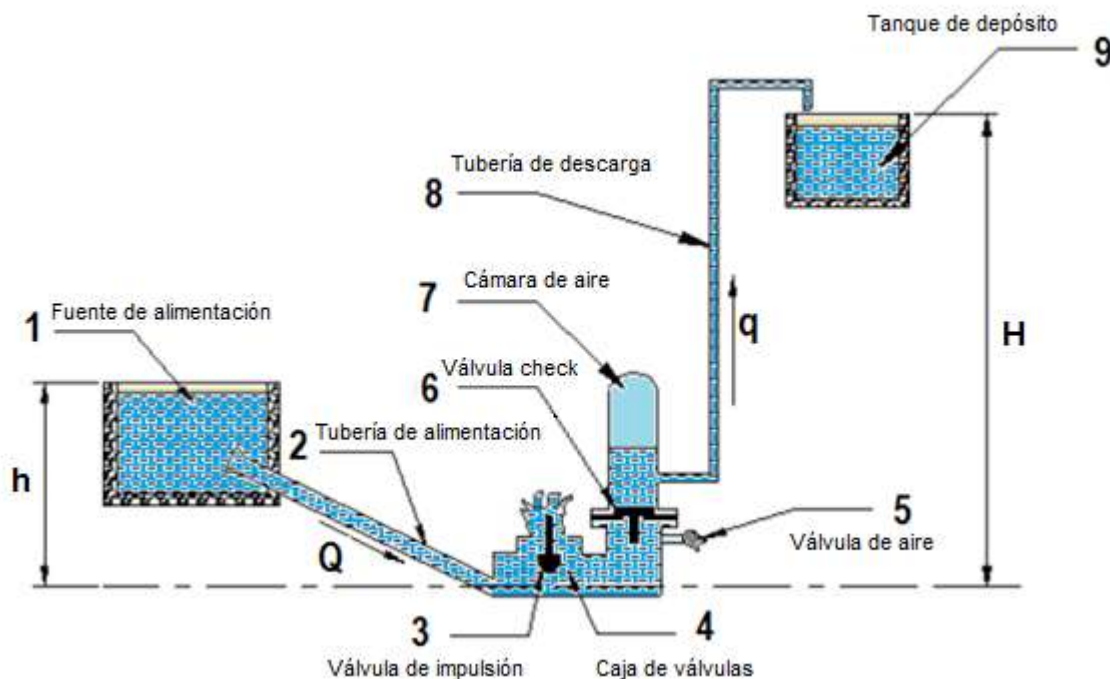
1. Suficiente agua, 4 ó más galones por minuto ( $2,52 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ) como mínimo que deberá entregar la fuente.
2. Suficiente CAIDA, 1,8 ó más metros entre la fuente de agua y el Ariete.



La fuente de agua que servirá para operar el Ariete hidráulico debe ser de flujo continuo. Debe ser factible recolectarla por tubería que con un filtro en la toma de agua, y conducirla hasta el Ariete directamente o previamente hacia un depósito recolector.

Entre mayor sea la CAIDA mayor será la altura de subida del agua luego de bombeada, aproximadamente 25 metros por cada metro de CAIDA [55].

Como se observa en la Figura 3.14 el agua de la fuente de alimentación (1) puede inyectarse al depósito (9) que se halla a una cota más elevada. El dispositivo funciona de la siguiente manera. Al descender el agua por efecto de la gravedad por la tubería de alimentación (2), tiene una cierta presión (h) debida a la diferencia de nivel, esta se derrama en la válvula de impulso (3), alcanzando una presión dinámica que sea capaz de cerrarla, contrarrestando su peso. El cierre repentino de la válvula de impulso produce una sobrepresión en la tubería de alimentación, este fenómeno es conocido como golpe de ariete. La válvula check (6) se abre por el efecto de dicha sobrepresión, y deja pasar cierta cantidad de agua hacia la cámara de aire (7), comprimiendo el aire existente, y haciendo que fluya cierta cantidad de agua (q) por la tubería de descarga (8). El retroceso del agua en la tubería de alimentación, produce una ligera succión en la caja de válvulas (4), creando una caída de presión que produce la apertura de las válvulas de impulsión y el cierre de la válvula check (6). De esta forma, el proceso se vuelve automático. El aire comprimido continúa impulsando el líquido almacenado en la cámara de aire por la tubería de descarga, entre ciclos de operaciones; lográndose una entrega de agua casi uniforme hacia el tanque de almacenamiento (9). El aire de la cámara se pierde en el flujo de bombeo, sino se renovase para mantener el nivel de aire, la cámara se saturaría de agua, por esta razón se coloca la válvula de aire (5) en una posición óptima que es debajo de la válvula check. Esta válvula funciona aprovechando la onda de presión negativa que produce una depresión en la caja del ariete y al producirse dicha depresión, succiona una pequeña cantidad de aire que va a renovar el aire de la cámara [54].



**Figura 3.14.** Esquema del funcionamiento del ariete hidráulico. Fuente: [54].

El dispositivo trabajará automáticamente mientras el caudal  $Q$  ingrese en la cámara, de este caudal, un pequeño porcentaje es llevado hacia el depósito (9) el cual se lo conoce como caudal elevado o de bombeo ( $q$ ), y su mayor parte se convierte en caudal derramado ( $Q - q$ ) que es vertido hacia afuera.

La longitud del tubo no influye directamente en el caudal. Pero sí influye en el tiempo de ciclo del transporte mediante la masa del agua que contiene y el tiempo de aceleración. Una tubería larga tiene tiempos de aceleración largos y tiempos de ciclo altos. Si las tuberías son demasiado cortas, la dinámica propia de la válvula de impulsión y de la válvula check, ejercen una influencia negativa. Debido a su inercia, las válvulas no tienen tiempo suficiente para abrirse y cerrarse por completo en un mismo ciclo [54].

El rendimiento del ariete hidráulico representa el porcentaje de agua que se puede bombear en relación al total de la canalizada por el ariete, y varía en función del cociente  $H/h$ . Al aumentar el valor resultante, el rendimiento disminuye. En la Tabla 3.9 puede verse cómo varía el rendimiento energético [53].

**Tabla 3.9.** Variación del rendimiento energético del ariete hidráulico (R).

H/h	2	3	4	6	8	10	12
R=	0,85	0,81	0,76	0,67	0,57	0,43	0,23

Fuente: [53].

Como puede deducirse de la Tabla 3.9, a partir de 12 veces la altura (h), el rendimiento de los arietes disminuye en gran medida. A pesar de esto, aunque sólo subamos a gran altura un 1 % del agua que pasa por el ariete, este funciona las 8.760 horas del año, ¡y sin combustible! [53].

El caudal elevado (q) depende del rendimiento (R), el caudal de alimentación (Q), el desnivel de trabajo (h) y la altura de elevación (H). La ecuación por la que se relacionan es la siguiente:

$$q = R \cdot Q \cdot h / H$$

Por ejemplo: Q (Caudal de alimentación) = 100 L/min

h (desnivel de trabajo) = 3 m

H (Altura de elevación) = 24 m

La relación  $H/h = 8$ , luego el rendimiento del ariete en estas condiciones equivale al 57 % (0,57).

El caudal elevado  $q = 0,57 \cdot 100 \cdot 3 / 24 = 7,125 \text{ L/min} = 10.260 \text{ L/día}$ .

El ángulo de inclinación del tubo de alimentación ( $\alpha$ ) debe estar entre los  $10^\circ$  y los  $45^\circ$  con la horizontal. El caudal de alimentación del ariete dependerá del diámetro de dicho tubo de acometida. En la Tabla 3.10 se pueden ver relacionados estos parámetros, para tubería de hierro galvanizado, que es la más recomendable para alimentar arietes hidráulicos [53].

**Tabla 3.10.** Parámetros para tuberías recomendables para alimentar arietes hidráulicos.

Caudal de alimentación (Q) [L/min]	30	60	90	120	250	500	1000
Diámetro del tubo [Pulgadas/mm]	1 1/4"/35	1 1/2"/41	2"/52	2 1/2"/70	3"/80	5"/125	8"/200

Fuente: [53].

Hay que tener en cuenta que el agua que se acelera en el tubo de alimentación, es la que provoca el "golpe de ariete", por lo que este ha de tener





una longitud, inclinación y diámetro adecuados, sin curvas ni estrechamientos que provoquen pérdidas de carga por rozamiento.

#### **3.4.4.2 Potenciales usos del Ariete Hidráulico**

Por el bajo costo de construcción, cero costo de operación y cero contaminación (no se utiliza ningún tipo de energía ni combustible fuera de la fuerza del fluido) se considera que este equipo puede ser utilizado en casi toda actividad donde el caudal inicial de fluido no sea un problema o pueda ser reciclado.

La tecnología del ariete hidráulico es una alternativa de solución con muchísimas ventajas con respecto al uso de sistemas y equipos de bombeo más conocidos (motobombas, electro bombas), por lo tanto dentro de las áreas de investigación y desarrollo del Complejo Hidropoder Paute se plantea el impulso de esta tecnología, muy antigua por cierto, para solucionar problemas de abastecimiento de riego y agua potable en zonas rurales. Y se establece como una gran alternativa para el sector agrario a pequeña escala.

En la actualidad el desarrollo de energías alternativas nos invita a proponer opciones para no contaminar el planeta. El ariete hidráulico forma parte de esta rama de las energías, sin embargo se ha visto empañado durante años por máquinas mucho más eficientes pero mucho más contaminantes y con un costo mayor de operación y mantenimiento. En el Complejo Hidropoder Paute se ejecutarán estudios de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en torno al diseño, construcción, aplicación, evaluación, control automático de riego, entre otros, que contribuyan al desarrollo tecnológico del Ariete Hidráulico. Esto con el objetivo de contribuir a un desarrollo sustentable del medio ambiente y como una muy buena alternativa que brinda al usuario un desarrollo socio – económico.

#### **3.4.5 Ecohidroimpacto**

En la actualidad, el Ecuador se encuentra dentro de dos grandes dilemas respecto a su desarrollo presente y futuro. Por una parte posee una indudable



dotación de biodiversidad natural prístina, única en el planeta que debe proteger y resguardar frente a la real amenaza de la instalación de megaproyectos, como por ejemplo, las múltiples centrales hidroeléctricas que están en fase de planeamiento y construcción, que podrían provocar serios daños a los ecosistemas. Por otra parte está, la gran importancia que estos proyectos tienen para el crecimiento del país y las potencialidades naturales y socioculturales propicias para el fortalecimiento del desarrollo local mediante el turismo de naturaleza desde una perspectiva endógena [56].

Desde el punto de vista medioambiental, siempre se ha considerado que la electricidad de origen hidráulico es una alternativa energéticamente no contaminante. No obstante, la construcción de una central hidroeléctrica produce un impacto considerable en el medio ambiente [57].

La presencia de centrales hidroeléctricas, las cuales a pesar de ser "en cierto sentido" conservadoras del medio ambiente, producen grandes cambios en los ríos, tanto en sus causas como en todo su entorno [57].

Las centrales hidroeléctricas, si bien son fuentes de energía renovable y desde el punto de vista medio ambiental no presentan contaminación, no son favorables para el medio ambiente, ya que producen grandes cambios en todo el entorno natural, en especial en las primeras fases de desarrollo de su construcción, porque talan los bosques, modifican el curso de los ríos, la construcción de represas altera la vida de la fauna acuática produciendo la migración de los peces, la disminución de la población de estos y su extinción local; también el aire podría verse afectado por emisiones de gases durante la construcción de estas centrales, posteriormente la contaminación acústica por el ruido de maquinarias, además se produce cambios en la composición físico-química de las aguas. Todos estos cambios tecnológicos sin duda generan impactos en el medio ambiente. A esto se suma el hecho de que muchas veces deben trasladarse pueblos enteros para la realización de estos proyectos [57].

Sin embargo, es necesario recordar los beneficios que ofrecen las presas de las centrales hidroeléctricas, pues controlan las inundaciones, garantizan el



suministro de agua mejorando su calidad, son una alternativa energética a otras fuentes más contaminantes, y pueden crear una industria de pesca, navegación y facilitar la producción agrícola de la zona [58]. En algunos casos, es posible evitar o reducir los costes ambientales y sociales a un nivel aceptable, mediante la correcta evaluación de su impacto ambiental y la consecuente aplicación de las medidas correctoras. Por estas razones, es de vital importancia que dentro de los programas de trabajo del Complejo Hidropoder Paute se incluyan proyectos de investigación que profundicen en los temas de Ecohidroimpacto (laboral y ambiental), Biohidroimpacto, Ecohidroturismo, entre otros, que traen consigo la creación de proyectos hidroeléctricos.

Por último es importante considerar el hecho de que el agua es el medio principal a través del cual el cambio climático hará sentir sus efectos sobre las personas, los ecosistemas y las economías. Por ende, es necesario que el área de Ecohidroimpacto del Complejo Hidropoder Paute realice la gestión de recursos hídricos con el objetivo de brindar un enfoque preventivo para la adaptación al cambio climático.

#### ***3.4.5.1 Empleo del Jacinto de agua (Lechuguin) que crece en el embalse Amaluzá, como fuente para la obtención de bioproductos***

El Jacinto de agua, (*Lechuguin*) es una planta flotante libre de aguas continentales lénticas, cuya acelerada tasa de crecimiento vegetativo produce una extensa cobertura en los embalses de algunas centrales hidroeléctricas del país y principalmente en el embalse Amaluzá, lo cual ocasiona problemas ambientales negativos. Su biomasa (peso fresco) es abundante durante todo el año, es por tal motivo que dentro de los principales proyectos del Complejo Hidropoder Paute debe constar la investigación acerca de los diferentes tratamientos que se le pueden dar a esta planta como fuente para la elaboración de bio-productos. Bajo este contexto, a continuación se presenta una exposición acerca de los diferentes bio-productos que se pudieran obtener al emplear el Lechuguin como biomasa fuente [59].



### **3.4.5.1.1 Generalidades del Lechuguin**

Comúnmente llamado Lechuguin, Camalote, Lampazo, Violeta de agua, Buchón y Taruya, es de la familia de las Pontederiáceas y su nombre científico es *Eichhornia crassipes*. Su origen está en los cursos de agua de la cuenca del Amazonas del sur. Está distribuido por todo el mundo, y en algunos lugares se lo utiliza como planta ornamental para estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos [59].

Se trata de una especie flotante de raíces sumergidas, considerada como mala hierba, ya que taponan en un breve espacio de tiempo la vía fluvial o lacustre en que se halle.

Se cultiva a una temperatura entre 20-30 °C y no resiste los inviernos fríos (temperaturas inferiores a 10 °C); hay que mantenerla entre 15-18 °C en contenedores con una profundidad de al menos 20 cm y una capa delgada de turba en el fondo, pudiendo volver a brotar en primavera si se hiela [59].

El Lechuguin o Jacinto de Agua necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación para su normal desarrollo.

Es una especie incluida en la lista de las 100 especies más invasivas por la UICN<sup>6</sup>, debido a que su proliferación está creando importantes problemas en canales de riego y ecosistemas ribereños al ser una especie no autóctona y carecer por tanto, de depredadores. Hoy en día, por consiguiente, no se aconseja su uso por particulares [59].

### **3.4.5.1.2 Evaluación del problema**

Con la finalidad de almacenar y disponer de considerables volúmenes de agua que sean empleados en la generación hidroeléctrica en la cuenca del río Paute, el gobierno ecuatoriano invirtió hace ya más de 30 años en la construcción de la represa Daniel Palacios, que actualmente es la responsable del embalse y

---

<sup>6</sup> Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales



regulación de los caudales de mencionado río en la zona de la cola de San Pablo.

Debido a que los ríos y quebradas tributarias del río Paute recorren por ciudades y poblados, se ha determinado en la caracterización de sus aguas que estas son ricas en carga orgánica, siendo esta la razón por la cual las aguas embalsadas del río Paute son un ambiente propicio para el crecimiento masivo del Jacinto de Agua.

Actualmente como se muestra en la Figura 3.15, el crecimiento del Jacinto de Agua en el embalse generado por la represa Daniel Palacios ha llegado a niveles elevados que provocan como principales impactos técnicos-ambientales, la restricción de la navegabilidad por el embalse lo que dificulta el dragado e impiden la oxigenación de las aguas estancadas.



**Figura 3.15.** Imagen de invasión de Jacinto de Agua en el embalse Amaluza. Fuente: Elaboración propia del autor.

#### **3.4.5.1.3 Aproximación del volumen de biomasa disponible**

El Jacinto de agua puede duplicar su tamaño en diez días y durante la estación normal de ocho meses de crecimiento una sola planta es capaz de producir 70.000 plantas hijas [59]. Otras proyecciones en relación al crecimiento mencionan rangos de una producción anual de 35-90 t/ha [60] y en condiciones ideales de nutrientes en el agua puede llegar a ser tan alta como 135 t/ha/año [61].



El área actual cubierta por Lechuguin en el embalse de la represa Daniel Palacios se estima en: 221.936,2 m<sup>2</sup> y un espesor de 1 m, que corresponden a 10.534.924 kg de Lechuguin (considerando la densidad real del vegetal húmedo), ahora si se considera que el 90,4 % es humedad, se cuenta con aproximadamente 1.011.353 kg de materia seca. El crecimiento del Lechuguin en el embalse Amaluza se estima que es de una hectárea por mes.

#### ***3.4.5.1.4 Manejo del Lechuguin en el embalse Amaluza***

Actualmente, el Lechuguin es retirado del embalse Amaluza empleando una máquina cosechadora (ver anexo D), la misma que lo extrae y lo tritura (en pedazos de aproximadamente 20 cm) para luego expulsarlo aguas abajo de la Presa utilizando la tubería de dragado. Estas maniobras de desalojo del Lechuguin por lo general se las realizan cuando se presentan altos caudales y se evacua el agua a través de las compuertas de la Presa, esto con el objetivo que las turbulencias del agua y las corrientes acarreen por el cauce del río los restos del Lechuguin impidiéndose su regeneración. La máquina cosechadora de Lechuguín tiene en promedio una capacidad de extracción de 200 m<sup>2</sup> por hora.

#### ***3.4.5.1.5 Usos más convenientes de la biomasa proveniente del Jacinto de agua***

En la Tabla 3.11, se pueden observar los usos que se le pueden dar al Lechuguin como fuente de biomasa. Para todos los usos propuestos el empleo de la planta es completo (hojas y raíces), por lo que, se ha efectuado la clasificación de dichos usos de acuerdo a la naturaleza de los productos a obtener.



**Tabla 3.11.** Diferentes usos del Jacinto de agua como fuente de biomasa.

NATURALEZA	USOS
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	1. Elaboración de adobes para la construcción.
	2. Elaboración de aglomerados.
	3. Como medio aislante en la construcción.
<b>MEDIO FILTRANTE</b>	4. Como medio filtrante para metales pesados (bioadsorción).
	5. Como medio filtrante para metales pesados (absorción).
	6. Empleo del Jacinto de agua como producto de absorción de derrames de hidrocarburos.
<b>COMBUSTIBLES</b>	7. Obtención de biogás.
	8. Obtención de alcohol (bioetanol).
	9. Obtención de briquetas para transformar en carbón.
	10. Obtención de pellets a partir de torrefacción.
	11. Obtención de carbón y aceite pirolítico a partir de pirolisis.
<b>ALIMENTOS</b>	12. Como base para elaboración de alimentos balanceados.
<b>PAPEL</b>	13. Como fuente de celulosa para hacer papel.
<b>FERTILIZANTES</b>	14. Obtención de fertilizantes.

Fuente: Elaboración propia del autor.



Realizando un análisis crítico de los diferentes bio-productos que pudiesen obtenerse empleando el Lechuguin como biomasa fuente, en busca de las mejores alternativas, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- De los análisis físico – químicos realizados en el Proyecto de Industrialización del Lirio Acuático para producción de base de Compost Orgánico [62], se determina que el Lechuguin en su composición contiene elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y manganeso, de los cuales los tres primeros constituyen la base de todo fertilizante orgánico, por lo que se puede prever que es posible obtener una eficiente base de compost orgánico, que además de su singular característica de textura fibrosa, permitiría que el producto pueda ser utilizado directamente o mezclado con otros productos complementarios dependiendo del cultivo y la característica del suelo para un óptimo rendimiento y contribución en los cultivos. La obtención de fertilizantes a partir del Lechuguin se lo puede realizar por digestión aerobia, digestión anaerobia (en tanques cerrados) o Lombricompostaje.
- Debido a la humedad que existe en la zona del embalse, la planta del Lechuguin tardaría mucho tiempo en descomponerse lo cual nos podría hacer pensar que se puede obtener una baja producción de biogás. Sin embargo de pequeños experimentos que se han desarrollado, se ha podido observar que la producción de biogás a partir del Lechuguin es bastante buena, por lo que se prevé que sería muy recomendable profundizar en el estudio de este tema. Además tomando como referencia lo hecho en países como Egipto y Sudán, el rendimiento del Lechuguin en la producción de biogás es alto [63]. Cabe mencionar que en la actualidad se está desarrollando un proyecto en la unidad de negocio Hidropaute de CELEC EP, acerca del uso del Lechuguin como fuente de biogás, cuyos resultados se esperan sean favorables.
- El valor nutritivo como alimento está muy asociado a su contenido de nutrientes, o sea a su composición química [64]. Los valores de proteína





en el Lechuguin son altos, superando el valor de las principales especies de pastos y forrajes utilizados para la alimentación animal. Además el valor de la fibra cruda (1,41 %) se puede considerar inferior a los reportados para los pastos tropicales, esto resulta importante ya que el contenido de fibra de los alimentos influye sobre la digestibilidad, el consumo y el valor nutritivo de los mismos [64]. En cuanto a la composición mineral de la planta, los valores de nitrógeno, calcio y fósforo se encuentran en niveles adecuados para ser utilizados en la alimentación animal [65], sin embargo el alto contenido de potasio, puede constituir un riesgo para la salud de los animales, porque puede acarrear enfermedades metabólicas. La presencia de metales pesados (aunque en pequeñas cantidades) podría ser también un limitante para la utilización del Lechuguin como alimento animal. Otro inconveniente para utilizar el Lechuguin en este propósito podría ser su alto contenido de agua, mismo que podría ser solucionado mediante la deshidratación.

- Es posible utilizar el Lechuguin en combinación con la arcilla comúnmente conocida como barro para la elaboración de adobes, ya que al combinarlos se obtiene un nuevo material de mejores características que el adobe tradicional, el cual se elabora con rastrojo, aserrín, pasto y otros materiales [66]. Además, sería posible realizar construcciones de mejor y mayor calidad con menores costos.
- La fibra absorbente proveniente del Lechuguin puede retener hasta 4 veces su peso en sustancias [67], este atributo permitiría disponer de un producto Bio-Absorbente multifuncional que puede absorber líquidos orgánicos o industriales. Además por sus características de adsorción sería posible colocar al Lechuguin (planta entera viva) sobre piscinas (como por ejemplo las lagunas de oxigenación de aguas servidas de Cuenca) con el objetivo de depurarlas, aunque esto no solucionaría el problema de la presencia del Lechuguin en el embalse Amaluza.
- Al contener el Lechuguin 1,41 % de fibra cruda, es posible obtener la celulosa por tratamiento alcalino a temperatura elevada dentro de un



reactor. Dicha celulosa es neutralizada y clarificada para emplearse en la elaboración del papel, que, aunque se siguen los pasos principales del proceso tradicional, es viable construir los equipos de operación que le proveen al papel el acabado tipo Bond, Opal y Cartulina. Además, es posible utilizar los licores de desecho para generar alcohol etílico y sales amoniacales [59].

- El Lechuguin tiene un rendimiento energético considerable ( $15 \times 10^7$  kcal/ha/año), comparable con el eucalipto [68], debido a esta característica la opción de aprovecharlo para obtención de carbón y de aceite pirolítico a partir de pirolisis se convierte en una alternativa muy atractiva. La mayor desventaja es que el producto tiene alto contenido de humedad (95 %) por lo que deberá ser secado previamente lo cual requeriría un gasto adicional de energía para este proceso previo.
- La fabricación de aglomerados requiere una buena cantidad de fibra dura, por lo que únicamente se utilizan las raíces secas del Lechuguin; debido a la poca resistencia al calor de este residuo se mezcla con viruta (madera) y se moldea en prensas calientes. Para determinar los porcentajes de mezcla adecuados se deben analizar los factores a los cuales va a ser sometido el tablero de aglomerado resultante, por ejemplo si se considera el peso que pueda soportar, se establece que las proporciones adecuadas es de 50/50 [69]. Estos aglomerados pueden utilizarse como soportes en la construcción de casas. Un proceso similar se debería seguir para la elaboración de briquetes y pellets a partir del Lechuguin. Además, es posible elaborar láminas que al colocarse entre las paredes de tablarroca, ayuden a disminuir el ruido y los cambios bruscos de temperatura en la casas.
- El Lechuguin es una fuente de lignocelulosa (celulosa, hemicelulosa y lignina) que podría ser empleada en la producción de biocombustible, ya que puede proporcionar los azúcares necesarios para la bioconversión a etanol. Mediante la hidrólisis se divide la celulosa y la hemicelulosa por acción de la molécula de agua en medio ácido, en moléculas más



pequeñas, se logra una solución azucarada. La hidrólisis permite también eliminar productos de la descomposición que puede tener efectos desfavorables durante la fermentación como el furfural y el hidroximetilfurfural. Empleando la fermentación de los azúcares se produce el etanol y dióxido de carbono [59].

Todos estos potenciales usos que se le pueden dar al Lechuguín, constituyen temas de investigación que podrían ser abordados dentro del Complejo Hidropoder Paute.

Como se puede observar, en todos los posibles tratamientos que se le puede dar al Lechuguin el paso inicial es su recolección, para lo cual sería factible emplear la cosechadora con la que actualmente cuenta la unidad de negocio Hidropaute. Una vez extraído, y al poseer el Lechuguin un alto porcentaje de humedad se hace imprescindible para todos los tipos de aprovechamiento, investigar o desarrollar procesos eficientes que faciliten su deshidratación, los cuales demandarían consumo de energía.

Con el objetivo de establecer cuál o cuáles de las alternativas de aprovechamiento del Lechuguin, son las más viables de implementar, dentro del área de Ecohidroimpacto del Complejo Hidropoder Paute, se realizarán trabajos de investigación más profundos, así como también se elaborarán estudios de mercado con el fin de tener una mejor perspectiva de cuál sería el principal uso en el que se debería incursionar.

Cabe señalar que en la actualidad está en operación la Presa Mazar que se encuentra aguas arriba de la Presa Amaluza y tiene una capacidad de almacenamiento de 420 millones de metros cúbicos (aproximadamente tres veces más la capacidad de almacenamiento del embalse Amaluza) y ya se observa la inclusión del Lechuguin en la cola del embalse, por lo que se hace imprescindible la necesidad de implementar métodos para combatir su proliferación. En consecuencia, las alternativas de los usos de Lechuguin, se pueden aplicar también para el aprovechamiento del Lechuguin del embalse Mazar, así como para otras represas en el país que presenten el mismo problema.



### **3.4.5.2 Ecoturismo**

La biodiversidad, los testimonios culturales e históricos, la riqueza étnica y cultural hacen del Ecuador un país altamente competitivo en el mercado del turismo mundial, lo que le permite ofertar múltiples productos al moderno mercado turístico.

Hoy en día, los proyectos más exitosos de desarrollo turístico se planean en un contexto de sustentabilidad, donde la necesidad de cuidar al máximo los recursos naturales, la belleza del paisaje, la calidad del agua y la biodiversidad, se convierten en la base sobre la cual se instrumentan los nuevos planes turísticos, ofreciendo además un desarrollo económico más justo para las comunidades locales, promoviendo su participación activa y permitiendo que los recursos generados por esta actividad mejoren la calidad de vida de millones de personas [70].

Es por estas razones que dentro del Complejo Hidropoder Paute, se hace necesario que se desarrollen actividades en torno a esta nueva forma de turismo sustentable como un importante factor para la conservación ecológica, buscando la participación comunitaria y la participación activa del visitante, tratando de responder a los requerimientos de un creciente número de turistas nacionales e internacionales que buscan un contacto más cercano y activo con los ecosistemas y las culturas locales, al tiempo que se interesan en la preservación de ambos. Es necesario anotar que, estos nuevos tipos de turismo de la naturaleza, sustentable, cultural, de aventura o ecoturismo, representan el sector turístico con mayor crecimiento en todo el mundo en los últimos años [70].

El área de Ecohidroimpacto del Complejo Hidropoder Paute, será la encargada de realizar proyectos en torno al ecoturismo con un enfoque integral, que sirva de eje para el desarrollo sustentable de algún sitio en particular. Una adecuada planeación de turismo sustentable puede garantizar el desarrollo económico de cada región, aportando fuentes de empleo y mejor calidad de vida a los pobladores, una mejor repartición de la riqueza y beneficios a todos los niveles



sociales, además de promover la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales [70]. De tal forma que con una apropiada organización y adecuado material promocional, se pretende dar al Proyecto Hidroeléctrico Paute (y sus inmediaciones) una visión de destino turístico de gran interés a nivel nacional e internacional [56].

#### **3.4.5.2.1 Ecoturismo en el Complejo Hidroeléctrico Paute**

La generación y desarrollo de exitosos proyectos de turismo sustentable será uno de los campos de acción del Complejo Hidroeléctrico Paute, ya que integrando el concepto de sustentabilidad, el ecoturismo puede convertirse en el factor principal de desarrollo económico y social en diversas regiones de nuestro país, donde las oportunidades son escasas, pero la riqueza natural y cultural resultan potencialmente atractivas para el desarrollo de turismo. Dentro de este contexto, se plantea la posibilidad (con altas expectativas de acogida) de realizar ecoturismo por toda la zona que contempla el Complejo Hidroeléctrico Paute Integral.

El Proyecto Hidroeléctrico Paute Integral comprende cuatro centrales en cascada: Mazar, Molino, Sopladora y Cardenillo, se encuentran entre las provincias del Azuay, Cañar y Morona Santiago del Ecuador, es un sitio bravo, en medio de una zona agreste y desconcertante conocida comúnmente como Cola de San Pablo [18].

Actualmente se encuentran en operación las Centrales Mazar (170 MW) y Molino (1.100 MW); la Central Sopladora (487 MW) está en su fase de construcción, mientras que la Central Cardenillo (600 MW) está en fase de estudios definitivos [18].

En principio puede resultar raro pensar en centrales hidroeléctricas como sitio ecoturístico, más el objetivo principal es brindar el servicio de turismo ecológico en todas las zonas que involucran al Complejo Hidroeléctrico Paute Integral, resaltando la armónica combinación de la naturaleza y la tecnología (Figura 3.16).



**Figura 3.16.** Zona de la Presa Mazar con altas perspectivas para el Ecoturismo. Fuente:  
Elaboración propia del autor.

Uno de los propósitos del Complejo Hidropoder Paute será el de realizar proyectos de ecoturismo orientados a personas que desean conocer la majestuosidad de las instalaciones del Proyecto Hidroeléctrico Paute Integral, personas que a más de conocer las instalaciones de las Centrales Hidroeléctricas presentan afición por la naturaleza y gustan de realizar recorridos por senderos ecológicos y paseos en lancha por los embalses Mazar y Amaluza, y para personas que esperan descansar y hospedarse en un ambiente natural.

Para la unidad de negocio Hidropaute de CELEC EP, la misma que tiene dentro de sus responsabilidades estratégicas el cuidado del medio ambiente, el desarrollo del ecoturismo favorecerá su situación ante la comunidad, cuidando el medio ambiente con la participación de la misma comunidad.

La realización de este tipo turismo tiene una gran proyección tanto para quienes lo conformen, lo administren, utilicen sus servicios y para la



comunidad, porque se pretende explotar un recurso que en nuestro medio es nuevo: el ecoturismo.

### **3.4.5.3 Gestión del Agua y Seguridad Hídrica**

El agua dulce es un recurso escaso. Solo el 2,5 % de los 1,4 mil millones de  $\text{km}^3$  de agua de la Tierra es agua apta para consumo humano, y la mayor parte de este porcentaje es inaccesible: casi el 70 % está ubicada en glaciares, nieve y hielo. Nuestro recurso más grande de agua dulce son los 8 millones de  $\text{km}^3$  de aguas subterráneas, con solo un 0,3 % de agua dulce ( $105.000 \text{ km}^3$ ) en ríos, arroyos y lagos [71].

Muchos de los efectos anticipados del cambio climático se manifestarán a través del agua. Los patrones cambiantes de la precipitación y de los caudales de los ríos afectarán a todos los usuarios del agua; una mayor incertidumbre y los requerimientos cambiantes del agua destinada a los cultivos migratorios amenazarán, en especial, a los agricultores de secano de escasos recursos; la intensificación de las sequías, inundaciones, tifones y monzones hará más vulnerables a muchas más personas; mientras que se acrecentarán los riesgos y las incertidumbres en relación con la incidencia de las enfermedades transmitidas por el agua, el derretimiento de los glaciares, las inundaciones causadas por el desbordamiento de lagos glaciares y el aumento del nivel del mar [72].

En definitiva, el cambio climático representa una seria amenaza. Los suministros de agua en muchos países se basan en la suposición de que las presas de las cuales se toma el agua proporcionarán un cierto rendimiento. Si la precipitación promedio declinan o las sequías duran más tiempo de lo esperado, dichas suposiciones ya no serán válidas y los suministros domésticos podrían estar en peligro. Los agricultores y otros grandes usuarios del agua enfrentan amenazas similares. En países como la India, Nepal, Kenia, Uganda, Chile, Brasil, y hasta Ecuador, uno de los efectos más serios de la sequía radica en la variabilidad de energía eléctrica, dado que menos





precipitación implica menos cantidad de agua circulando por las turbinas que la generan [72].

Los debates sobre la disponibilidad de agua dulce hacen cada vez más énfasis en la Seguridad Hídrica, entendida como el acceso de la población al recurso, de manera suficiente, segura y asequible para satisfacer sus necesidades de uso doméstico, producción de alimentos y subsistencia [71].

Las medidas destinadas a implementar una sólida gestión del agua constituyen medidas de adaptación. La comprensión de la dinámica de la variabilidad actual y del cambio climático futuro, en tanto que afectan el suministro y la demanda de agua en todos los sectores que hacen uso del recurso, y una mayor capacidad para responder a la misma, permiten lograr una mejor gestión de los recursos hídricos. Esto fortalece la capacidad de recuperación ante los peligros actuales del cambio climático, al mismo tiempo que se desarrolla la capacidad de adaptación al cambio climático futuro [71].

Para alcanzar la seguridad hídrica, es necesario que el gobierno invierta tanto en la infraestructura necesaria para almacenar y transportar el agua, y para tratar y reutilizar las aguas residuales, así como también en instituciones sólidas, como el Complejo Hidropoder Paute, comprometidas a ayudar a la sociedad Ecuatoriana a adaptarse al cambio climático en el largo plazo y a manejar la variabilidad y los impactos del clima actuales [72].

En este sentido, el área de Ecohidroimpacto del Complejo Hidropoder Paute, será la encargada de recolectar información y generar las herramientas necesarias para desarrollar la capacidad de predecir, planificar y hacer frente a la variabilidad climática estacional e interanual, como estrategia de adaptación al cambio climático en el largo plazo [72]. El problema principal para la evaluación de los impactos futuros del cambio climático sobre la seguridad hídrica sin duda es la incertidumbre de las predicciones. En consecuencia, dentro de este punto será necesario que el departamento de Ecohidroimpacto considere los siguientes aspectos [71]:





- La incertidumbre se debe a la variabilidad interna del sistema climático, la incertidumbre sobre las emisiones futuras y los escenarios de desarrollo, incertidumbre en la forma como los modelos traducen esas emisiones en cambio climático, e interrogantes sobre la exactitud de los modelos hidrológicos.
- Un obstáculo importante para el modelamiento climático regional es la falta de datos de campo de alta calidad, necesarios para validar esos modelos. Se requiere información confiable sobre parámetros meteorológicos locales y regionales, como precipitación, evaporación y temperatura, para los modelos y predicciones de balance hídrico.
- Se tiene que considerar que las temperaturas aumentarán. Las predicciones de los modelos, basadas en un rango de escenarios de emisión, sugieren un aumento en las temperaturas globales de 1,1 a 6,4 °C para fines de siglo.

#### **3.4.6 Investigación sobre temas inherentes a Centrales Hidroeléctricas y Ciencias Fundamentales y Aplicadas**

El Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, será una entidad vinculada a la unidad de negocio Hidropaute de CELEC EP, cuya principal actividad es la generación de energía hidroeléctrica. En tal virtud, se hace necesario que dentro del Centro se realicen proyectos de investigación en torno a los sistemas y actividades que involucran el proceso productivo de las centrales hidroeléctricas que conforman el Complejo Hidropaute. Esto con el objetivo de contribuir a una generación de energía hidroeléctrica cada vez más eficiente y mejorando continuamente los índices de calidad.

Dentro de este contexto es imprescindible que en el Complejo Hidropoder Paute se desarrollen temas de investigación en Ciencias Fundamentales Aplicadas (Básicas) que aporten al conocimiento integral de las centrales hidroeléctricas. Dichas ciencias pueden ser:



- Físicas y Tecnológicas.
- Matemáticas y de Modelación.
- Informáticas.
- Económicas, Medio Ambientales, Laborales y Sociales, etc.

Además de estos temas, y de manera más específica, dentro del Centro se pueden crear las áreas de investigación que se involucren más directamente con el proceso productivo de energía hidroeléctrica de las centrales que conforman el Complejo Hidropaute. Dichas áreas se presentan a continuación.

#### ***3.4.6.1 Área de Estudios e Investigaciones de Equipos Eléctricos y Electrónicos***

La Coordinación de Estudios e Investigaciones de Equipos Eléctricos, tendrá a su cargo el progreso de las actividades de investigaciones, innovación y desarrollo tecnológico con respecto a los siguientes campos:

- Generadores.
- Transformadores.
- Compensadores.
- Electrónica de Potencia.
- Electrónica Digital.
- Líneas de Transmisión.
- Alta Tensión.
- Distribución.
- Campos Electromagnéticos.
- Aislamientos y Coordinación.
- Evaluación y Diagnóstico.
- Análisis de Fallas de Equipos.
- Simulaciones MEF (Método de Elementos Finitos).



- Sistemas de Pruebas a Tierra.
- Servicios Auxiliares Plantas y S/E.
- Ensayo Electromagnéticos.
- Aislamientos.
- Instrumentación Avanzada.
- Metrología y Calibración.

#### **3.4.6.2 Área de Estudios e Investigaciones de Sistemas Eléctricos**

La coordinación de Sistemas Eléctricos, en el Complejo Hidropoder Paute, tendrá como objetivo realizar actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico que contribuyan a la solución de problemas asociados con el análisis, la operación, el mantenimiento y la planificación de sistemas de generación y transmisión de energía eléctrica, a través de asesorías, estudios del desarrollo e integración de software especializado. Mediante esas actividades de investigación, se da valor agregado a herramientas o técnicas disponibles para el Sector Eléctrico.

#### **3.4.6.3 Área de Estudios e Investigaciones de Equipos Mecánicos**

La Coordinación de Estudios e Investigaciones de Equipos Mecánicos, del Complejo Hidropoder Paute, tendrá como objetivo realizar actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos para el avance del sistema hidroeléctrico:

- Turbinas Hidráulicas.
- Estructuras.
- Vibraciones.
- Rotodinámica.
- Análisis y Ensayo de Materiales.
- Análisis Físico- Químico de Materiales.



- Corrosión.
- Simulaciones Mecánicas.
- Simulaciones Hidráulicas.
- Análisis de Falla de Equipos.
- Evaluación y Diagnóstico.
- Laboratorio de Ensayo Mecánico.
- Laboratorio de Máquinas Hidráulicas.
- Laboratorio de Ensayo Metalográficos.

### **3.5 Planes de crecimiento a corto, mediano y largo plazo y requerimientos del Complejo Hidropoder Paute**

Como se describió en la sección 3.4, el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” comprende muchos temas de investigación y proyectos ambiciosos, sin embargo en pro de que las actividades de implementación del mismo se desarrollen de una forma correcta y organizada, se ha visto conveniente que dicho Centro de Investigación se forme paulatinamente de acuerdo a las condiciones y recursos con los que se cuentan y a las necesidades y requerimientos que se presenten. En la Tabla 3.12, se establece un plan de implementación y crecimiento del Complejo Hidropoder Paute a corto, mediano, y largo plazo.

Al estar el Complejo Hidropoder Paute inmerso dentro de la unidad de negocio Hidropaute de CELEC EP, cuyo principal objetivo es la generación de energía hidroeléctrica, es necesario que entre las primeras áreas a crearse dentro del Centro de Investigación, estén los departamentos de Ciencias Fundamentales – Aplicadas e Hidroeléctricas, en las cuales se abordarán temas de desarrollo e investigación como por ejemplo: estudios que contribuyan a aumentar la eficiencia y calidad de la generación hidroenergética, investigación sobre los potenciales hídricos en sitios de interés, estudios relacionados con el diseño,



ejecución y optimización de instalaciones hidráulicas de pequeña y mediana potencia, entre otros.

**Tabla 3.12.** Crecimiento del Complejo Hidropoder Paute.

<b>Corto Plazo (&lt; 4 años)</b>	<b>Mediano Plazo (4 - 10 años)</b>	<b>Largo Plazo (&gt; 10 años)</b>
Departamento de Ciencias Fundamentales - Aplicadas	Laboratorio de Fotovoltaica	Laboratorio de Eólica
Laboratorio de Hidráulica	Laboratorio de Térmica Solar	Laboratorio de Geotermia
Laboratorio de Bioenergía	Laboratorio de Hidrógeno	

<b>Hidroeléctricas Arietes Hidráulicos</b>	<b>Ecohidroimpacto Hidroseguidores Solares</b>	<b>Hidrógeno</b>	<b>Incurción en otras Areas de Energías Renovables</b>
--	--	------------------	--

Fuente: Elaboración propia del autor.

Como se observa en la Tabla 3.12, en la primera etapa de creación del Centro de Investigación se propone la implementación de un laboratorio de Hidráulica, en consecuencia, en este período es factible la creación del departamento de Arietes Hidráulicos en donde se desarrollen temas investigación en torno a la construcción, aplicación, evaluación, control automático de riego, entre otros, que contribuyan al progreso tecnológico de este tipo de bombas.

Al ser el tema medioambiental un aspecto de vital importancia dentro de la construcción y operación de las centrales hidroeléctricas y tomando en cuenta que Hidropaute tiene bajo su cargo la ejecución de varios proyectos hidroeléctricos, es importante que dentro de la primera etapa de creación del Centro de Investigación se establezca el departamento de Ecohidroimpacto, donde se aborden estudios de investigación que profundicen en los temas de hidroimpacto (laboral y ambiental), Biohidroimpacto, Ecohidroturismo, entre otros. Además, dentro de este departamento se desarrollaran proyectos de investigación referentes a los usos o disposición final que se puedan dar al Lechuguín de las presas Amaluza y Mazar, por tal motivo durante esta primera



etapa se propone la implementación de un laboratorio de Bioenergía en el Complejo Hidropoder Paute.

A mediano plazo y como uno de los pilares fundamentales de Complejo Hidropoder Paute, se prevé la creación del departamento de Hidroseguidores Solares, motivo por el cual, para este segundo período se propone la implementación de los laboratorios de Fotovoltaica y de Térmica Solar, los mismos que conjugados con el laboratorio de Hidráulica, permitirán ejecutar programas y proyectos de investigación para el desarrollo de prototipos de Hidroseguidores Solares y en base a estos realizar actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en torno a temas como: Centrales Fotovoltaicas, Centrales Fototérmicas, Cercas Eléctricas Solares y Bombeo Solar, diversificando de esta forma la matriz energética del Ecuador, soportada actualmente por Hidroeléctricas.

Como ya se ha mencionado, actualmente en el Ecuador se están desarrollando varios proyectos Hidroeléctricos, los mismos que a mediano plazo entrarán en operación, esto sin duda conllevará a un cambio del régimen de generación eléctrica en el país, con perspectivas de evacuación de altos volúmenes de agua y de manera diferenciada a lo largo del año en las diferentes presas de las centrales hidroeléctricas. Bajo este escenario, aumentan las expectativas de producción de hidrógeno a partir de la energía desperdiciada a causa de los vertimientos de agua en las presas de las hidroeléctricas. En consecuencia, se hace necesario que para este tiempo, se implemente dentro del Complejo Hidropoder Paute el departamento Hidrógeno, con el propósito de impulsar la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico acerca de la obtención de hidrógeno, así como de los diferentes usos que se le puedan dar a este elemento dentro de nuestro país.

Por último se prevé que una vez que el Complejo Hidropoder Paute haya adoptado cierta madurez y ganado experiencia sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos con los que cuenta el país, pueda incursionar también en la investigación, innovación y desarrollo tecnológico de otras fuentes de recursos renovables, es por ello que dentro del Centro de



Investigación se ha planteado a largo plazo la implementación de los laboratorios de Eólica y Geotermia.

### 3.5.1 Requerimientos del Complejo Hidropoder Paute

Para la creación del Centro de Investigación, es imprescindible contar con la infraestructura necesaria, como por ejemplo, Edificio, Terrenos, Equipamiento, Laboratorios, e instrumentos varios. A manera de referencia, se puede partir de la experiencia previa de otros centros de investigación en energías renovables semejantes al Complejo Hidropoder Paute, de los que se puede aprender: procedimientos, casos, organización, estándares, costos, infraestructura necesaria, etc.

Sería conveniente que el Centro de Investigación esté ubicado en las zonas próximas a los campos de estudios, es por ello que se recomienda que la edificación y terrenos que formarán parte del Complejo Hidropoder Paute se encuentren localizados en las inmediaciones de las Centrales Hidroeléctricas Paute o Mazar.

Según los requerimientos de espacio físico mostrado en la Figura 3.17, se puede establecer que para la partida del Centro de Investigación es necesario una edificación de aproximadamente 980 m<sup>2</sup> de construcción [73], para lo cual se necesitaría una inversión inicial de aproximadamente USD\$ 300.000,00. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, se tiene previsto el crecimiento a mediano y largo plazo del Centro de Investigación, para lo que es necesaria la implementación de nuevos Laboratorios con lo que el requerimiento total de la edificación del Complejo Hidropoder Paute sería de 1.480 m<sup>2</sup> de construcción, lo cual equivaldría a una inversión necesaria para la edificación del centro de Investigación de aproximadamente USD\$ 400.000,00.

El edificio, sede del Complejo Hidropoder Paute, se plantea como un Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo de las energías hídricas y en general de las energías renovables con las que cuenta el país. La concepción misma del edificio busca incorporar los conocimientos más avanzados en el campo de la





investigación relativa a las energías renovables y el desarrollo sostenible, sirviendo de demostración de las mismas, al tiempo que se constituye en objeto de investigación para la constante mejora de los conocimientos en los campos de Hidroeléctricas, Arietes Hidráulicos, Ecohidroimpacto, Hidroseguidores Solares e Hidrógeno. Se plantea como centro de demostración, investigación y divulgación de las Energías Hídricas en un edificio ejemplar para el Ecuador e incluso más allá de su territorio, para enseñar de forma práctica y actual, creando un entorno saludable, sostenible y eficaz [74].

Descripción del Espacio Físico	
5 cubículos individuales (5x9=45m <sup>2</sup> )	Zona para Personal 340 m <sup>2</sup>
3 cubículos dobles (3x15=45m <sup>2</sup> )	
2 cubículos para investigadores visitantes (2x15=30m <sup>2</sup> )	
2 cubículos para técnicos de apoyo (2x10=20m <sup>2</sup> )	
1 Espacio colectivo para 15 personas subdividido en módulos (becarios, doctorados, empresas) »150m <sup>2</sup>	
1 Espacio para personal de apoyo administrativo (secretarias, contador, mensajero) »50m <sup>2</sup>	Zona Uso Común 300 m <sup>2</sup>
1 Sala de juntas y videoconferencia »30m <sup>2</sup>	
1 Sala de seminarios divisible mediante mampara con aislamiento acústico »180m <sup>2</sup>	
1 Biblioteca »30m <sup>2</sup>	
1 Espacio para fotocopiado, encuadernación y papelería »10m <sup>2</sup>	
1 Sala de café con equipo básico de cocina (refrigerador, microondas, fregadero) »20m <sup>2</sup>	
1 Almacén general »30m <sup>2</sup>	
1 Sala de cómputo para cálculo, con conexión remota, con temperatura controlada »40m <sup>2</sup>	Laboratorios 340 m <sup>2</sup>
1 Taller electromecánico »100m <sup>2</sup>	
1 Laboratorio de Hidráulica »100m <sup>2</sup>	
1 Laboratorio de Bioenergía »100m <sup>2</sup>	Laboratorios Futuros 500m <sup>2</sup>
1 Futuro Laboratorio de Fotovoltaica »100m <sup>2</sup>	
1 Futuro Laboratorio de Solar Térmica »100m <sup>2</sup>	
1 Futuro Laboratorio de Hidrógeno »100m <sup>2</sup>	
1 Futuro Laboratorio de Eólica »100m <sup>2</sup>	
1 Futuro Laboratorio de Geotermia »100m <sup>2</sup>	

**Figura 3.17.** Espacio físico requerido para el Complejo Hidropoder Paute. Fuente: Adaptado de [73].

A más del edificio sede del Complejo Hidropoder Paute, es necesario un espacio destinado para realizar experimentación y desarrollar plantas piloto, es así que tomando como referencia la experiencia del Centro de Investigación de Energías Renovables Del Valle Aguayo [75], se puede indicar que el terreno requerido para estas actividades, en primera instancia tiene que ser de alrededor de 5.000 m<sup>2</sup>, el mismo que como se menciona anteriormente debe





estar ubicado en zonas aledañas a las Centrales Mazar o Paute y que pertenezca a la unidad de negociación Hidropaute de CELEC EP.

La exigencia de una infraestructura dedicada a la investigación y a la innovación tecnológica, conlleva a que en el Complejo Hidropoder Paute se implementen distintos laboratorios de última generación, herramientas indispensables para la consecución de un amplio desarrollo corporativo y contribuir a la competitividad del Centro de Investigación. El equipamiento y la superficie que se dedicará a los laboratorios representan, de hecho, la mayor parte del edificio propuesto, poniendo de manifiesto el fin tecnológico y de investigación puntera del proyecto [74]. Los laboratorios de I+D+i a ser instalados en Complejo Hidropoder Paute, se observan en la Tabla 3.13 y cuyos costos son referenciados del Centro de Investigación en Energías Renovables (CIER) de la Universidad Autónoma de Baja California [4], mismo que tiene objetivos y características muy similares a los que se pretenden implementar y desarrollar dentro del Centro de Investigación Desarrollo e Innovación Complejo Hidropoder Paute.

**Tabla 3.13.** Laboratorios a ser implementados en el Complejo Hidropoder Paute.

Laboratorio	Corto Plazo (< 4 años)	Mediano Plazo (4 - 10 años)	Largo Plazo (> 10 años)
Hidráulica	\$ 1 050 000.00	----	----
Bioenergía	\$ 700 000.00	----	----
Fotovoltaica	----	\$ 1 500 000.00	----
Solar Térmica	----	\$ 650 000.00	----
Hidrógeno	----	\$ 1 300 000.00	----
Eólica	----	----	\$ 850 000.00
Geotermia	----	----	\$ 500 000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1 750 000.00</b>	<b>\$ 3 450 000.00</b>	<b>\$ 1 350 000.00</b>
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>	<b>\$ 6 550 000.00</b>		

Fuente: Adaptado de [4].



Según los requerimientos de infraestructura, terrenos y laboratorios, y partiendo del hecho de que los terrenos necesarios para la edificación y pruebas son de propiedad de la unidad de negocio Hidropaute, se puede concluir que para el despegue del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” es necesario una inversión inicial de aproximadamente USD\$ 2.150.000,00. Posteriormente con la implementación de los futuros Laboratorios como se muestra en la Tabla 3.13, sería necesario de inversiones adicionales de USD\$ 3.450.000,00 a mediano plazo y de USD\$ 1.350.000,00 a largo plazo. Con todo esto el Complejo Hidropaute necesitaría de una inversión inicial total de aproximadamente USD\$ 6.950.000,00.

Para el Complejo Hidropoder Paute será prioritario contar con un equipo multidisciplinario de especialistas en las diferentes áreas relacionadas con las fuentes renovables de energía (cuyos perfiles se presentan en la Tabla 3.14), es por ello que se plantea iniciar el Centro de Investigación con cuatro investigadores, los mismos que se harán cargo de los departamentos de Ciencias Fundamentales – Aplicadas, Hidroeléctricas, Arietes Hidráulicos y Ecohidroimpacto. A medida que el Centro de Investigación se vaya desarrollando y se implementen los otros departamentos programados para mediano y largo plazo, será necesaria la incorporación de más investigadores así como también de estudiantes de pre y posgrado.

La Subdirección de Investigación contará con Investigadores Principales y, de ser el caso, con Coordinadores y/o Responsables de Laboratorio. Los investigadores tendrán la responsabilidad de todo el Área y de la organización de las actividades de I+D y coordinación/definición de los distintos equipos investigadores de su Área. Los Investigadores Principales deben contar con amplia experiencia en el ámbito de las líneas de investigación a ejecutar.



**Tabla 3.14.** Perfiles de los especialistas de las áreas de investigación del Complejo Hidropoder Paute.

<b>Especialista</b>	<b>Nivel de educación formal</b>	<b>Estudios o los títulos requeridos</b>	<b>Área de conocimientos formales</b>
<b>Ciencias Fundamentales – Aplicadas</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Eléctrico, Electrónico, Civil, Mecánico, Químico o afines
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Físicas, Matemáticas, Informática, Tecnológicas, Modelación, Simulación y Control o afines
<b>Hidroeléctricas</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Eléctrico
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Sistemas Eléctricos de Potencia, Hidrología, Gestión de Proyectos o afines
<b>Arietes Hidráulicos</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Civil, Mecánico o afines
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Hidráulica, Hidrología, Proyectos o afines
<b>Ecohidroimpacto</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Civil, Químico, Agronomía, Ambiental o afines
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Gestión de Cuencas, Ambiental, Proyectos o afines
<b>Hidroseguidores Solares</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Eléctrico, Mecánico, Electrónico o Civil
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Hidráulica, Hidrología, Proyectos o afines
<b>Hidrógeno</b>	Tercer Nivel	5 años / Ingeniería	Químico, Eléctrico, Civil o afines
	Cuarto Nivel	1-2 años / Especialización o Maestría (PHD de preferencia)	Ciencias del Agua, Ciencias de la Ingeniería Química, Mención Modelación y Control de Procesos o afines

Fuente: Elaboración propia del autor.

Además de contar con investigadores expertos contratados por el Complejo Hidropoder Paute, a futuro, mediante convenios con universidades se contará



con investigadores en formación y con colaboradores (estudiantes de pos y pregrado). Se debe destacar que la organización planteada para el Centro de Investigación será muy flexible, y se fomenta que miembros de alguna de las líneas y áreas colaboren con miembros de otra de las líneas en trabajos de investigación, debido al carácter multidisciplinar del personal del Complejo Hidropoder Paute.

Considerando la estructura orgánica planteada en la sección 3.3 (Figura 3.2) y que el Complejo Hidropoder Paute inicie con cuatro investigadores especialistas y cuatro analistas o laboratoristas, en la Tabla 3.15 se presenta una estimación de los gastos anuales que se generarían por concepto de cancelación de honorarios a los miembros del Centro de Investigación. Los sueldos presentados en esta tabla son aproximados y tomados de acuerdo a la tabla de homologación salarial de la empresa CELEC EP, presentada por su Gerente General según memorando No. CELEC EP-MAT-GGE-0767-13 [76]. Además, se prevé que el Subdirector de Investigación, los Investigadores Especialistas y los Analistas, realizarán gran parte de sus actividades en el campo, es decir fuera de la ciudad, por lo que se ha proyectado que adicional a su salario, recibirán un subsidio (por ubicación geográfica) promedio del 10 % de su remuneración básica.

Por último, es necesario considerar dentro de la proyección del Complejo Hidropoder Paute, los costos que generarían las licencias para accesos electrónicos a bases de datos científicas. Por consiguiente, tomando en cuenta los análisis de rentabilidad y estudios de precios a suscripciones de revistas electrónicas científicas realizados por Peine y Jiménez en [77] y [78], y los diferentes temas a los cuales el Centro debería suscribirse como son: Tecnología, Física, Química, Biología, Hidrología, Geología, Ingeniería, Matemáticas y Computación, se ha considerado que será necesario invertir aproximadamente USD\$ 30.000,00 anuales para suscripciones a revistas científicas (como por ejemplo Springer, Elsevier, Wiley y Emerald). En consecuencia, se estima que durante la primera etapa del Centro de Investigación, los gastos anuales por concepto de pago de salarios y de



suscripciones a revistas científicas serán de aproximadamente USD\$ 493.922,00

**Tabla 3.15.** Estimación del gasto anual por pagos de remuneraciones de los miembros del Complejo Hidropoder Paute.

Cargo	Número de profesionales	Remuneración básica por profesional	Subsidio por ubicación geográfica (10%)	Remuneración mensual por profesional	Total mensual	Total al año (incluido décimos sueldos)
Director General	1	\$ 3 690.00	\$ 0.00	\$ 3 690.00	\$ 3 690.00	\$ 48 290.00
Subdirección de Investigación	1	\$ 2 970.00	\$ 297.00	\$ 3 267.00	\$ 3 267.00	\$ 42 791.00
Subdirección de Innovación y Transferencia de Tecnología	1	\$ 2 655.00	\$ 0.00	\$ 2 655.00	\$ 2 655.00	\$ 34 835.00
Subdirección Administrativa	1	\$ 2 655.00	\$ 0.00	\$ 2 655.00	\$ 2 655.00	\$ 34 835.00
Subdirección de Posgrado	1	\$ 2 655.00	\$ 0.00	\$ 2 655.00	\$ 2 655.00	\$ 34 835.00
Investigadores Especialistas	4	\$ 2 655.00	\$ 265.50	\$ 2 920.50	\$ 11 682.00	\$ 152 186.00
Analistas o Laboratoristas	4	\$ 2 025.00	\$ 202.50	\$ 2 227.50	\$ 8 910.00	\$ 116 150.00
<b>TOTAL ANUAL</b>						<b>\$ 463 922.00</b>

Fuente: Elaboración propia del autor.

### **3.5.1.1 Sistema de incentivos para trabajadores del Complejo Hidropoder Paute**

En la actualidad muchas organizaciones tratan a su personal como una fuente fundamental de competitividad, al considerarse el factor humano como el activo más importante de la misma. De ahí surge la necesidad de contar en todo momento con personal calificado, motivado y competitivo. Para ello es esencial la estimulación considerada como una inversión de la empresa para obtener mejores resultados futuros [79].

En un campo más amplio un sistema de incentivos puede: aumentar las ventas, garantizar seguridad, mejorar la calidad, disminuir el ausentismo, elevar la productividad, reducir la rotación, aumentar la participación, inculcar y premiar la lealtad hacia la institución, subir la moral interna, premiar la permanencia de los empleados, estimular el trabajo en equipo y la comunicación, introducir nuevos productos e inculcar mejores hábitos de trabajo [79]. En el Complejo



Hidropoder Paute, estas tendencias no deberán ser ajenas, teniendo en consideración que el accionar del Centro dependerá de la calidad y de las capacidades del recurso humano.

Varias instituciones en el mundo han establecido sistemas de incentivos para estimular y mejorar el desempeño de sus investigadores. Más aun, en un Centro de Investigación como el Complejo Hidropoder Paute que se encontrará localizado en un lugar apartado, lo cual implica determinados sacrificios a los trabajadores, esto impone que dichos trabajadores deben ser compensados a través de algún tipo de incentivos [79].

Estos incentivos están dados en un mejoramiento del ingreso, reconocimiento por la labor cumplida, captación de recursos, publicaciones y becas como premio a su productividad. Los incentivos para la investigación pueden ser de varios tipos [79]:

- *Económicos directos*: Se remunera al investigador;
- *Indirectos*: Financian los proyectos, su publicación o la presentación de los resultados;
- *No económicos*: Como la capacitación en metodología de investigación o la liberación de algunas responsabilidades para que se dediquen a la investigación. Es importante enfatizar que la actividad investigativa se puede ver como el mecanismo efectivo para la superación profesional de quienes la ejercen.

De esta forma, en la Tabla 3.16, se describen los incentivos que se recomiendan, debería recibir el personal que labore en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, con el objetivo que produzcan nuevos y mejores resultados.



**Tabla 3.16.** Incentivos recomendados para los trabajadores del Complejo Hidropoder Paute.

TIPO DE INCENTIVO	INSTRUMENTO	EFEECTO ESPERADO
Monetarios	Complementos salariales y bonificaciones por ubicación geográfica.	Estabilidad de ingresos económicos.
	Patrocinio a la participación en eventos.	Fortalecimiento de cuadros investigativos competitivos.
	Becas para desarrollo profesional.	Asegurar adecuados perfiles profesionales.
	Subsidios para bienestar social y familiar.	Facilitar condiciones económicas.
No monetarios	Flexibilidad laboral en los horarios.	Asegurar condiciones adecuadas de bienestar social que generen sentido de pertenencia y compromiso.
	Facilidades para la investigación.	Estimular procesos de investigación y producción.
	Educación continuada.	Fomentar un mayor desarrollo profesional.
	Publicaciones como autor o coautor en revistas científicas o técnicas.	Estimular la competencia académica.
	Acceso a cargos directivos.	Fomentar el crecimiento dentro de la empresa.
	Actividades culturales.	Fomentar buenas prácticas de convivencia y compañerismo.
	Bienestar social.	Generar tranquilidad y satisfacción dentro del ambiente de trabajo.

Fuente: Adaptado de [79].

### 3.5.2 Colaboración Nacional e Internacional

Con el objetivo de lograr financiamiento y apoyo para su creación y posteriormente para aumentar la eficiencia de sus actividades de investigación, el Complejo Hidropoder Paute, en primera instancia tiene que buscar la cooperación del Estado a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SEMLADES), y de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), las mismas que son las encargadas de impulsar el crecimiento científico y productivo del Ecuador a través de:



- Promover la articulación entre las instituciones de los Sistema de Educación Superior y el de Ciencia, Tecnología, Innovación y los actores del sector productivo a nivel nacional e internacional, con el objetivo de desarrollar programas y proyectos de investigación y actividades científicas en áreas estratégicas que contribuyan al desarrollo del país, asumiendo el desafío de avanzar hacia una sociedad basada en el conocimiento [6];
- Impulsar el desarrollo científico y tecnológico del país, a través del financiamiento de proyectos y programas de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+i), en concordancia con el Plan Nacional del Buen Vivir [6]; y
- Coordinar acciones con las distintas Instituciones del Estado para el cumplimiento de las Metas y Objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir [80].



**Figura 3.18.** Cooperación internacional de la SENESCYT. Fuente: [6].

La SENESCYT cuenta con la cooperación internacional de varios países (Figura 3.18). Es por ello que a través de los convenios que tiene la SENESCYT con diferentes Universidades internacionales de excelencia, el





Complejo Hidropoder Paute buscará la colaboración de estos institutos en las áreas relacionadas con las Ciencias de la Producción e Innovación y con las Ciencias de los Recursos Naturales. Dichas Universidades se enlistan en las Tablas 3.17 y 3.18.

**Tabla 3.17.** Universidades de cooperación internacional de **Producción e Innovación.**

No.	UNIVERSIDAD	PAÍS
1	UNIVERSIDAD TECNICA DE MUNICH	ALEMANIA
2	LA UNIVERSIDAD DE SYDNEY	AUSTRALIA
3	LA UNIVERSIDAD DE QUEENSLAND	AUSTRALIA
4	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LOVAINA	BELGICA
5	UNIVERSIDAD DE WATERLOO	CANADA
6	LA UNIVERSIDAD DE PEKÍN	CHINA
7	UNIVERSIDAD SHANGHAI JIAO TONG	CHINA
8	UNIVERSIDAD DE ZHEJIANG	CHINA
9	LA UNIVERSIDAD DE TSINGHUA	CHINA
10	COREA DEL INSTITUTO AVANZADO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	COREA DEL SUR
11	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SEÚL	COREA DEL SUR
12	INSTITUTO TECNOLOGICO DE GEORGIA	ESTADOS UNIDOS
13	LA UNIVERSIDAD DE PURDUE	ESTADOS UNIDOS
14	LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE OHIO	ESTADOS UNIDOS
15	LA UNIVERSIDAD DE RICE	ESTADOS UNIDOS
16	ESCUELA POLITECNICA	FRANCIA
17	LA UNIVERSIDAD DE HONG KONG DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	HONG KONG
18	LA UNIVERSIDAD DE OSAKA	JAPON
19	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOKIO	JAPON
20	LA UNIVERSIDAD DE TOHOKU	JAPON
21	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE EINDHOVEN	PAISES BAJOS
22	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE DELFT	PAISES BAJOS
23	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE NANYANG	SINGAPUR
24	UNIVERSIDAD POHANG DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	SINGAPUR
25	ESCUELA POLITECNICA FEDERAL DE LAUSANNE	SUIZA

Fuente: [6].

**Tabla 3.18.** Universidades de cooperación internacional de **Recursos Naturales**.

No.	UNIVERSIDAD	PAÍS
1	UNIVERSIDAD DE MUNICH	ALEMANIA
2	RUPRECHT-KARLS-UNIVERSIDAD HEIDELBERG	ALEMANIA
3	UNIVERSIDAD TECNICA DE MUNICH	ALEMANIA
4	LA UNIVERSIDAD DE SYDNEY	AUSTRALIA
5	LA UNIVERSIDAD DE PEKÍN	CHINA
6	LA UNIVERSIDAD DE TSINGHUA	CHINA
7	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SEÚL	COREA DEL SUR
8	UNIVERSIDAD DE COPENHAGUE	DINAMARCA
9	UNIVERSIDAD DE COLORADO EN BOULDER	ESTADOS UNIDOS
10	LA UNIVERSIDAD DE RICE	ESTADOS UNIDOS
11	INSTITUTO TECNOLOGICO DE GEORGIA	ESTADOS UNIDOS
12	LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE OHIO	ESTADOS UNIDOS
13	LA UNIVERSIDAD DE BOSTON	ESTADOS UNIDOS
14	UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA EN SANTA CRUZ	ESTADOS UNIDOS
15	UNIVERSIDAD DE MASSACHUSETTS	ESTADOS UNIDOS
16	ESCUELA NORMAL SUPERIOR – PARÍS	FRANCIA
17	UNIVERSIDAD PIERRE ET MARIE CURIE	FRANCIA
18	ESCUELA POLITECNICA	FRANCIA
19	UNIVERSIDAD DE PARIS SUD (PARÍS 11)	FRANCIA
20	PIERRE Y MARIE CURIE DE LA UNIVERSIDAD - PARIS 6	FRANCIA
21	LA UNIVERSIDAD DE TOHOKU	JAPON
22	LA UNIVERSIDAD DE OSAKA	JAPON
23	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOKIO	JAPON
24	UNIVERSIDAD DE UTRECHT	PAISES BAJOS
25	UNIVERSIDAD DE BRISTOL	REINO UNIDO

Fuente: [6].

Con el objetivo de realizar la transferencia de conocimientos y de aprender de la experiencia de otros Centros de Investigación de similares características, objetivos y actividades de investigación, el Complejo Hidropoder Paute buscará establecer lazos de colaboración con los institutos nacionales e internacionales que se presentan en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19.** Centros de Investigación de colaboración del Complejo Hidropoder Paute.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN	PAÍS
Grupo Ciencias de la Tierra y del Ambiente; Universidad de Cuenca.	Ecuador
Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS); Universidad de Cuenca.	Ecuador
Centro de Investigación y Estudios en Recursos Hídricos (CIER HI); Escuela Politécnica Nacional de Quito.	Ecuador
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER); Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.	Ecuador
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Colombia
Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC).	Chile
Centro Internacional de Hidroinformática (CIH).	Brasil - Paraguay
Centro Internacional de Enseñanza, Desarrollo de Capacidades e Investigación Aplicada sobre los Recursos Hídricos (HidroEx).	Brasil
Centro para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos en los Estados Insulares del Caribe (CEHICA).	República Dominicana
Centro de Estudios de las Energías Renovables (CEENER); Universidad Autónoma de Baja California.	México
Centro de Investigación de Energía; Universidad Nacional Autónoma de México.	México
State Water Resources Research Institute (WRRI) Program (Programa del Instituto de Investigación de Recursos de Agua del Estado).	Estados Unidos
National Water Research Institute (Instituto de Investigación Nacional del Agua y el Medio Ambiente) (NWRI).	Canadá
Centro de Investigación de Energías Renovables (CIER); Del Valle Aguayo S.A.	España
Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE); Universidad de Zaragoza.	España

Fuente: Elaboración propia del autor.

El Ecuador, a través de su Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) forma parte del Programa Hidrológico Internacional (PHI), que es un programa intergubernamental de cooperación científica de la UNESCO en materia de investigación hidrológica, gestión, educación y creación de capacidades relativas a los recursos hídricos. Es el único programa científico con un enfoque amplio en esta temática dentro del sistema de las Naciones Unidas. Los objetivos primordiales del PHI son los siguientes [81]:



- Actuar como vehículo a través del cual los Estados Miembros, las entidades profesionales y científicas cooperadoras y expertos individuales puedan ampliar sus conocimientos sobre el ciclo del agua, incrementando así su capacidad de realizar una mejor gestión y aprovechar más eficientemente sus recursos hídricos.
- Crear técnicas, metodologías y enfoques tendientes a definir mejor los fenómenos hidrológicos.
- Mejorar la gestión del agua a nivel local y mundial.
- Actuar como catalizador para estimular la cooperación y el diálogo en materia de ciencias y gestión del agua.
- Servir como plataforma para crear mayor conciencia sobre los temas mundiales referentes al agua.

Es importante que el Complejo Hidropoder Paute se involucre dentro del programa PHI, con el objetivo de buscar auspicios y participar en las cátedras de la UNESCO en temáticas específicas relacionadas con los recursos hídricos en el ámbito universitario. Este sistema de cátedras del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe cuenta como sus principales objetivos para el sector del agua [81]:

- Impulsar la formación, actualización y desarrollo de la educación superior y académica.
- Promover actividades y redes de investigación entre profesionales y expertos del sector mediante un enfoque intelectual multidisciplinario y cooperativo.
- Intercambiar conocimientos dentro y fuera de fronteras.

Los principales beneficiarios de estos programas son las instituciones, como el Complejo Hidropoder Paute, de los países de desarrollo y países en transición, quienes se ven más afectadas para enfrentar los retos emergentes en la era de la globalización.



### 3.6 Desafíos más importantes para el grupo de trabajo creador del Centro de Investigación

El rol de la investigación, la innovación y la generación de tecnologías es el motor central del crecimiento y de la dinámica económica de las sociedades modernas. Ya no es simplemente la generación de innovaciones para aumentar la productividad de los procesos productivos tradicionales, sino que estamos en un sistema de generación permanente de nuevas tecnologías, nuevos procesos, y nuevos productos como resultado de la creciente automatización de los procesos productivos [82].

El grupo creador del Complejo Hidropoder Paute debe doblar sus esfuerzos para consolidar la cultura de la investigación, el desarrollo y la innovación y acelerar la transformación hacia un futuro energético renovable, sostenido en primera instancia por la principal riqueza del Ecuador, que son sus recursos hídricos. Contribuyendo de esta forma al crecimiento de la competitividad del país. Para ello, es prioritario trabajar en una integración de objetivos entre el Complejo Hidropoder Paute, el gobierno, las Universidades con todos sus actores internos (inclusive sus propios centros de investigación) y de ser posible la empresa privada. Bajo estos conceptos los desafíos que tienen cumplir el grupo creador del Complejo Hidropoder son los siguientes:

1. Definir las **Líneas de Investigación, Programas, Proyectos** del Complejo Hidropoder Paute, más adecuadas para la región y con las cuales se debería arrancar y apuntando a la creación de plataformas que sirvan de solución a las empresas.
2. Definir un **proceso general de trabajo** de acuerdo al proyecto y a las líneas de investigación.
3. Definir un plan de trabajo y cronograma de avance en proyectos.
4. Formar o contratar el **recurso humano** que permita lograr las metas y compromisos del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”.



5. Lograr una verdadera vinculación con los empresarios y posibles inversionistas.
6. Lograr la confianza entre actores públicos y privados, del Centro de Investigación y la empresa.
7. Generar **tecnología innovadora** patentable, que se constituya en una oportunidad de negocio y que se pueda convertir en empresas que generen empleos y activen la economía.

Cumpliendo estos desafíos se pretende que el Complejo Hidropoder Paute se construya alrededor del triángulo investigación, ciencia y tecnología, lo cual a su vez lo conducirá hacia la innovación, contribuyendo con el desarrollo del Ecuador en base de sus recursos hídricos.

### **3.7 Conclusiones del capítulo**

En este capítulo, se ha establecido como la Misión del Complejo Hidropoder Paute, el desarrollo de investigación aplicada y avances tecnológicos innovadores para la generación, conversión, almacenamiento y utilización de las fuentes hídricas, contribuyendo al progreso nacional sustentable con tecnologías propias. Además, se ha planteado que la Visión de la institución, es la de ser una entidad de referencia nacional en investigación, desarrollo e innovación de tecnologías sustentables para el aprovechamiento de los recursos renovables del Ecuador, y en particular sus recursos hídricos.

En torno a su Misión y Visión, se ha establecido como objetivo principal del Complejo Hidropoder Paute, el de “convertirse en una institución generadora de alternativas tecnológicas sustentables, con lo cual se contribuya en la resolución de los problemas energéticos, ambientales y económicos del Ecuador”.

Con el propósito de diversificar el trabajo y establecer responsabilidades para alcanzar los objetivos y retos del Complejo Hidropoder Paute se ha planteado su estructura orgánica, la misma que cuenta con la Dirección General del Centro y las Subdirecciones de Investigación, Innovación, Administración y



Postgrado. Cabe recalcar que Complejo Hidropoder Paute será una entidad adscrita a la Gerencia General de la Unidad de Negocio Hidropaute de CELEC EP.

Con el objetivo de realizar innovación y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de los recursos hídricos, dentro del Complejo Hidropoder Paute se han planteado las Líneas de Investigación relacionadas con: Hidroeléctricas, Hidroseguidores Solares, Hidrógeno, Arietes Hidráulicos, Ecohidroimpacto y dentro de estas se han presentado algunos ejemplos de proyectos iniciales con los cuales puede partir el Centro de Investigación. Además, se plantea que a futuro las áreas de investigación pueden ampliarse y abarcar otras fuentes de energías renovables como por ejemplo: solar (fototérmica y fotovoltaica), eólica, geotérmica, entre otras.

Se ha establecido un plan de implementación y crecimiento del Complejo Hidropoder Paute a corto mediano y largo plazo, basándose en las condiciones y recursos con los que se cuentan y en las necesidades y requerimientos que se presenten. Se ha planteado que los primeros departamentos a crearse en el corto plazo (< 4 años) sean los de Hidroeléctricas y Arietes Hidráulicos, posteriormente a mediano plazo (4 – 10 años) se prevé la implementación de los departamentos de Ecohidroimpacto, Hidroseguidores Solares e Hidrógeno, finalmente se propone que a largo plazo (> 10 años), el Complejo Hidropoder Paute incursione en otras áreas de investigación de energías renovables como por ejemplo la Eólica y la Geotermia.

Es importante que el Centro de Investigación este ubicado en las zonas próximas a los campos de estudios, es por ello que se propone que la edificación y terrenos que formarán parte del Complejo Hidropoder Paute se localicen en las inmediaciones de las Centrales Hidroeléctricas Paute o Mazar.

Según los requerimientos de infraestructura, terrenos y laboratorios, y partiendo del hecho de que los terrenos necesarios para la edificación y pruebas son de propiedad de la unidad de negocio Hidropaute, se ha planteado que para la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo



Hidropoder Paute” sería necesario una inversión de aproximadamente USD\$ 6.950.000,00 y un gasto anual por concepto de cancelación de salarios y de suscripciones a bases de datos electrónicas de USD\$ 493.922,00. Cabe recalcar que estos son valores referenciales, basados a partir de costos de implementación de otros Centros Internacionales de Investigación de similares características al Complejo Hidropoder Paute.

Se ha planteado iniciar las actividades de investigación del Complejo Hidropoder Paute con cuatro investigadores, los cuales se harán cargo de los departamentos de Ciencias Fundamentales – Aplicadas, Hidroeléctricas, Arietes Hidráulicos y Ecohidroimpacto. A medida que el Centro de Investigación se vaya desarrollando y se implementen los otros departamentos programados para mediano y largo plazo, se incorporarán más investigadores así como también será necesaria la participación de estudiantes de pre y posgrado.

Con el objetivo de consolidar la transferencia de conocimientos y aprender de la experiencia de otros Centros de Investigación, el Complejo Hidropoder Paute se colaborará con instituciones nacionales e internacionales relacionadas con investigación científica en recursos renovables y en el sector energético, estos centros se encuentran descritos en la sección 3.5.2. Además a fin de buscar financiamiento, auspicios y participar en cátedras de temas relacionados con el aprovechamiento de los recursos hídricos, el Complejo Hidropoder Paute deberá vincularse a los programas de entidades nacionales e internacionales tales como, la SENESCYT, la SEMPLADES, la SENAGUA y la UNESCO.

El grupo creador del Complejo Hidropoder Paute se enfocará en consolidar la cultura de la investigación, el desarrollo y la innovación y acelerar la transformación hacia un futuro energético renovable, sostenido en primera instancia por la principal riqueza del Ecuador, que son sus recursos hídricos.





## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

1. Este trabajo ha sido diseñado para alcanzar tres requerimientos convergentes. El primero es proporcionar una visión general del desarrollo de la ciencia y tecnología y de sus potencialidades transformadoras, no sólo desde una perspectiva teórica sino vinculándolo directamente a las condiciones en que se desenvuelve en el desarrollo del país. El segundo requerimiento es el desarrollo de las estrategias y los conceptos importantes a manejarse que permitan la formación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”. Y el tercer requerimiento es la realización de la propuesta del Centro de Investigación, desarrollando su misión, visión, objetivos, desafíos, áreas de investigación y planes de crecimiento.
2. ¿Por qué un Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación, como el Complejo Hidropoder Paute?, esto es clave para alcanzar el desarrollo y bienestar del país, tal como lo expresa la Constitución; “la ciencia y la tecnología tienen un papel primordial en el proceso de cambio y desarrollo”. Siendo necesario para alcanzar estos objetivos canalizar los esfuerzos hacia un mismo norte, en ese sentido, el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación debe dirigir sus recursos hacia el desarrollo endógeno, sustentable y humano, el bienestar del país y por ende de todos los ecuatorianos.
3. El Complejo Hidropoder Paute se presenta como una organización formal dentro de la unidad de negocio Hidropaute, con un cierto grado de autonomía administrativa y financiera. Su objeto y actividad principales serán la investigación científica y tecnológica, pero también



realizará otras actividades relacionadas con ciencia y tecnología tales como capacitación y entrenamiento de capital humano, transferencia de tecnología, difusión y divulgación científica y gestión, seguimiento y evaluación de proyectos de ciencia y tecnología.

4. En el primer capítulo se establecen los fundamentos para la creación de un centro de investigación en el Ecuador, partiendo desde un análisis de investigación científico técnica en el mundo, en el que se concluye que nuestro país aún es muy débil en cuanto a inversión en ciencia y tecnología se refiere, sin ni siquiera alcanzar lo mínimo sugerido por la UNESCO (el 1% del PIB nacional). No obstante el gobierno a través de la SEMPLADES y la SENECYT, está implementando políticas públicas con miras a incrementar la inversión en ciencia y tecnología, apuntando a concluir el 2013 con una inversión del 1,5 % del PIB nacional, contribuyendo de esta forma a aumentar la competitividad del país y a impulsar su desarrollo aprovechando de una mejor manera sus recursos y de forma especial su mayor fortaleza como son sus recursos hídricos. Es por ello, que se justifica la creación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, con el objetivo de que el país potencie su desarrollo al corto, mediano y largo plazo en pilares sistémicos científicos, técnicos, económicos y sociales soportados en el Agua.

Además, se establecieron las leyes y estatutos de la constitución de la república del Ecuador que amparan la creación de dicho Centro de Investigación. Por último, se realizó un resumen sobre los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013, que sustentan el proyecto del Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute”, valorando la generación, transferencia e implantación del conocimiento como instrumento fundamental para promover el desarrollo del país.

5. En el segundo capítulo se establecen las razones de la creación de un Centro de Investigación de Poder Hidráulico, en donde se considera al Poder como una magnitud y se estipula que al contar con conocimiento



o información completa, el consumo de potencia es casi nulo para cualquier poder exigido en una tarea. En tal virtud, se advierte el alto potencial en los recursos hídricos con los que cuenta el Ecuador, pero que de nada le sirve dicho potencial sin la información y el conocimiento necesario acerca de cómo se deben aprovechar estos recursos de una forma eficiente, eficaz y con valor social. De allí la importancia y trascendencia que constituye para el país la creación del Complejo Hidropoder Paute, donde la ciencia, la tecnología y la sociedad ecuatoriana coincidan sistemáticamente para materializar en riquezas el alto potencial hídrico con el que se cuenta.

Además, se realizó el desarrollo de los conceptos fundamentales a manejarse para la formación del Complejo Hidropoder Paute, como su vinculación y gestión con los diferentes sectores y sus participantes, resaltando la importancia de unir fuerzas entre las Universidades, Gobierno del Estado y Sector Privado, para que el Centro de Investigación Complejo Hidropoder Paute tenga un buen desempeño y brinde resultados de alta calidad.

Se estableció que los ejes centrales del Complejo Hidropoder Paute deben ser: La investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación (Transferencia de Tecnología); la formación de recursos humanos especializados; consultoría y asistencia técnica a empresas privadas y/o estatales y; la divulgación de los resultados a través de la Revista Hidropoder. Y en base a estos ejes, enfocar el concepto I+D+i de tal forma que se contribuya al desarrollo del sistema productivo del país, realizando investigación orientada hacia soluciones de problemas y objetivos sociales o productivos bien definidos y no hacia los objetivos internos de los campos científicos y tecnológicos o de los propios científicos.

En el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” se desarrollarán proyectos de investigación científica y actividades de desarrollo tecnológico. Sin embargo, muchos de estos



proyectos y actividades cuestan dinero y no producen el sustento necesario para mantener una independencia económica. Es por esta razón que se ha propuesto que el Complejo Hidropoder Paute realice actividades que le provean de ingresos económicos, dichas actividades pueden ser: Realización de estudios de viabilidad técnico económica y asesoría energética, medioambiental y en aprovechamiento de recursos hídricos; diseño y realización de proyectos específicos para la industria; desarrollo, producción y venta de equipos de aprovechamiento hidroenergético para su venta directa (en asociación con fabricantes del sector privado); consultoría y asistencia técnica; cursos, seminarios y programas de apoyo a instituciones; educación y publicación de avances, estudios, trabajos, etc. Y en torno estas actividades se plantearon las siguientes estrategias del Centro de Investigación: Consolidar un portafolio de proyectos de inversión; pasar de la gestión del conocimiento a la creación de un portafolio de inversión para la creación de nuevas empresas y; creación de redes de colaboración a través de la plataforma de conocimiento. Todo esto con el objetivo de introducir al Complejo Hidropoder Paute dentro de un círculo virtuoso que le dé sostenibilidad económica.

6. En el capítulo 3 se presentó la propuesta del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” estableciéndose su Visión, Misión y Estructura orgánica, en torno a cumplir con su objetivo primordial que es el de ser un “Centro generador de alternativas tecnológicas sustentables, para el aprovechamiento de los recursos renovables con los que cuenta el Ecuador y en particular de sus recursos hídricos y con lo cual se contribuirá a la solución de los problemas energéticos, ambientales y económicos del país, impulsando al mismo tiempo el desarrollo económico y sustentable de la entidad”.

El Complejo Hidropoder Paute realizará innovación y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de los recursos hídricos, alrededor a las siguiente líneas de investigación: Hidroeléctricas, Hidroseguidores



Solares, Hidrogeno, Arietes Hidráulicos y Ecohidroimpacto. Se desarrollaron análisis detallados para cada una de estas áreas y se propusieron ejemplos de proyectos aplicativos con los cuales el Centro puede iniciar sus labores de investigación.

Como una guía para la implementación del Centro de Investigación “Complejo Hidropoder Paute”, se desarrolló un plan de crecimiento a corto, mediano y largo plazo, en donde se establece el camino que se debe seguir para su creación ordenada, en función de los recursos con los que se cuentan y de las necesidades y requerimientos que se presenten. Es así que al estar el Complejo Hidropoder Paute inmerso dentro de las centrales hidroeléctricas de la unidad de negocio Hidropaute y comprometido socialmente con la comunidad, se ha planteado que en el corto plazo (de 0 a 4 años) se implementen las áreas de Hidroeléctricas y Arietes Hidráulicos. Debido a aspectos tales como, la puesta en marcha de nuevas centrales hidroeléctricas en el país, la diversificación de la matriz energética, cambio del régimen de generación eléctrica con perspectivas de evacuación de altos volúmenes de agua en las diferentes presas, entre otros, se ha planteado que a mediano plazo (entre 4 y 10 años) se implementen las áreas de Ecohidroimpacto, Hidroseguidores solares e Hidrogeno. Por último, una vez que el Centro Investigación haya desarrollado experiencia sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, se propone que a largo plazo (de 10 años en adelante) se incursione en la investigación, innovación y desarrollo tecnológico de otras fuentes de recursos renovables a través de la implementación de laboratorios de Eólica y Geotermia.

Tomando como referencia la experiencia de Centros de Investigación internacionales, cuyas actividades son semejantes a las que se pretenden desarrollar en el Complejo Hidropoder Paute, se realizó una estimación de la inversión necesaria requerida para la puesta en marcha del Centro de Investigación, dicha inversión sería de aproximadamente



USD\$ 6.950.000,00, más USD\$ 493.922,00 anuales por concepto de cancelación de salarios y de suscripciones a bases de datos electrónicas. Es necesario recalcar que estas son cifras referenciales y se parte del hecho que los terrenos necesarios para la edificación y para las pruebas son de propiedad de la unidad de negocio Hidropaute.

El Complejo Hidropoder Paute, iniciará sus actividades de investigación con cuatro investigadores de alto nivel, los mismos que tendrán a su cargo los departamentos de Ciencias Fundamentales – Aplicadas, Hidroeléctricas, Arietes Hidráulicos y Ecohidroimpacto. Sin embargo, a medida que el Centro de Investigación se desarrolle y se instauren los otros departamentos programados para mediano y largo plazo, será necesario la incorporación de nuevos investigadores así como también la participación de estudiantes de pre y posgrado.

En la parte final del capítulo 3 se describieron los desafíos más importantes que deberán enfrentar el grupo creador del Complejo Hidropoder Paute, enfocados siempre en consolidar una cultura de investigación, desarrollo e innovación y acelerar la transformación hacia un futuro energético renovable, sostenido en primera instancia por la principal riqueza del Ecuador, que son sus recursos hídricos.

7. Es necesario resaltar quienes serán los principales beneficiarios de las actividades del Complejo Hidropoder Paute, los mismos que pueden desglosarse en las siguientes categorías:
  - Empresas del sector energético y otros sectores que, gracias a las actividades de I+D+i realizadas y aplicadas a procesos industriales, mejorarían la eficiencia y el ahorro energético, la explotación de las energías renovables y de manera especial las hídricas, la protección del medio ambiente y el control de emisiones relacionadas con la producción energética.
  - Alumnos beneficiarios de las actividades de formación: jóvenes titulados e investigadores para mejorar sus competencias



profesionales y acceder al mercado de trabajo y profesionales titulados para su formación en innovación tecnológica, etc.

- La sociedad en general: directamente gracias al proceso de transferencia tecnológica, poniendo el potencial intelectual y creativo de los investigadores a disposición de las necesidades del mundo empresarial y de la sociedad, e indirectamente, beneficiándonos todos de los avances conseguidos en ahorro energético, uso racional de los recursos, el control de emisiones y, en definitiva, el desarrollo sostenible.
- La existencia de laboratorios de I+D+i en energías renovables, a los que las empresas de pequeño y mediano tamaño puedan acudir, significará que éstas puedan llevar a cabo sus propios desarrollos tecnológicos, a un coste muy inferior y asumiendo unos riesgos mínimos a través del Instituto con los consiguientes beneficios socio-económicos.

## 4.2 Recomendaciones

1. Es factible (con financiamiento del Estado a través de la Unidad de negocio Hidropaute de CELEC EP) y necesario crear el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute” fundamentado científica y técnicamente, con el objetivo de afrontar el reto ofrecer a la sociedad un crecimiento sustentable en base a las energías hídricas y que constituye una referencia para el desarrollo del Ecuador. Además, con la formación del Centro se pretende obtener una fuente generadora de alternativas tecnológicas nacionales y la comercialización de las mismas, esperando lograr los siguientes resultados:
  - Aumentar el acceso al conocimiento de las fuentes hídricas y las tecnologías para su aprovechamiento.



- Crear una plataforma de conocimientos, que será uno de los pilares del Centro de Investigación.
  - Aumentar el acceso a un servicio energético, estable y sostenible basado en las fuentes de energía hídrica.
  - Formar nuevos investigadores capaces de satisfacer las necesidades de I+D+i en el sector Hidroenergético en particular.
2. Si bien el Ecuador está realizando esfuerzos para emprender por la vía del desarrollo y aumentar su competitividad, inspirado en el apoyo a la investigación científica y el desarrollo tecnológico que, naturalmente, deben conducirnos a ejecutar importantes proyectos de innovación, estos esfuerzos sólo darán los resultados esperados si se logran mantenerlos durante un período suficiente como para que sus procesos se vuelvan irreversibles, lo que significa asegurar el fortalecimiento de equipos de investigación mediante la asignación de recursos y la demanda de trabajos que permitan alcanzar niveles de especialización suficientes para incursionar en el contexto científico y tecnológico internacionales.
  3. Nuestros recursos hídricos, de los más importantes disponibles en el mundo, tienen que ser sujeto y objeto de esta atención. De ahí la importancia de la creación de instituciones como el Complejo Hidropoder Paute, para que junto a nuestras universidades y otras instituciones de I+D+i se ocupen de incrementar el conocimiento tanto del recurso como de los escenarios en los cuales éstos se encuentran y que vienen definidos bajo los esquemas de las cuencas hidrográficas, unidades territoriales naturales que deben constituirse en la base de nuestro desarrollo nacional.
  4. Se debe trabajar para articular la gestión general de agua con los usos, siendo de pertinencia tanto de la comunidad científica, como de los gobernantes y de la sociedad en general encaminar esfuerzos para





asegurar la disponibilidad del recurso “agua”, que considere entre otros factores, los procesos de globalización.

5. Es necesario trabajar para conseguir que las empresas privadas del Ecuador, confíen y participen activamente con los Centros de Investigación como el que se propone en este trabajo y los perciban como un fuerte apoyo para resolver sus problemas energéticos y ambientales, pero principalmente como un socio que puede darles posibilidades de nuevos y mejores negocios.
6. El uso del conocimiento científico y las tecnologías más disponibles serán elementos esenciales de una transición hacia la sustentabilidad. Pueden contribuir con nuevas fuentes de energía y métodos más eficaces de producción.
7. Una vez consolidado el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación “Complejo Hidropoder Paute”, su investigación debe fortalecerse significativamente en las siguientes áreas:
  - El sostenimiento de la investigación básica a largo plazo, uniéndola a las metas sociales;
  - El acoplamiento de las instituciones globales, nacionales y locales en eficaces sistemas de investigación;
  - Buscar la vinculación de las universidades, el gobierno y el sector privado, formando lazos de convenios colaboradores para generar competitividad; y
  - Fomentar la integración y la transferencia del conocimiento disciplinario e interdisciplinario.
8. La competitividad del Ecuador depende de su capacidad para generar innovación. La educación, la gestión del conocimiento y su transferencia a la industria de manera apropiada son el motor que impulsa el desarrollo del país. Las actuales tendencias para la generación de



capacidades de innovación parten de identificar aquellos factores que logren integrar funciones productivas con la generación de conocimientos. En consecuencia, el Complejo Hidropoder Paute tiene que ser capaz de generar innovación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología para contribuir con el progreso y la competitividad del Ecuador.

9. Es necesario y conveniente profundizar en los temas de los diferentes proyectos propuestos dentro de las líneas de investigación del Complejo Hidropoder Paute, puesto que constituyen alternativas innovadoras y ambiciosas y que serán la base del Centro de Investigación.
10. Se tiene que recalcar, que para la estimación del presupuesto necesario para la puesta en marcha del Complejo Hidropoder Paute, se tomó como referencia la experiencia de otros centros de investigación internacionales con similares características. En consecuencia, con el objetivo de contar con una visión más precisa sobre el monto de dinero necesario para la implementación del Centro de Investigación propuesto en este trabajo, sería recomendable realizar un análisis más detallado de los costos (con presupuestos y proformas dados por posibles proveedores) de todos los rubros involucrados en la creación del Centro, como por ejemplo, infraestructura, equipamiento, laboratorios, instrumentos varios, etc.
11. Finalmente, según el enfoque que se ha presentado en este trabajo (en lo que tiene que ver con el Poder, la Potencia, el Conocimiento y la Inversión en Ciencia y Tecnología), se pretende hacer notar y concientizar que aparentemente la Matriz de Desarrollo del Ecuador está siendo mal direccionada. Ya que se intenta ser más competitivos y tener más poder actuando fundamentalmente sobre la potencia que es lo más caro, cuando lo que se debe hacer es actuar sobre la información que es más barata que la potencia y de dinámica más rápida. En consecuencia, resulta imprescindible para el desarrollo del país, institucionalizar la Investigación Científica Productiva, instaurando estructuras



especializadas para dar respuesta a las necesidades nacionales y creando un Sistema Informático Unificado soportado en Redes Complejas Adaptativas, es decir plantear una plataforma tecnológica para intercambiar, gestionar, transferir y socializar los resultados de investigaciones científicas, en definitiva “Socializar el Conocimiento”.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] RICYT, «Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana-,» [En línea]. Disponible en: <http://www.ricyt.org/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2012].
- [2] M. Sáenz, L. Galarza y F. Cisneros, «Agua y Energía: Una Visión de Futuro en el Ecuador,» *Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología del Ecuador; Serie de temas estratégicos*, vol. 1, nº 1, pp. 28-38, 2008.
- [3] F. A. Rubio Castillo, «La Estructura Organizacional en Centros de Investigación, Desarrollo e Innovación; una Aproximación a la Experiencia Internacional,» Tesis Doctoral; Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración, Santiago de Querétaro, 277 p, 2009.
- [4] N. Velázquez Limón, «Creación de Centros de Investigación en Energías Renovables,» Ponencia; Centro de Estudios de las Energías Renovables del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Ciudad Juárez, 41 p, 2009.
- [5] R. A. Brito Saltos, «Propuesta de Fortalecimiento Institucional del Instituto de Ciencia y Tecnología,» Tesis de Ingeniería en Administración de Procesos; Escuela Politécnica Nacional, Quito, 217 p, 2005.
- [6] SENESCYT, «Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación,» [En línea]. Disponible en: <http://www.senescyt.gob.ec/>. [Último acceso: 5 Julio 2012].
- [7] CNRS, «Centre National de la Recherche Scientifique,» [En línea]. Disponible en: <http://www.cnrs.fr/fr/organisme/presentation.htm>. [Último acceso: 13 Agosto 2013].



- [8] IRD, «Institut de Recherche pour le Développement,» [En línea]. Disponible en: <http://www.ird.fr/fr/>. [Último acceso: 13 Agosto 2013].
- [9] Die Bundesregierung, «Deutschland,» 2006. [En línea]. Disponible en: <http://wm2006.deutschland.de/ES/Content/Alemania-anfitriona/Breve-resumen-sobre-Alemania/la-ciencia-y-la-investigacion-en-alemania.html>. [Último acceso: 20 Septiembre 2013].
- [10] Die Forschungsgruppe, «Die ForschungsGruppe,» [En línea]. Disponible en: <http://www.dfg-bonn.de/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2013].
- [11] The Royal Society, [En línea]. Disponible en: <http://royalsociety.org/>. [Último acceso: 20 Agosto 2013].
- [12] Japan Science and Technology Agency, [En línea]. Disponible en: <http://www.jst.go.jp/EN/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2013].
- [13] «Gwangju Institute of Science and Technology,» [En línea]. Disponible en: <http://ewww.gist.ac.kr/index.php>. [Último acceso: 25 Septiembre 2013].
- [14] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, «Importancia, Contexto Mundial y Marco Analítico del Agua,» Paraguay, 2006.
- [15] F. Cisneros, E. Pacheco, L. Galarza y M. Sáenz, «El Agua: Factor Estratégico de Desarrollo Integral,» *Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología del Ecuador; Serie de temas estratégicos*, vol. 1, nº 1, pp. 5-16, 2008.
- [16] L. Galarza, M. Sáenz y F. Cisneros, «Desarrollo Energético del Ecuador,» *Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología del Ecuador; Serie de temas estratégicos*, vol. 1, nº 1, pp. 17-27, 2008.
- [17] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2009 - 2020,» Ecuador, 2009.
- [18] CELEC EP, «Corporación Eléctrica del Ecuador; Unidad de Negocio Hidropoaute,» [En línea]. Disponible en:



<http://www.celec.com.ec/hidropaute>. [Último acceso: 15 Agosto 2012].

- [19] Asamblea Constituyente, «Constitución de la República del Ecuador,» Quito, 2008.
- [20] Asamblea Nacional del Ecuador, «Ley Orgánica de Educación Superior,» Ecuador, 2010.
- [21] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SEMPLEDES), «Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013,» Ecuador, 2009.
- [22] M. García Renté, «Magnitud Poder,» I Congreso de Energía Sustentable, Universidad de Cuenca, Cuenca, 18 p, 2012.
- [23] M. A. Molina y D. d. I. C. Rivero, «Redes Complejas. Teoría y Práctica,» *TLATEMOANI Revista Académica de Investigación*, nº 11, pp. 1-12, 2012.
- [24] M. L. Saavedra, «Problemática y Desafíos Actuales de la Vinculación Universidad Empresa: El Caso Mexicano,» *Actualidad Contable FACES*, vol. 12, nº 19, pp. 100-119, 2009.
- [25] L. Velho, P. Velho y A. Davyt, «Las Políticas e Instrumentos de Vinculación Universidad-Empresa en los Países del MERCOSUR,» *Educación Superior y Sociedad*, vol. 9, nº 1, pp. 51-76, 1998.
- [26] A. Afuso Higa, «Rol de las Universidades en la innovación tecnológica,» Ponencia; Programa de Ciencia y Tecnología - FINCyT (Fondos para la Innovación, Ciencia y Tecnología), Perú.
- [27] H. Merritt Tapia, «La Vinculación Industria-Centros Tecnológicos de Investigación y Desarrollo: el Caso de los Centros CONACYT de México,» I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I, Mexico, 2006.
- [28] M. A. Alarcón, «Los Factores de Vinculación Universidad-Empresa-Gobierno y su Efecto en las Innovaciones: el Caso de la Industria de



- Software en la ZMG,» Guadalajara, 2008.
- [29] Universidad Santiago de Cali, *Dirección General de Investigaciones; Resolución N° 006*, Cali - Colombia, 2009.
- [30] Secretaría de Planeación de Cundinamarca, «Gestión de la Innovación,» Colombia.
- [31] L. R. Vega González, «El Proceso de Desarrollo de Productos Tecnológicos entre las Universidades y las MIPYMES Mexicanas: Una Carrera de Obstáculos,» *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 4, n° 4, pp. 121-129, 2009.
- [32] J. Heijs y T. Baumert, «Política Regional de I+D e Innovación en Alemania: Lecciones para el Caso Español,» Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Madrid, 2009.
- [33] S. Estrada y R. Pacheco-Vega, «Sistemas y Políticas de Investigación, Desarrollo e Innovación. Algunas Propuestas,» *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, vol. 15, n° 44, pp. 31-76, 2009.
- [34] M. Castro, «Hacia una Matriz Energética Diversificada en el Ecuador,» Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, Quito, 2011.
- [35] CONELEC, «Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano,» Directorio del Consejo Nacional de Electricidad, Quito, 2011.
- [36] E. Albornoz, «Visión del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Beneficios Proyecto Mazar,» Seminario Internacional de Experiencias en Construcción de Proyectos Hidroeléctricos, Cuenca, 2012.
- [37] A. Avilés, «Generación Hidroeléctrica en el Ecuador: Posibles Beneficios en los Mercados de Carbono,» *Cuestiones Económicas*, Quito, Ecuador, 2009.



- [38] M. Garcia Renté, «Hidroseguidores Solares,» Ponencia I Congreso de Energía Renovable; Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Cuenca, 23 p, 2011.
- [39] P. O'keto D.M, «Pre-diseño de una Estación Fotovoltaica accionada con Hidroseguidor en Régimen Autónomo,» Trabajo de Diplomado: Instituto Superior Minero-Metalúrgico, Facultad Metalúrgia Electromecánica, Departamento de Eléctrica, Granada-Cuba, 71 p, 2007.
- [40] M. R. Pelaez-Samaniego, «Factibilidad de Producción de Hidrógeno Electrolítico en la Unidad de Negocio Hidropaute,» CELEC S.A. Unidad de Negocio Hidropaute, Cuenca, 2009.
- [41] N. Morlanés Sánchez, «Obtención de Hidrógeno Mediante Reformado Catalítico de Nafta con Vapor de Agua,» Tesis Doctoral; Universidad Politécnica Valencia, Valencia.
- [42] M. Ni, K. Leung\* Michael, K. Sumathy y Y. Leung Dennis, «Potential of Renewable Hydrogen Production for Energy Supply in Hong Kong,» *International Journal of Hydrogen Energy*, nº 31, pp. 1401 – 1412, 2006.
- [43] J. Bockris y A. Reddy, «Modern Electrochemistry,» Segunda Edição. Kluwer Academic. Plenum Publishers, New York, 2000.
- [44] J. Ivy, «Summary of Electrolytic Hydrogen Production,» Milestone Completion Report, NREL, Golden, CO, 2004.
- [45] A. González García-Conde, «Producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno,» Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, España, 16 p.
- [46] J. R. Rostrup-Nielsen y T. Rostrup-Nielsen, «Large-Scale Hydrogen Production,» *Cattech*, vol. 6, nº 4, pp. 150-159, 2002.
- [47] F. H. Fahmy y Z. S. Abdel-Rehim, «Hydrogen Gas Production and Utilization as Electricity Using a Renewable Energy Source,» *Energy*





*Sources*, vol. 21, nº 7, pp. 629 -641, 1999.

- [48] Aficionados a la Mecánica, «Vehículos de Hidrógeno,» 2012. [En línea].  
Disponble en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motores-hidrogeno.htm>. [Último acceso: 1 Octubre 2013].
- [49] J. Larminie y A. Dicks, «Fuel Cell Systems Explained,» Segunda Edición, Editorial Wiley, Inglaterra, 2003.
- [50] A. Biyikoglu, «Review of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Models,» *International Journal of Hydrogen Energy*, nº 30, pp. 1181 – 1212, 2005.
- [51] M. P. Alzamora Alzamora, «Operación Óptima de los Embalses en Cascada de Mazar y Amaluza y su Influencia en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano,» III Seminario Internacional: Hidrología Operativa y Seguridad de Presas, Concordia, Argentina, 2010.
- [52] A. Bernal, «Estimación de la Producción de Hidrógeno Electrolítico a Partir del Vertimiento de Caudal en la Presa Amaluza,» Universidad de Cuenca; Maestría en Planificación y Gestión Energéticas, Cuenca, 2011.
- [53] J. M. Jiménez, «El Ariete Hidráulico,» Terra, Ecología Práctica; Taller de Investigación Alternativa, España.
- [54] A. Bustamante Ojeda y M. E. Quezada Chuncho, «Estudio de los Parámetros de Funcionamiento de la Bomba de Ariete Hidráulico Multimpulsor A&M 1.0,» Tesis de Ingeniería Mecánica; Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 213 p, 2009.
- [55] FUNDESYRAM, «Manual de Tegnologías Apropriadas,» Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador, 2011.
- [56] J. Hernández Rojas y G. Hansen Rojas, «Turismo de Naturaleza, Desarrollo Local Sustentable y Megaproyectos Hidroeléctricos en la Patagonia Chilena,» Universidad de Concepción; Sociedad Hoy,



Concepción, Chile, 2006.

- [57] M. Mejías, «Las Centrales Hidroeléctricas y el Ambiente,» Universidad de Oriente (UDO); Impacto Ambiental Causado por la Centrales Hidroeléctricas, Anzoátegui, Venezuela, 2009.
- [58] A. Fernández Muerza, «Impacto Ambiental de la Energía Hidroeléctrica,» Eroski Consumer; Medio ambiente; Energía y Ciencia, Vizcaya, España, 2007.
- [59] R. Castillo, P. Cordero y A. Bernal, «Identificación de Tecnologías para el Uso de la Biomasa Local en una de las Industrias del Ecuador,» Universidad de Cuenca; Maestría en Planificación y Gestión Energéticas, Cuenca, 2011.
- [60] K. R. Reddy y D. L. Sutton, «Waterhyacinths for Water Quality Improvement and Biomass Production,» *Journal of Environmental Quality*, vol. 13, nº 1, pp. 1-8, 1984.
- [61] J. Yount y C. R.A., «Eutrophication Control by Plant Tarvesting,» *Journal of the Water Pollution Control Federation, USA*, 1970.
- [62] G. Abril, M. Cabrera y P. Martínez, «Industrialización del Lirio Acuático para producción de base de Compost Orgánico,» Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL; Escuela de Postgrado de Administración de Empresas ESPAE, Guayaquil, 2002.
- [63] B. Stanley, *Biomasa. Energía que Puede Sembrarse*, CIID, Ottawa, ON, CA, 1979.
- [64] O. Romero, F. Ruíz y Y. Linda, «Bromatología y Digestibilidadde la E. Crassipes en la Provincia Granma,» Seminario Científico Internacional ICA, La Habana, 1995.
- [65] E. Del Monte, «Estudio de la Composición Química de la Eichhornia



- Crassipes Fresca, Deshidratada y Ensilada,» Trabajo de Diploma, Bayamo, Granma, 1996.
- [66] D. Vallín González y A. Luna Soto, «Utilización del Lirio Acuático para la Construcción de Vivienda, una Solución Ecológica,» Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Tchnology, San Cristóbal, 2009.
- [67] TEMA, «Tecnología Especializada en el Medio Ambiente, S.A. de C.V.,» [En línea]. Disponible en:  
<http://www.relascmex.org/anunciosb/empresas/tema/tema.html>. [Último acceso: 20 Enero 2013].
- [68] H. Carmona Atencio, A. Villa Lopera, G. Manrique y J. Priet, «Diseño de un Proyecto Piloto Dendroenergetico y Formulación de Lineamientos de Políticas, Estrategias e Instrumentos para el Fomento de Sistemas Dendroenergeticos en Colombia,» Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeamiento Minero Energético, Santa Fé de Bogota, 1999.
- [69] B. D. Ulloa Marin, «Aprovechamiento del Lirio Acuático para la Elaboración de Aglomerados,» Tesis de Ingeniería Ambiental; Universidad Politécnica Saleciana, Cuenca, 141 p, 2013.
- [70] D. Oswi Antares, «Turismo Sustentable,» ECO RED; Tecnología para el Desarrollo Sustentable, México, 2008.
- [71] R. Artiga, «Adaptación al Cambio Climático y los desafíos en el recurso hídrico,» Ponencia; Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), 15 p.
- [72] C. Sadoff y M. Muller, «La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales,» Global Water Partnership, 102 p, 2010.



- [73] R. Neri Vela y E. Carrasco Yépez, «Propuesta para la creación de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electromagnetismo Aplicado, que forme parte de la Agencia Espacial Mexicana,» Querétaro, 2010.
- [74] Universidad de Zaragoza; Fundación CIRCE – Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, «Propuesta de Creación del Instituto Universitario de Investigación Mixto “CIRCE” de la Universidad de Zaragoza,» Zaragoza, 172 p, 2006.
- [75] Del Valle Aguayo S.A. , «Centro de Investigación de Energías Renovables CIER,» El Parque Tecnológico de Alava, Álava, España, 2012.
- [76] CELEC EP, «Homologación Salarial - CELEC EP,» Memorando No. CELEC EP- MAT-GGE-0767-13, Cuenca, 2013.
- [77] M. Peine, «2010 Study of Subscription Prices for Scholarly Society Journals,» Suplemento; Allen Press; Society Journal Pricing Trends and Industry Overview, Lawrence, Kansas, USA, 15 p, 2010.
- [78] E. Jiménez, «La Revista Científica y el Quehacer Académico: Anatomía y Fisiología de las Revistas Científicas Arbitraje y Costo de las Revistas Científicas,» *Revista Electrónica Latinoamericana de Estudios Sociales, Históricos y Culturales*, vol. 1, nº 1, pp. 146-152, 2008.
- [79] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA, «Experiencias sobre Sistemas de Incentivos a la Comunidad de Investigadores para Fortalecer la Innovación Tecnológica,» Bogotá, 2004.
- [80] SEMPLADES, «Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación,» [En línea]. Disponible en: <http://www.planificacion.gob.ec/>. [Último acceso: 20 Febrero 2013].
- [81] UNESCO, «Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe,» Organización de las Naciones Unidas para la Educación la



Ciencia y la Cultura, [En línea]. Disponible en: <http://www.unesco.org.uy/phi/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/programa-hidrologico-internacional/inicio/en-portada.html>. [Último acceso: 20 Febrero 2013].

[82] C. Rama, «Desafíos para la Investigación en la Universidad,» Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC), 2006.



## Anexo A

### Indicadores de Ciencia y Tecnología para el Ecuador según la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana - RICYT

Población	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
millones de personas	9.65	10.5	10.74	10.98	11.22	11.46		11.94	12.17	12.41	12.64	12.09	12.4	12.7	12.8	13.2	13.4	13.6	13.9	14.05	14.46

Población económicamente activa (PEA)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
millones de personas	3.36	2.8	2.96	2.89	2.9	3.11	4.24	4.39	4.54	4.69	5.69	4.12	3.8	5.4	5.5	5.6	4.3	5.7	6	6.15	6.85

**Notas:**

- PEA: Corresponde a Población Económicamente Activa.

PBI U\$S	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PBI millones de u\$s	10685	11753	12656	14304	16606	17939	19040	19768	19723	13689	15934	21024	24311	27200	32964	36488	41401	44184	55209	52022	57978

**Notas:**

- Las estimaciones en dólares fueron obtenidas aplicando los datos de Tipo de Cambio del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.



PBI en PPC	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PBI millones de U\$S expresados en PPC	42741	47012	48675	44700	44881	47209	48819	48216	50571	47204	59932	63965	66956	68905	81364	86336	94328	98681	112360	100996	115753

**Notas:**

- PPC: Corresponde a Paridad de Poder de Compra. Las estimaciones en Poder de Paridad de Compra fueron obtenidas aplicando los factores de conversión del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.

Gasto en Ciencia y Tecnología (U\$S)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ACT (millones de dólares corrientes)							38.68	50.53	52.30			31.2	41.7	49.1			84.8	99.71	209.6		
I+D (millones de dólares corrientes)						13.90	18.67	17.62	18.22			12.6	15.8	18.6			60.2	66.83	140.69		

**Notas:**

- Las estimaciones en dólares fueron obtenidas aplicando los datos de Tipo de Cambio del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.
- ACT: Corresponde a Actividades Científicas y Tecnológicas.
- I+D: Corresponde a Investigación y Desarrollo Experimental.



Gasto en Ciencia y Tecnología (PPC)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ACT (millones de dólares expresados en PPC)							99.17	123.25	134.12			94.92	114.84	124.38			193.20	222.69	426.57		
I+D (millones de dólares expresados en PPC)						36.58	47.88	42.99	46.73			38.33	43.51	47.11			137.16	149.27	286.32		

**Notas:**

- PPC: Poder de Paridad de Compra. Las estimaciones en Poder de Paridad de Compra fueron obtenidas aplicando los factores de conversión del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.
- ACT: Corresponde a Actividades Científicas y Tecnológicas.
- I+D: Corresponde a Investigación y Desarrollo Experimental.

Gasto en Ciencia y Tecnología en relación al PBI	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ACT							0.20%	0.25%	0.26%			0.14%	0.17%	0.18%			0.20%	0.22%	0.37%		
I+D						0.07%	0.09%	0.08%	0.09%			0.05%	0.06%	0.06%			0.14%	0.15%	0.25%		

**Notas:**

- ACT: Corresponde a Actividades Científicas y Tecnológicas.
- I+D: Corresponde a Investigación y Desarrollo Experimental





## **Anexo B**

### **Magnitud Poder**

El Complejo Hidropoder Paute, basa su estructura en la magnitud Poder, la misma que integra a la potencia con el conocimiento y sugiere que para alcanzar un poder es “imprescindible un consumo de potencia”; pero se aclara, que si se maneja información (conocimiento) completa, entonces el consumo de potencia es mínimo (casi nulo) para cualquier poder requerido. Por ejemplo, en el Ecuador pese a las características favorables en sus recursos hídricos los organismos del Estado así como la misma sociedad no han otorgado la importancia debida a los procesos informativos y evaluativos de estos recursos. Es decir, se cuenta con una gran potencia pero no se cuenta con el conocimiento necesario para su aprovechamiento, tal es así que para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, se contratan con empresas extranjeras los estudios de prefactibilidad, factibilidad, diseño, etc., e incluso hasta sus procesos de fiscalización. En consecuencia el país intenta alcanzar el Poder invirtiendo en primera instancia en Potencia, cuando lo más recomendable sería que se invierta en el conocimiento que resulta más barato y de dinámica más rápida. De aquí la importancia de la exposición del presente artículo, que busca la comprensión del carácter integrador (de información y potencia) de la magnitud Poder y de sus beneficios.



Dr. Manuel García Renté,

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca (Ecuador).

[manuel.garcia@ucuenca.edu.ec](mailto:manuel.garcia@ucuenca.edu.ec); [mgrente@yahoo.es](mailto:mgrente@yahoo.es)

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es fundamentar a la magnitud poder que soportamos en el método triádico de medición. La magnitud “poder” es un índice que integra a la información y a la potencia; y mide, el grado de conversión obtenible en un sistema por un estímulo. La magnitud poder es un recurso aún no explotado en la informática, en la energética y en la toma de decisiones. La magnitud poder, al unificar magnitudes escalares, sirve de base para la comparación y guía de objetos, fenómenos o procesos.

**Palabras claves:** poder; complejidad; metrología.

## ABSTRACT

The aim of this work is to present the foundations of the magnitude “power” to support a tri-dimensional method of measurement. The magnitude “power” is an index that integrates information and power intensity and measures, the degree of conversion obtainable when a system is stimulated. The magnitude “power” is still not used in informatics, energy, and decision making. However, this magnitude, unifying scalar magnitudes, serves as the base to compare and guide objects, phenomena or processes.

**Key words:** power; complexity; metrology.

## INTRODUCCIÓN

El poder ha sido abordado desde la psicología, la sociología, la economía, la política u otra; pero no ha sido tratado como una magnitud. En este trabajo, el poder es evaluado como una magnitud; y en este sentido, se convierte en la columna vertebral de una interpretación novedosa: dado su carácter rector, aglutinante y desencadenador.



La magnitud poder es un índice de la transformación producible en un objeto, fenómeno o proceso bajo la acción de un estímulo (de información). El poder se da en (Foucault, 2002; Montbrun, 2010):

- Las relaciones administrativas, económicas y sociales
- Las relaciones de autoridad: penitenciarias, ejércitos, manicomios, educación, industria,...
- Las dependencias físicas, químicas y biológicas

El objetivo del trabajo es la sustentación de la magnitud poder en el método triádico de medición: caracterizado porque cualquier magnitud escalar  $X$  se expresa en términos de las variables partes:  $X_1$  y  $X_2$  y/o de la variable todo  $X_0$ , según el modelo (2) de la ec (2).

Las barreras que limitan el entendimiento de la magnitud poder son:

A. Fundamentos del método triádico de medición

Este método, desarrollado por el autor (García, 2012), establece que una magnitud escalar  $X_0 \geq 0$  puede ser medida según los incisos a) y b) de la figura 1.

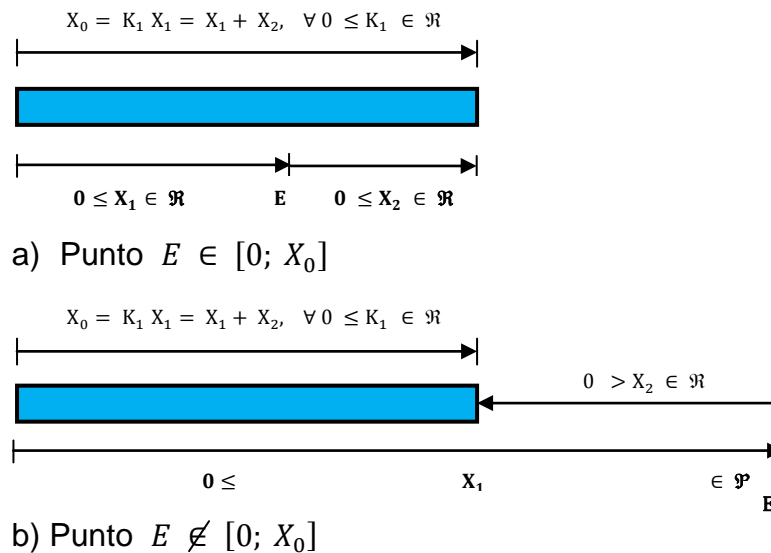


Figura 1. Fundamentos del método triádico de medición.

(Fuente: Autor).



En una medición, la comparación de la unidad de medida  $X_1$  con la magnitud que se mide  $X_0$  obliga a la superposición de  $X_1$  y de  $X_0$ ; en otras palabras, a que  $X_1$  y  $X_0$  deben orientarse en igual sentido, y por tanto, que  $K_1$  sea mayor que cero ( $K_1 \geq 0$ ) según la ec (1):

$$(1) \quad \begin{array}{l} X_0 = K_1 X_1 \\ \forall K_1 \geq 0 \end{array} \implies \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Opción 1: } X_1 \geq 0 \text{ y } X_0 \geq 0 \\ \bullet \text{ Opción 2: } X_1 \leq 0 \text{ y } X_0 \leq 0 \end{array} \right.$$

Esto implica que una variable  $X$  puede medirse según la opción 1 o 2. En caso de dos variables  $X$  e  $Y$ , debe tomarse la misma opción de medida. Este trabajo se restringirá la medición a la opción 1:

$$(1) \quad X_0 = K_1 X_1, \quad \forall (K_1 \geq 0 \text{ y } X_1 \geq 0)$$

$$X_0 = (K_1 + 1 - 1) X_1 = X_1 + (K_1 - 1) X_1$$

$$(2) \quad X_0 = X_1 + X_2, \quad \forall (X_1 \geq 0, X_0 \geq 0 \implies X_2 \geq -X_1)$$

Donde:  $X_0$ , suma, resultante o todo.

$X_1$  y  $X_2$ , partes o sumandos.

La terna  $(X_1; X_2; X_0)$  validada por la ec (2), justifica el nombre del método triádico de medición. En la ec (1), cuando  $K_1 = 1$ ; la unidad de medida  $X_1$  se hace igual a la medida  $X_0$ . Con esta óptica evaluaremos la ec (2):  $X_0 = 1 \cdot X_1 + X_2$ , si observamos el coeficiente de  $X_1$  es 1; por tanto, haciendo analogía con la ec (1), podemos concluir de la ec (2), que  $X_1$  puede ser vista o referida como la unidad de medida; y/o, como la medida  $X_0$ . De la ec (2):  $X_2 = X_0 - X_1$ ; se interpreta a  $X_2 = \varepsilon$ , como el error  $\varepsilon$  de medición. De ahí, el carácter difuso de  $X_1$  y  $X_2$ .

El carácter difuso de las representaciones de  $X_1$  y  $X_2$  es esencial para el uso de la ec (2). En la práctica  $X_1$  puede interpretarse como lo realizable (o que se deja hacer), como lo permeable (lo que se deja atravesar, cruzar); mientras que  $X_2$ , al contrario, debe interpretarse



como lo impermeable (lo que impide el paso: el obstáculo). En una tubería:  $X_1$  puede interpretarse como el diámetro de la luz de la tubería (por donde se mueve el fluido); y  $X_2$ , como el espesor de la tubería que impide que el fluido se escape. En el recorrido de un rayo luminoso hasta el cuero cabelludo:  $X_2$  es el espesor del colchón del cabello y  $X_1$ , cualquier magnitud finita mayor que cero  $X_1 > 0$ .

En el método triádico de medición, el error de medición:  $\varepsilon = X_2 \geq -X_1$ ,  $\forall X_1 \geq 0$ ; mientras que, en el actual método monádico de medición:  $\varepsilon = X_2 \rightarrow 0$ ; por tanto, el método monádico es un caso particular del triádico.

El modelo (1), del que obtenemos el modelo (2) es general, porque se aplica a sistemas lineales, donde:  $K_1 = \text{Constante} = \text{Cte}$ ,  $\forall X_1 \in [a; b]$  y a sistemas no lineales donde:  $K_1 \neq \text{Cte}$ ,  $\forall X_1 \in [a; b]$ .

#### B. Índice del poder

Definimos al índice del poder  $P_1$ , como el cociente parte-parte:

$$(3) \quad P_1 = \frac{X_1}{X_2} \in (-\infty; -1] \cup [0; \infty)$$

Del modelo (2), si consideramos a  $X_1 = \text{Constante} = \text{Cte}$ ; de la ec (3), obtenemos:

$$(4) \quad X_2 \cdot P_1 = X_1 = \text{Cte}$$

En la figura 2, los puntos asintóticos 1 verifican:  $X_1 \cong X_0$ . Y desde ahí, el todo  $X_0$ , muestra un comportamiento temporal completo:  $X_0$  tiende a cero (0) cuando se acerca a  $\frac{X_1}{X_2} = -1$ ; o, crece hasta más infinito ( $+\infty$ ) cuando tiende al eje de ordenadas  $X_2$ .

Información “completa” es la que se da en  $P_1 \rightarrow \pm\infty$  cercano. Y la información completa cuando  $P_1 \rightarrow \pm\infty$  lejano. La información “completa” y completa ( $P_1 \rightarrow \pm\infty$ ) permiten establecer zonas regladas o previamente estructuradas porque el poder del hombre sobre su entorno es muy grande. Cuando la información es incompleta ( $P_1 \not\rightarrow \pm\infty$ ) las zonas son no regladas, porque el poder del hombre sobre la realidad es



pequeño y el entorno se le impone al hombre. En general, la Educación, la Ética, la Jurisprudencia,... pueden ser regladas; mientras que las fuerzas de la naturaleza, como huracanes, volcanes, tsunamis,... son no regladas. Es imposible reducir las zonas no regladas a las regladas.

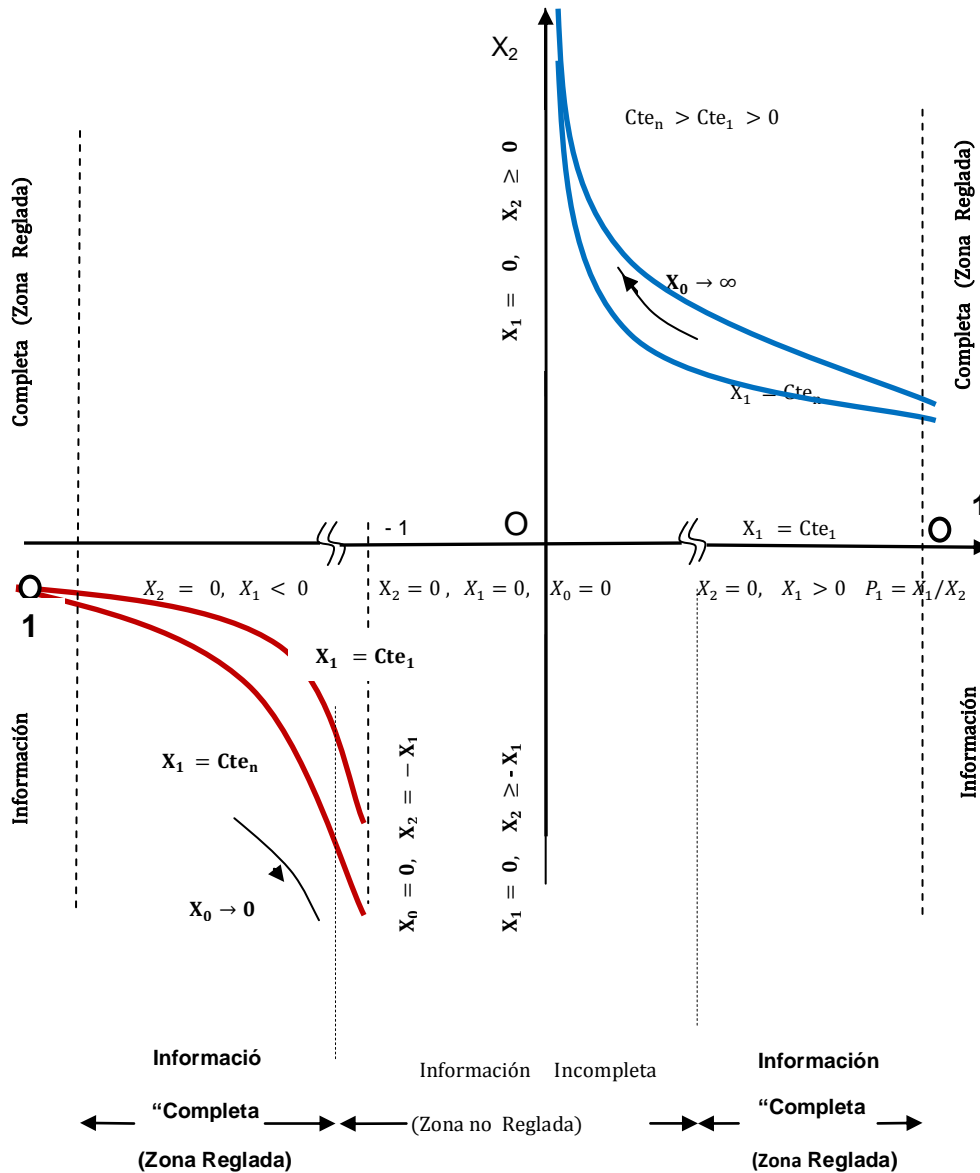


Figura 2. Gráficas paramétricas en las unidades de medida  $X_1$ .

(Fuente: Autor).

C. Nexos entre ondas e información

Definimos como:



- Ondas a las oscilaciones en la figura 2 sobre el eje de las abscisas  $P_1$ , que implican una indeterminación del tipo:  $P_1 = \frac{0}{0}$ . Cuando:
  - Sólo  $P_1 > 0 \implies$  Ondas mecánicas
  - Si  $P_1 \in (-\infty; -1) \cup [0; \infty] \implies$  Ondas electromagnéticas
- Información es lo decodificable, lo extraíble de una onda.

Los valores del índice del poder:  $\frac{x_1}{x_2} = P_1$ , caracterizan el grado de la información extraíble de una onda. Cuando:

- $P_1 = 0 \implies$  No Información
- $P_1 \neq \pm \infty \implies$  Información Incompleta
- $P_1 \rightarrow \pm \infty$  *cercano*  $\implies$  Información “Completa”
- $P_1 \rightarrow \pm \infty$  *lejano*  $\implies$  Información Completa

### MAGNITUD PODER

La magnitud poder es un índice que mide o evalúa el grado de transformación obtenible en un objeto, fenómeno o proceso producto de un estímulo (de información). Integra en un todo (en un sistema) al índice del poder  $P_1$  y a la potencia (García, 2012):

$$(5) \quad \text{Poder} = P_1 \cdot \text{Potencia} = \text{Ctes} \quad [\text{W}]$$

$$\forall \text{Potencia} \geq 0$$

La magnitud poder es el producto de un factor de multiplicidad  $P_1$  por la potencia, pertenece a los números reales  $\Re$ , es dimensional y se expresa en W; se diferencia de la ganancia, en que ésta se da como el cociente de unidades de salida sobre unidades de entrada; y de la probabilidad, en que ésta es un número abstracto en  $[0; 1]$ .

Es importante diferenciar entre potencia y poder:

Ejemplo 1. El ganado vacuno tiene mucha potencia (una gran masa convertible en energía); sin embargo, poseen poco poder defensivo.



Ejemplo 2. El VIH SIDA posee poca potencia (muy poca masa convertible en energía); pero dispone de un gran poder.

Ejemplo 3. Los tigres poseen gran potencia y gran poder.

Ejemplo 4. La información posee poca potencia y gran poder.

Estos ejemplos muestran que puede o no haber correspondencia entre potencia y poder. En la figura 3, mostramos la relación entre el emisor de información y el receptor (hospedero) de información en la creación de la magnitud poder:

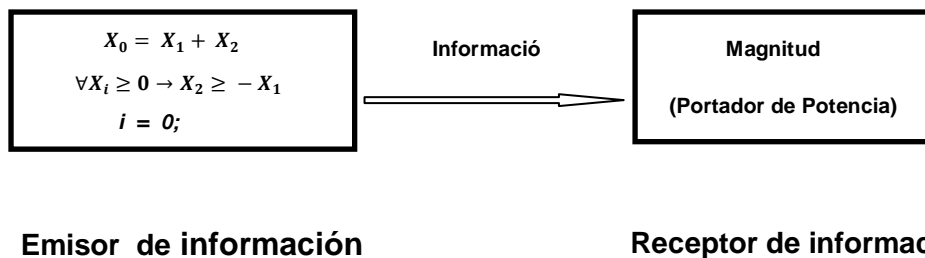


Figura 3. Generación de poder en el receptor de información.

(Fuente: Autor).

Según el caso las transformaciones ejercibles por la aplicación de la magnitud poder pueden producirse en el receptor de información y/o en el emisor de información (y/o también, en las fuentes primarias de información: en los objetos, fenómenos o procesos a quienes se refiere el emisor de información).

Ejemplos de la ec (5) para cálculo del valor de la magnitud poder:

**Ejemplo 1.** Un hombre necesita entrar a su casa. Supondremos que  $X$  es un área de la superficie de paso de la puerta. Pueden presentarse dos situaciones:

a). La puerta está abierta:

$X_1 = X_0$  y  $X_2 = 0$ , lo que implica que  $\frac{X_1}{X_2} \rightarrow \infty$ ; y por tanto, según la ec (5): *Poder*  $\rightarrow \infty$  y el hombre posee el poder necesario; y pasa a través del marco de la puerta.

b). La puerta está cerrada:





Inicialmente:  $X_1 = 0$  y  $X_2 = X_0$ , lo que implica que  $\frac{X_1}{X_2} \rightarrow 0$  (información nula); y por tanto, según la ec (5):  $Poder \rightarrow 0$ , el hombre no posee el poder necesario y por ello, no pasa a través del marco de la puerta.

Dada esta condición: el hombre saca las llaves y abre la puerta. Al hacer esto reduce, la situación b) a la situación a) y pasa a través de la puerta.

**Ejemplo 2.** Un hombre necesita tomar un objeto que está cerca de su mano. Pueden presentarse dos situaciones:

a). El hombre tiene los ojos abiertos:

Por tanto, dispone de información completa ( $P_1 \rightarrow \pm\infty$ ) sobre la ubicación del objeto, de ahí que el hombre tiene un  $Poder \rightarrow \pm\infty$ . El hombre tiene el poder necesario, y por tanto, toma el objeto en su mano.

b). El hombre tiene los ojos cerrados:

La información es incompleta ( $P_1 \nrightarrow \pm\infty$ ) sobre la ubicación del objeto; de ahí que el hombre tiene un  $Poder \nrightarrow \pm\infty$ . Por lo que el hombre no toma o toma con más dificultad el objeto en su mano.

En correspondencia con la ec (5), al crecer el índice del poder  $P_1$ , crece el poder. La influencia de la magnitud poder va, de un valor mayor aplicado a uno menor. Si en una situación dada el valor de la magnitud poder es muy alto, tendemos a ejecutar la actividad; si el valor del poder es medio, tendemos a ejecutar o no la actividad; y si el valor del poder es muy pequeño, tendemos a no ejecutar la acción. De esta forma la magnitud poder guía la ejecución de actividades en objetos, procesos, empresas o sociedades.

La ec (5) es una medición indirecta de la magnitud poder. En general, el factor  $P_1 = \frac{X_1}{X_2}$  es de dinámica rápida; mientras que la potencia es de dinámica más lenta: como regla, es más veloz y económico variar el poder actuando sobre  $P_1$



que sobre la potencia. Este hecho sugiere que la economía de una empresa o país debe priorizar y soportarse siempre en un fuerte desarrollo informático.

La magnitud poder puede ser negativa, nula o positiva:

- $Poder < 0$  si  $-X_1 \leq X_2 < 0$
- $Poder = 0$  si  $X_2 = X_0$  o  $X_1 = 0$
- $Poder > 0$  si  $X_2 > 0$

Según la ec (5), el poder puede ejercerlo quién recibe el índice del poder  $X_1/X_2$  (y en correspondencia, la información) sobre lo que (o quién) lo emite, o sobre terceros; en este sentido pueden presentarse dos casos extremos:

1. Que el poder ejercido sea nulo ( $Poder = 0$ )

Esta situación se presenta cuando el emisor de información esta completamente apantallado:  $X_2 = X_0 > 0$  y  $X_1 = 0$ . Es decir, cuando no emite información, porque no existe la onda que la porte:  $\frac{X_1}{X_2} = 0$  (no información).

2. Que el poder ejercido sea cualquiera ( $\forall Poder$ )

Esta situación se presenta cuando el emisor de información está sin pantalla:  $X_2 = 0$  y  $X_1 = X_0 > 0$ : cuando emite toda la información, porque  $\frac{X_1}{X_2} \rightarrow \pm\infty$  (información completa).

En la interpretación de la magnitud poder, juega un papel significativo el signo del índice del poder  $P_1$ :

- Si  $P_1 > 0$ , el  $poder > 0$  implica concordancias del tipo:  
Si (+) - Si (+) o No (+) - No (+).
- Si  $P_1 = 0$ , el  $poder = 0$  implica no transformaciones.
- Si  $P_1 < 0$ , el  $poder < 0$  implica, discordancias del tipo:  
Si (+) - No (+) o No (+) - Si (+).

Según la ec (5), la importancia de la información y de la potencia radica; en que cada uno de ellos, es un factor de la magnitud poder. En correspondencia,



el uso aislado del término: información o potencia no implica necesariamente conversiones significativas. De ahí, que decir Sociedad de la Información no es equivalente a alta calidad de vida, porque queda sin definir el desarrollo de la estructura de potencia que porta y usa esa información.

Si en la ec (5) suponemos que el Poder es Constante (Poder = Cte), obtenemos las representaciones paramétricas en magnitud poder de la figura 4:

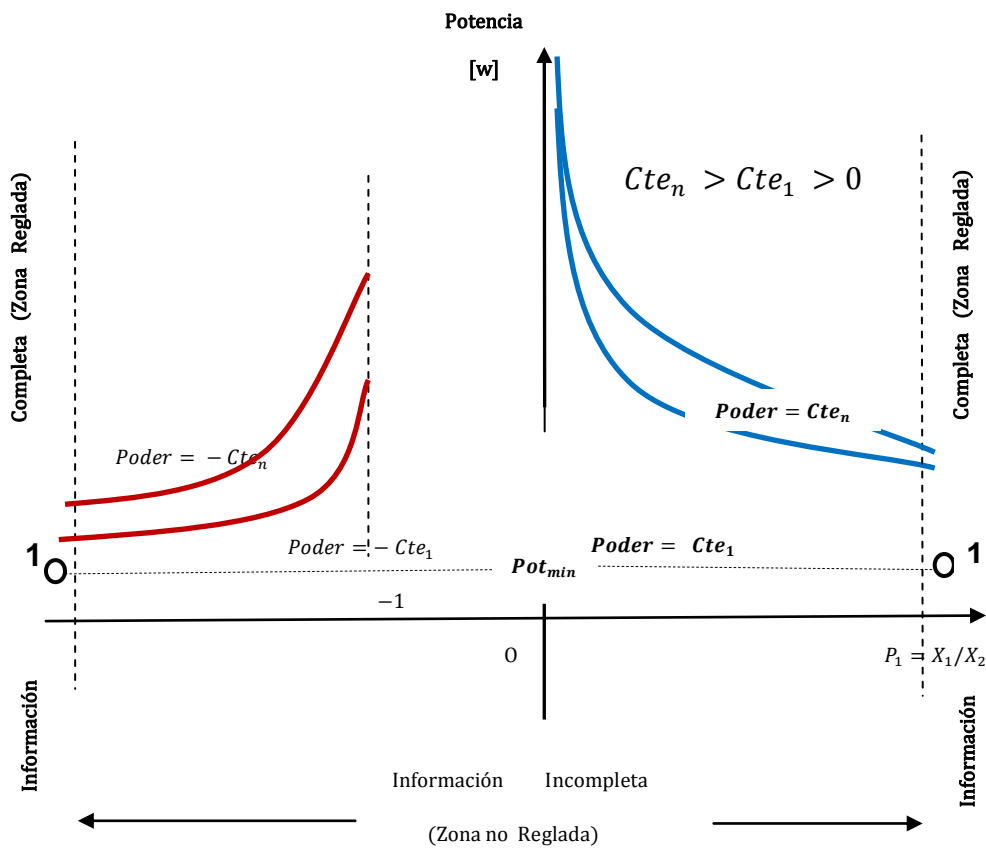


Figura 4. Gráficas paramétricas en magnitud poder.

(Fuente: Autor).

En la figura 4, las gráficas con  $(P_1 \rightarrow \pm\infty \text{ lejano})$  muestran que: a información completa en los puntos 1, el consumo de potencia (equivalente: a recursos mínimos) es cuasinulo al poder requerido (se ajustan en  $Cte_1 \equiv Cte_2 \equiv \dots \equiv Cte_n$  el valor - o los valores - necesarios del poder) para resolver el problema



(porque se superponen en las asintóticas de las curvas, los valores constantes del parámetro: magnitud poder).

La ec (5) muestra que el fin último de una medición no es la obtención del valor de la magnitud medida:  $X_0$ . Sino que la importancia de la medición de una magnitud  $X$  depende:

1. De la forma en que se particiona  $X_0$ ; es decir, de  $X_1$  y  $X_2$ .
2. De la potencia (y de la estructura) de quién porte la medida de la información  $X_1/X_2$ .

Por tanto, el objetivo final de la medición es aportar la información necesaria para alcanzar un poder (para eso se mide).

Existe una magnitud poder para cada variable escalar de un objeto, fenómeno o proceso. Si un proceso posee las variables escalares: temperatura, nivel, gasto, volumen,...; entonces habrá una magnitud poder para la temperatura, otra para el nivel y así sucesivamente. En otras palabras, un mismo proceso o entidad tendrá tantas variables poder como variables escalares. La magnitud poder se expresa en cada una de variables escalares, y viceversa: todas las variables escalares se unifican en la magnitud poder; lo que sirve de base para la comparación, integración y guía de los fenómenos y procesos de la realidad. A manera de ejemplo genérico, veamos como en la economía un gran número de variables escalares se transforman en una sola (y viceversa), en la magnitud poder:

Ejemplo. Las variables escalares económicas de un inmueble, de un servicio, de un tributo, etcétera, quedan definidas por el estado del mercado, por las legislaciones vigentes, por el trabajo socialmente útil invertido, y por otras; que reflejadas en los precios de estas actividades,..., en esencia son: la conversión y unificación de un gran número de variables escalares en una sola: en dinero, que es una forma de la magnitud poder.

Si en la ec (5) despejamos al índice del poder  $P_1$ , obtenemos:

$$(6) \quad \frac{X_1}{X_2} = \frac{\text{Poder}}{\text{Potencia}}$$



De donde concluimos:

1. Que el índice del poder  $P_1 = \frac{X_1}{X_2}$  de una onda es una medida del poder por unidad de potencia.
2. Que si la información es completa ( $\frac{X_1}{X_2} \rightarrow \pm\infty$ ):

Existe para los humanos, un poder finito alcanzable para una alta calidad de vida (conservando el medio ambiente) a explotación mínima de los recursos naturales, porque la potencia requerida es casi nula. Justifica que a información completa existe solución para el problema: obtener altos indicadores de vida preservando el medio ambiente.

En general, las ondas emitidas por un cuerpo, ente o proceso se decodifican como información en el hospedero (en quién las recibe). Y la información integrada a la potencia (soportada en la estructura organizativa del receptor) se convierte en poder en el hospedero.

### LA MAGNITUD PODER EN LA INFORMÁTICA

La figura 5 decodifica y extrae en valores de la magnitud poder el contenido de información de una onda

El eje de las abscisas tiene tres regiones:

- Región 1. Valores de  $P_1$  cercanos al origen de coordenadas  
Aquí  $P_1 = \frac{0}{0} \Rightarrow$  ondas con poder indeterminado (ver ec (5)).
- Región 2. Valores de  $P_1$  alejados del origen de coordenadas  
Aquí  $P_1 \rightarrow \pm\infty$  cercano  $\Rightarrow X_2 = 0, X_1 \neq 0$  la onda se decodifica en magnitud poder e implica información “completa”, porque aún las asíntotas no se superponen.
- Región 3. Valores de  $P_1$  muy alejados del origen  
Aquí  $P_1 \rightarrow \pm\infty$  lejano  $\Rightarrow X_2 = 0, X_1 \neq 0$  la onda se decodifica en magnitud poder e implica información completa, porque las asíntotas se superponen.

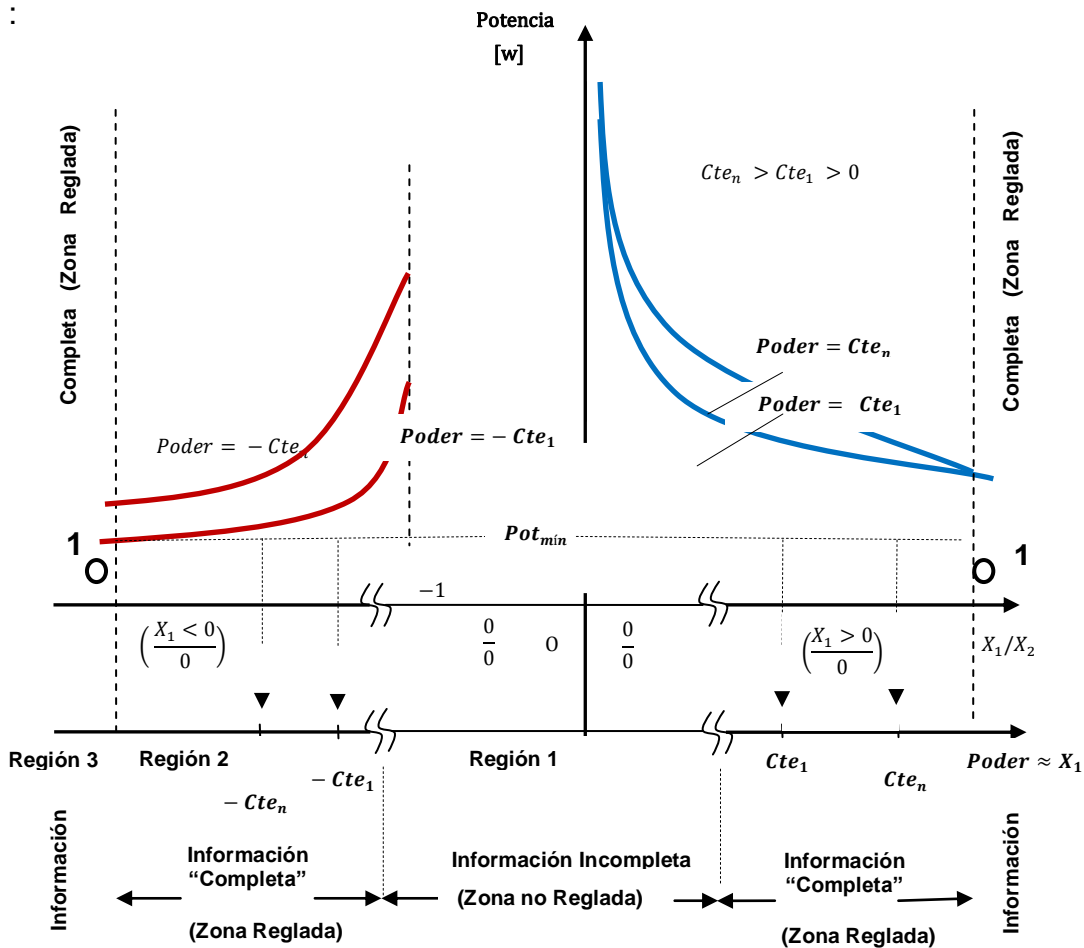


Figura 5. Decodificación de una onda en magnitud poder.

(Fuente: Autor).

En las regiones 2 y 3 los valores paramétricos (en  $Poder = Ctes$ ) de las gráficas fijan los valores de la abscisa en una escala de  $Poder$  yuxtapuesta a la escala  $X_1/X_2$  (que resuelve o decodifica la indeterminación de la región 1). En las regiones 2 y 3 para cada  $Potencia$  igual a una  $Potencia_{min}$  tenemos una escala de abscisas en información completa  $X_1$ ; de donde concluimos que la información ( $X_1 \approx Poder$ ) es poder, y por tanto, expresable en W. En  $Poder \approx X_1$ , se comete un abuso de notación, porque  $X_1$  es la potencia asociada a  $X_1$ ; y no, una parte cualquiera  $X_1 \geq 0$  de una magnitud escalar.

### LA MAGNITUD PODER EN LA TOMA DE DECISIONES

Un poder adecuado es indispensable para que funcione y/o para preservar y desarrollar un sistema. En muchas ocasiones, la necesidad de un poder



conveniente para existir provoca conflictos de intereses. A continuación evaluaremos a grandes trazos, como la magnitud poder puede ayudarnos a tomar decisiones para resolver conflictos.

En la ec (5), si  $X_1 = X_2 \iff \text{Poder} = \text{Potencia}$ ; el método monádico de medición actual se ejecuta con error de medición  $\varepsilon = X_2 \rightarrow 0$ , a  $\forall \text{Poder}$  con un  $\text{Poder} \neq \text{Potencia}$ . Por tanto, en esta situación la magnitud poder puede usarse como un recurso descriptivo- cognitivo diferente a la potencia, porque ni es igual, ni significa lo mismo que ella, aunque se expresan en iguales unidades.

Una generalización de la magnitud poder es dada en la ec (7):

$$(7) \quad \text{Poder} = \frac{X_1}{X_{20} + \sum_{i=1}^n X_{2i}} \cdot \text{Potencia} \in \mathfrak{R} \quad [W]$$

$$\forall \text{Potencia} \geq 0$$

$$X_{20} + \sum_{i=1}^n X_{2i} \geq -X_1, \quad \forall X_1 \geq 0$$

Donde:  $X_{20}$ , impermeabilidad (obstáculos) del ente o ser propio.

$\sum_{i=1}^n X_{2i}$ , impermeabilidad (obstáculos) que los entes

externos ejercen sobre el ente propio.

La posición de un ente propio que preserva (o intenta desarrollar) una existencia adecuada, es la de compensar con  $X_{20}$  las variaciones  $\sum_{i=1}^n X_{2i}$  que producen en él, los entes externos. Veamos esto:

Los entes externos tienden a hacer nulo a:  $X_{20} + \sum_{i=1}^n X_{2i} = 0$  para incrementar su poder sobre el ente propio; la posición conveniente del ente propio debe ser reajustar el poder del ente externo sobre él:

- Si este le provoca daño, aumentar el valor de  $X_{20}$  para anular o disminuir el poder del ente externo sobre él.
- Si este le favorece, variar el valor de  $X_{20}$  para que el poder del ente externo sobre él sea el deseado.



Como se observa, el poder de un ente externo sobre uno interno, no depende sólo del ente externo; sino también, de la disposición del ente interno de aceptar o no el poder del ente externo.

### **LA MAGNITUD PODER EN LA ENERGÉTICA**

La ec (5) sugiere que para alcanzar un poder es imprescindible un consumo de potencia; pero aclara, que si manejamos información completa, entonces el consumo de potencia es mínimo (casi nulo) para cualquier poder requerido por la tarea. Esto esclarece: un posible proyecto estratégico para la dirección de una empresa energética:

- 1°. Integrar (como un todo) en la magnitud poder a cada una de las magnitudes escalares de la empresa. Esto unifica a las magnitudes en una sola: en la magnitud poder.
- 2°. Una vez unificadas todas las variables de la empresa en una sola: en la magnitud poder es más fácil la comparación (porque todas se expresan en la misma unidad, en W), la comunicación y el intercambio entre las diferentes secciones de la empresa.
- 3°. La unificación de las variables de la empresa en la magnitud poder, permitirá a través de una misma magnitud, guiar las actividades de la empresa.
- 4°. Las magnitudes escalares expresadas en magnitud poder, facilitan un Enfoque Informático Unificado de la dirección de la empresa.

La ec (7) sugiere como variar los escollos propios de la empresa energética ante los “escollos externos” (barreras u oportunidades) para alcanzar los indicadores unificados necesarios.

### **CONCLUSIONES**

El trabajo ha establecido la magnitud poder, para que sirva de base en futuras aplicaciones. En él, se matematiza a la magnitud poder soportada en el método triádico de medición. La magnitud poder evalúa la transformación





producible por una información en un objeto, fenómeno o proceso; y en este sentido, no implica obligatoriamente imposición, o coerción.

El análisis de la magnitud poder revela que la información completa es cuantitativa y dimensionalmente igual al poder. Y que a información completa, el consumo de potencia es casi nulo para cualquier poder exigido en una tarea.

Las magnitudes escalares de un objeto, proceso o fenómeno se integran en la magnitud poder. Creando así, una base unificada de comparación en términos de la magnitud poder.

En la magnitud poder, se abandona el uso de la información y la potencia de forma aislada o como partes en el hombre, en la máquina o en la empresa. En su lugar: se integra primero en un sistema (como un todo) a la información y a la potencia en una magnitud: en la magnitud poder; y luego, se emplea como magnitud poder aprovechando sus propiedades.

La magnitud poder dado su rol positivo de guía en la toma de decisiones requiere para alcanzar un impacto social masivo, una aplicación masiva; y por tanto, exige que se le divulgue y socialice. En este sentido, es conveniente que sea contenido temático del Sistema Nacional de Educación.

En resumen: se impone divulgar y socializar la magnitud poder dado su carácter integrador y de guía; así como, fomentar un Enfoque Informático Unificado en magnitud poder de las actividades humanas; porque ambas cosas, optimizan el tratamiento de la realidad y coadyuvan a un desarrollo social integral armónico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Foucault, Michel (2002) *Vigilar y Castigar: nacimiento de la prisión.*- 1ª, ed.-Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.

García R. M. (2012). *Mecánica de la Complejidad.* Obra inédita.

Montbrun A. *Notas para una revisión crítica del concepto de “poder”* Polis, *Revista de la Universidad Bolivariana, Volumen 9, N° 25, 2010, p. 367-389*

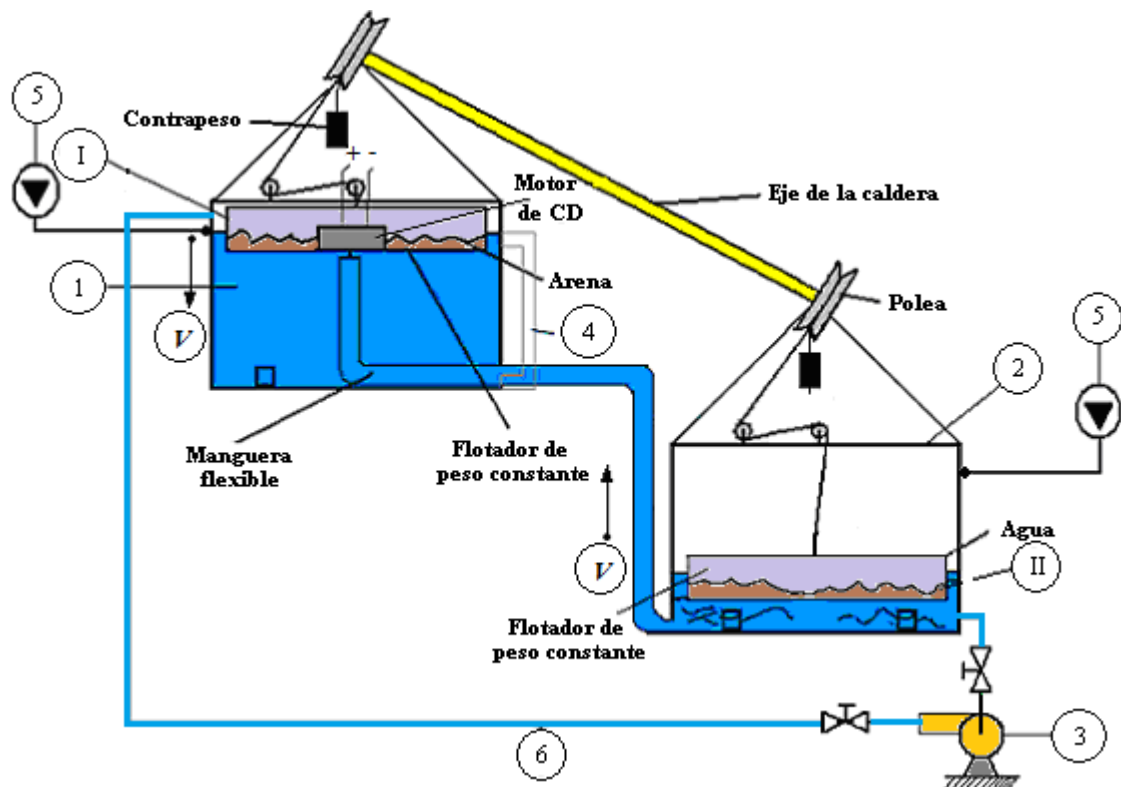
## Anexo C

### Detalles de Instalación de una Pareja de Hidroseguidores con Espejo Cilíndrico Parabólico

#### Descripción general de la instalación

Una central fotovoltaica con Hidroseguidimiento está compuesta primeramente por todos los dispositivos fundamentales que conforman un sistema fotovoltaico, entre los que se encuentran el sistema de captación conformado por las células y demás componentes que permiten la transformación de esta energía fotovoltaica, el inversor, sistema de acumulación, regulador de carga, entre otros [38].

Además de todos estos dispositivos el Hidroseguidor estará compuesto por (Figura 1) [39]:



**Figura 1.** Esquema de una pareja de Hidroseguidores con espejo cilíndrico parabólico.

Fuente: Adaptado de [39].

**❖ Eje de caldera**

Eje focal del espejo cilíndrico parabólico donde se ubica la caldera del espejo.

**❖ Caldera**

Zona tubular ennegrecida y efecto invernadero que capta la radiación reflejada por el espejo cilíndrico parabólico. Por su interior circula un fluido caloportador como aceite, agua u otro; o, la caldera puede estar orlada por fotoceldas de concentración.

**❖ Hidroseguidor 1 que trabaja por descarga libre de agua**

Recipiente con un flotador con carga que desciende a velocidad  $v$  constante al descargarse por gravedad el agua contenida en su interior. El flotador con carga acciona al fotocaptador a una velocidad compensadora sincrónica  $-\omega$  de la velocidad de rotación  $\omega$  de la tierra para mantener la condición inicial de enfoque.

**❖ Hidroseguidor 2 que trabaja por carga libre de agua**

Recipiente con flotador con carga (de iguales dimensiones que el anterior) ubicado en posición más baja que el Hidroseguidor 1; al recibir por gravedad el agua proveniente del Hidroseguidor 1 provoca el ascenso a velocidad constante  $v$  del flotador con carga y compensa en el fotocaptador a la velocidad de rotación  $\omega$  de la tierra.

**❖ Flotadores con carga**

Son dos flotadores de igual peso (constante) dentro de cada recipiente de los Hidroseguidores 1 y 2 que accionan al fotocaptador o a los fotocaptadores. En función al diseño, cada Hidroseguidor puede accionar a un fotocaptador; o ambos, pueden accionar a un solo fotocaptador.

**❖ Sensores de nivel en los tanques 1 y 2**

Permiten el control automatizado del nivel de ambos tanques: cuando el tanque 1 llegue a su nivel máximo desactivara la bomba

de recirculación; y comenzará de nuevo el proceso de seguimiento. Cuando el nivel del tanque 1 sea mínimo (vacío) y el del tanque 2, máximo (lleno): se conectará la bomba de recirculación hasta que se llene el tanque 1 y se vacíe, el tanque 2.

❖ **Medidor de nivel visual para el llenado del tanque 1**

Este permite a los especialistas tener una apreciación visual del nivel de agua existente en el tanque 1.

❖ **Tubería y válvula de retención**

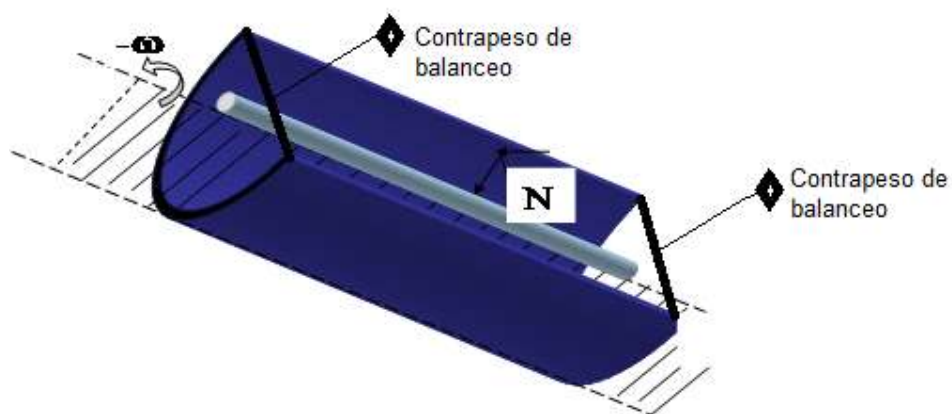
Es la tubería y la válvula que permiten la recirculación del agua y llenado del tanque 1.

❖ **Contrapeso de accionamiento**

Es un contrapeso conectado al extremo libre de la correa, que repone la posición de enfoque del fotocaptador, al desplazarse el punto de aplicación de la fuerza de empuje de oposición, ejercida en el otro extremo de la correa por el flotador con carga.

❖ **Contrapesos de balanceo**

Son dos pequeños contrapesos como se muestran en la Figura 2, que van unidos rígidamente a la polea en sentido contrario al espejo cilíndrico parabólico para lograr un equilibrio indiferente del espejo y reducir el consumo de energía en su accionamiento.



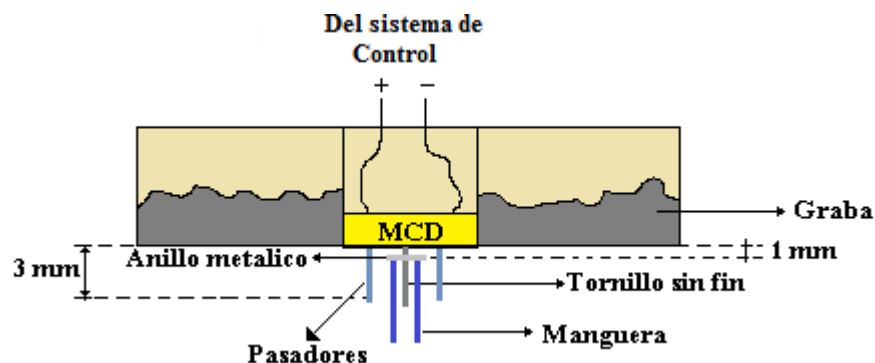
**Figura 2.** Contrapesos de balanceo para alcanzar un equilibrio indiferente del espejo cilíndrico parabólico. Fuente: Adaptado de [39].

### ❖ Polea

Es una polea (o dos) de radio  $r$  unida rígidamente al espejo cilíndrico parabólico. Por el centro de la polea pasa el eje focal (eje central de la caldera) del espejo cilíndrico parabólico. La correa que pasa por la ranura de la polea (o de las dos poleas, si accionamos por los dos extremos del espejo) es el enlace entre el flotador con carga y el contrapeso de accionamiento. Cuando el flotador con carga que trabaja por descenso se encuentra en la posición más alta en el Hidroseguidor 1, y por tanto, el contrapeso de accionamiento está en posición más baja: es imprescindible, fijar con un pasador la correa a la polea en su primer punto de contacto, para evitar que la correa patine en la ranura de la polea y se pierda el enfoque del fotocaptador.

### ❖ Motor eléctrico

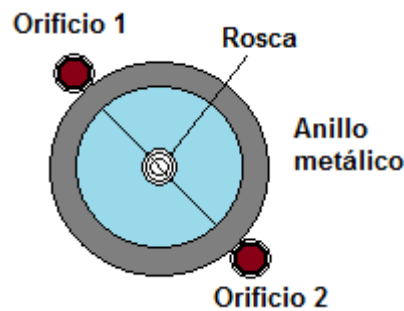
Un Motorcito de Corriente Directa (MCD) según se indica en la Figura 3, tiene su eje prolongado en forma de tornillo sinfín para acercar o alejar a la manguera de evacuación por orden del sistema de control, disminuyendo o aumentando, respectivamente, el gasto volumétrico de salida. Y controlando así, la velocidad de descenso del flotador con carga del Hidroseguidor 1; y por tanto, el enfoque del fotocaptador.



**Figura 0.** MCD que acciona la manguera de descarga para ajustar la velocidad  $v = Cte$  del flotador con carga. Fuente: Adaptado de [39].

### ❖ Manguera flexible

Es un conducto flexible de evacuación por gravedad que se curva sin partirse y abastece de agua al tanque 2 desde el tanque 1. Un detalle del direccionamiento y sujeción de la manguera al flotador se indica en la Figura 4.



**Figura 4.** Anillo metálico a la entrada de la manguera flexible. Fuente: Adaptado de [39].

Un anillo metálico (orlado con una junta de goma como sello) con dos orificios guía laterales, solidarios a una tuerca con rosca en el centro de la manguera permiten el ascenso o descenso de la manguera de evacuación. El MCD al rotar su eje roscado (en un sentido u otro producto de la acción de control) en la tuerca con rosca fija de la manguera, asciende o desciende la manguera, variando el flujo de descarga; y con ello, ajusta la velocidad de descenso del flotador con carga.

La manguera flexible con sus accesorios, montada, desplazada y accionada por el MCD desde el flotador con carga es una válvula hidráulica viajera de control. Esta válvula solo lo lleva el Hidroseguidor 1.

### ❖ Motobomba de recirculación del agua

Es una motobomba que trasiega el agua del tanque 2 al concluir el día de trabajo, al tanque 1 para crear las condiciones iniciales de seguimiento del próximo día. Se utilizan motobombas solo en sistemas que recirculan el agua de accionamiento. Cuando el agua es abundante o se necesita al concluir la tarde, no se recircula el



agua de accionamiento; y no se usa la motobomba, ni la tubería de retorno.

❖ **Materiales de construcción de la instalación**

1. El recipiente y el flotador pueden construirse de plástico, fibrocemento, aluminio u otro material semejante.
2. La carga del flotador puede ser arena, grava o agua.
3. El sistema mecánico de transmisión y la estructura soporte del fotocaptador puede ser de aluminio.
4. Las tuberías plásticas y/o de goma.
5. La base soporte de los Hidroseguidores pueden ser de cemento o de vigas de acero.

## Anexo D

### Esquema de la Máquina Cosechadora de Lechuguín del Embalse Amaluza

