

15 Idea de Proyecto para el Sector Recursos Hídricos.

15.1 Breve resumen del sector.

Cuba se encuentra formada por grandes y pequeñas islas, humedales, zonas muy húmedas y territorios áridos, montañas de distintas alturas y extensas llanuras costeras. Estos elementos se combinan con una compleja geología y con un clima tropical de régimen estacional, matizado por el azote frecuente de tormentas de gran capacidad pluvial y de sequías. Todos estos aspectos determinan la distribución espacio-temporal del agua en el archipiélago.

La lluvia es la única fuente de alimentación de los recursos hídricos (superficiales y subterráneos) en el país, siendo la causa fundamental de que estos sean limitados. El comportamiento de esta variable es estacional, con seis meses lluviosos (mayo-octubre), período donde suele caer alrededor del 80% de la lámina de lluvia anual, y otros seis meses (noviembre-abril) menos lluviosos, donde precipita el 20% restante.

Debido a la configuración larga y estrecha del archipiélago cubano, los ríos presentan pequeñas cuencas, cursos cortos y poco caudal. En total existen 563 cuencas fluviales, de ellas, sólo 14 superan el área de 1000 km². Los acuíferos más importantes, desde el punto de vista de la capacidad de almacenamiento, están distribuidos en el occidente y centro del país [26].

El potencial hídrico de las aguas subterráneas asciende a 6456 km³, aproximadamente el 77% del volumen total de esta agua se almacena en 86 unidades hidrogeológicas. De las unidades más importantes, 70 son abiertas al mar, por lo que más del 80% tienen problemas de intrusión salina [26].

Para el aprovechamiento del agua subterránea, existen en el país más de 30 000 pozos de explotación y se perforan como promedio un total de 1 200 cada año. Este alto número de obras hidráulicas prioriza el servicio a la agricultura e incluye importantes baterías de pozos para el suministro de agua a la población, aunque no se cumple con la demanda total nacional.

El fenómeno de intrusión salina es uno de los impactos más graves, pues la mayoría de los acuíferos en Cuba tienen comunicación directa con el mar, trayendo como consecuencia que las reservas de aguas subterráneas sean seriamente afectadas. Resulta entonces fundamental garantizar dichas reservas de agua subterránea y lograr que con su uso racional se asegure la disponibilidad hídrica en la población y la producción agrícola, esto último especialmente en los polos arroceros: Los Palacios (región occidental), Sur del Jíbaro (región central) y Vado del Yeso (región oriental). Todo ello a través del diseño y la explotación de pozos poco profundos para la extracción de agua y recarga del manto subterráneo.

15.2 Idea de proyecto para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

15.2.1 Introducción y antecedentes.

El sector Recursos Hídricos es, por su dependencia del clima, uno de los más vulnerables a cualquier anomalía en el comportamiento de este elemento de la naturaleza. La ocurrencia de fenómenos extremos, como las sequías y las grandes precipitaciones, impactan directamente la distribución espacio-temporal de las variables hidrológicas, y por tanto, a todas las actividades relacionadas con el agua.

En los países del área del Caribe, por su condición insular, el cambio climático tendría un impacto muy intenso en la fase terrestre del ciclo hidrológico, debido a que, además de los mecanismos puramente atmosféricos, también la circulación marina influye significativamente en los procesos climáticos relacionados con las variables hidrometeorológicas que participan en el balance hídrico de dicha región. Por ejemplo, al ser Cuba un archipiélago, se convierte en un país muy vulnerable ante el ascenso del nivel del mar y los cambios bruscos en los patrones de precipitación.

El efecto combinado del incremento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones, principalmente durante el período lluvioso, junto a resultados obtenidos en diferentes investigaciones realizadas en el territorio cubano, pronostican condiciones más secas que las actuales para los próximos años, provocando a su vez una disminución significativa del potencial hídrico del país, tanto superficial como subterráneo. Según los modelos climáticos, se espera una disminución de un 10% y un 20% en las precipitaciones para el 2050 y 2100 respectivamente [6].

Algunas de las afectaciones esperadas para el sector Recursos Hídricos debido a los cambios climáticos venideros son: el incremento de la demanda de agua por las actividades humanas y los ecosistemas naturales; el deterioro de la calidad del agua en los embalses y un déficit en los sistemas de abastecimiento; la reducción de las capacidades naturales de autodepuración de los cuerpos de agua; así como afectaciones a las estructuras hidráulicas y a las reservas de aguas subterráneas, lo que conllevará a una disminución de las condiciones higiénico-sanitarias de la población [5].

La vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático se reduce en la medida en que aumenta la capacidad de adaptación de un país. Por ello, en el Segundo Informe de País del INRH (2008) [26] se plantea que la estrategia de adaptación de Cuba deberá garantizar: el uso racional y la protección de los recursos hídricos; la introducción de prácticas adecuadas para el tratamiento de las aguas residuales a las corrientes superficiales; la reutilización de las aguas residuales tratadas en actividades compatibles; el aumento y diversificación de la disponibilidad del recurso; la elevación de la calidad de las fuentes superficiales y subterráneas; la renovación y elevación de la eficiencia de los sistemas tecnológicos y de gestión de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas.

15.2.2 Objetivos del proyecto.

El objetivo principal del proyecto es fundamentar un programa inversionista dirigido a la perforación, diseño y explotación de pozos poco profundos para favorecer la recarga del manto freático y asegurar la disponibilidad de agua ante los efectos del cambio climático, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la seguridad alimentaria de la nación.

15.2.3 Objetivos específicos:

- Contribuir a la implementación de la Política Nacional del agua, así como los programas de desarrollo hidráulico del país.
- Contribuir al uso racional y eficiente del recurso hídrico.
- Contribuir al uso eficiente de la infraestructura hidráulica existente en el país.

- Favorecer la disminución del estrés hídrico en los cultivos, apoyando así la producción de los alimentos necesarios en la nación y la disminución de importaciones de origen agrícola.

15.2.4 Productos y resultados.

El potencial hídrico del país asciende a 38 139 km³ al año, de ellos 31 683 km³ corresponden al escurrimiento superficial y 6 456 km³ a las aguas subterráneas. Del potencial total son utilizables 23 988 km³, de este un 25.2% pertenece a las aguas subterráneas. Alrededor del 80% del agua empleada para el suministro a la población proviene del manto freático. Existe un total de 223 presas, más de 800 micropresas, 11 estaciones de bombeo, 800 km de canales magistrales y 1 287 km de diques de protección contra inundaciones. Estas obras dan prioridad a la entrega de agua para el riego y el suministro a la población [26].

En la actualidad, las pérdidas en el sistema de distribución de agua constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto a la población cubana y a la economía. La pérdida estimada es de 1 011 millones de metros cúbicos, equivalente a 676 millones de pesos.

Al implementar esta tecnología se puede disponer de equipamiento y/o sistemas tecnológicos que permitirán:

- Disponer de equipos más eficientes para la perforación de pozos poco profundos,
- Implementar tecnologías que permitan monitorear el funcionamiento, las variaciones de caudales y niveles de las aguas,
- Implementar tecnologías para las determinaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas,
- Contar con un sistema más eficiente para la administración del recurso hídrico,
- Ofrecer oportunidades de capacitación al personal relacionado con todas las operaciones vinculadas al sistema hidráulico.

Los principales resultados esperados con la aplicación de este proyecto son:

- Mayor disponibilidad y calidad de agua en el país.
- Establecer un control eficiente para el manejo de la disponibilidad y calidad del recurso.
- Suministro eficiente de agua para la población y el sector agrícola.

15.2.5 Relación con el desarrollo sostenible del país y sus prioridades.

El proyecto contribuye al desarrollo sostenible del país pues garantizará el incremento de la disponibilidad y calidad del agua. Influirá en el logro de una mejor administración del recurso hídrico, así como en su preservación y protección, también en una mejora de las condiciones sanitarias, reduciéndose los impactos negativos en la población y la producción de alimentos.

Por otra parte el proyecto responde a los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución [2] relacionados con la política hidráulica del país: “(...) para enfrentar más eficazmente los problemas de la sequía y del uso racional del agua (...)”, “(...) con el objetivo de disminuir las pérdidas de agua en el mediano plazo (...)”, por lo que también favorece el desarrollo del programa hidráulico.

La implementación adecuada del proyecto, incrementará la producción en el país de productos agrícolas, contribuyendo a la sustitución de importaciones de este tipo. Además, es clave en el proceso de transferencia tecnológica, pues ofrecerá oportunidades de capacitación al personal relacionado con las operaciones vinculadas al sistema hidráulico.

15.2.6 Alcance del proyecto y vínculos con otros proyectos.

Esta propuesta se basa en estudios previos que se realizan periódicamente en el sistema hidráulico nacional, en el conocimiento de los costos de operación de pozos, así como en las diferentes formulaciones de programas inversionistas en el campo del diseño, estudio, perforación y validación de pozos para diversos usos (observación, recarga, suministro).

La correcta aplicación del proyecto propiciará el aumento de la capacidad de adaptación ante los efectos adversos del clima, pues se dirige a lograr una mayor disponibilidad de agua y a favorecer la recarga del manto freático. Abarcará desde los análisis y estudios hidrogeológicos, geológicos, geofísicos, de perforación y validación de diferentes tipos de pozos, hasta sus diseños y explotación. Esto incluye la verificación de los volúmenes estimados de extracción de agua, determinación de su calidad, así como el empleo de un sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga según el objetivo del pozo.

Este proyecto se orienta a sectores económicamente importantes para el país como el turismo y el sector agrícola, además cobra vital importancia para la población, que se abastece a partir de los acuíferos subterráneos. Tendrá un alcance nacional, por lo que se requieren recursos financieros en su implementación.

El mismo se vincula al Programa Nacional de Desarrollo Hidráulico [29], al Proyecto de Asociación de País (OP15) [30] relacionado con la desertificación, la sequía y el manejo sostenible de tierras, al Macroproyecto: “Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, para los años 2050 y 2100” [6] al Programa cubano de enfrentamiento al cambio climático [3] y a los resultados obtenidos para la 2da Comunicación a la CMNUCC [5].

15.2.7 Actividades del proyecto y calendario.

En la [tabla 15](#) se presentan las actividades para la ejecución del proyecto. En esta tabla se muestra un orden cronológico de las actividades, la duración de cada una de estas y la etapa correspondiente del proyecto.

Tabla 15. Actividades del proyecto y calendario para la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

No	Actividades del proyecto	Año 1												Año 2												Año 3											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Estudios de factibilidad económica	■	■	■	■	■																															
2	Adquisición de la tecnología																																				
3	Diagnóstico hidrogeológico, que incluye el conocimiento geológico y geofísico de la zona posible para perforación de pozos con diferentes objetivos: recarga, observación y explotación para diversos usos.						■	■	■	■	■	■																									
4	Desarrollo del programa de investigación en las áreas seleccionadas de mayor perspectiva hidrogeológica para la ubicación de los pozos.												■	■	■																						
5	Perforación de pozos con diferentes objetivos: recarga.																■	■	■																		
6	Evaluación hidrogeológica e hidroquímica para la validación de los diferentes pozos perforados.																		■	■	■																
7	Monitoreo y evaluación de indicadores de calidad de las aguas para la operación de cada tipo de pozo.																			■	■	■															
8	Suministro, construcción e instalación para la puesta en explotación de cada tipo de pozo.																				■	■	■														
9	Acciones de capacitación del personal que participa en la implementación del programa de construcción de pozos.																					■	■														
10	Acciones de fortalecimiento institucional para la implementación del programa y el aseguramiento de la operación y mantenimiento de los pozos.																						■	■													
11	Monitoreo y evaluación de la variación temporal de indicadores del nivel de las aguas subterráneas y su calidad durante la operación de cada tipo de pozo.																								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
12	Actualización del programa de desarrollo.																																				

15.2.8 Presupuesto y requerimientos de recursos.

A continuación en la [tabla 16](#) se muestran los costos del equipamiento necesario para el desarrollo del proyecto:

Tabla 16. Costos del equipamiento de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”.

Tecnología: “Perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”	Componentes	Presupuesto
Equipo para la perforación de	Equipo de perforación rotaria	288 000 USD
	Equipo de medición del nivel de las aguas subterráneas	5 900 USD
	Sensores para el análisis químico del agua	17 800 USD

pozos poco profundos.	Equipo geofísico de pozos	125 355 USD
	Equipo Estación Total para la referenciación geodésica y nivelación del pozo	18 000 USD
	GPS fijo o estacionario, GPS de navegación y software	25 870 USD
Equipamiento para verificar “in situ” los volúmenes estimados de extracción de agua y determinar su calidad.	Equipo de bombeo	25 070 USD
	Equipo de medición del nivel de las aguas	1 700 USD
	Equipo de muestreo vertical de las aguas	1 570 USD
	Laboratorio portátil para las determinaciones de los parámetros físicos y químicos de las aguas y su composición iónica.	25 070 USD
Sistema computarizado para establecer los regímenes de explotación, ya sea extracción o recarga.	Control automatizado, sensores para monitorear el funcionamiento, las variaciones de caudales y niveles de las aguas.	14 400 USD
Total		542 835 USD

A lo anterior se le debe sumar el valor que poseen las construcciones de pozos para distintos usos.

El costo por cada metro de perforación de pozos de diferentes tipos, instituido por la Empresa Nacional de Perforación y Construcción (ENPC), perteneciente al INRH, es de 1 130,00 pesos (Moneda Total), considerando que el 45% de su valor corresponde a la moneda libremente convertible (CUC). En este servicio interviene la perforación y el encamisado del pozo, así como su protección.

El costo por cada metro de perforación y el valor de la construcción de pozos para los diferentes usos según la ENCP, se muestran en la siguiente [tabla](#):

Tabla 17. Costo por cada metro de perforación y el valor correspondiente para la construcción de diferentes pozos, según la ENCP.

Tipos de Pozos	Profundidad (Media)	Costo por metro (moneda total)	Valor (45% de este valor corresponde a la moneda en CUC)

Observación	50	\$1 130	\$56 500
Recarga	15	\$1 130	\$16 950
Abasto (Población)	100	\$1 130	\$113 000
Agricultura	100	\$1 130	\$113 000
Total			\$299 450

También se debe sumar el valor de los estudios geológicos, geofísicos, hidrogeológicos y de laboratorio que se realizan en el proceso de construcción de cualquier tipo de pozo. Este se muestra a continuación, según la ENCP ([Tabla 18](#)):

Tabla 18. Valor de los estudios realizados en el proceso de construcción de cualquier tipo de pozo.

Estudios realizados para la construcción de cualquier tipo de pozo	CUP (Moneda Nacional)	CUC (Moneda libremente convertible)	Valor
Geología	67 773,12	17 826,90	\$85 600,02
Geofísica	18 958,00	4 711,00	\$23 669,00
Hidrogeología	41 171,77	9 420,23	\$50 592,00
Laboratorio	63 327,60	27 770,40	\$91 098,00
Total			\$250 959,02

15.2.9 Medidas complementarias

Para optimizar los resultados previstos en la aplicación de la tecnología “perforación, recubrimiento y diseño de la explotación de pozos poco profundos para extracción de agua o para la recarga del manto subterráneo”, se requiere del control de los niveles de los pozos de observación y de recarga del acuífero, el conocimiento sobre las precipitaciones tanto en intensidad como en duración en el área del proyecto, así como la revisión periódica de la calidad de las aguas para asegurar que el acuífero mantiene sus volúmenes de uso. Ello se traduce en la

existencia de una estación hidrometeorológica en el área, que permita conocer y valorar los fenómenos de relación directa con los pozos.

15.2.10 Posibles complicaciones y desafíos.

El área de negociación del financiamiento requerido para la ejecución del proyecto, es uno de los aspectos que pueden considerarse como sensibles para lograr su realización apropiada. Además, es importante realizar una selección adecuada del paquete tecnológico para lograr los objetivos esperados. A ello se le suma que la experiencia en tecnologías de punta, requiere de capacitación para lograr la sensibilización adecuada y una ejecución exitosa del proyecto.

15.2.11 Responsabilidades y coordinación.

La coordinación de este proyecto estará a cargo del INRH. El diseño y validación de los pozos poco profundos se realizará por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH).

La perforación de pozos es una de las misiones fundamentales del INRH, y se ejecutará a través de la Empresa Nacional de Perforación y Construcción. Esta última se encargará de la perforación, rehabilitación y mantenimiento de pozos para todos los fines, de la reparación de piezas, herramientas y accesorios para la perforación.