

Instituto Superior Minero - Metalúrgico
FACULTAD DE GEOLOGIA

TESIS DE GRADO

**Cálculo de las reservas de agua
subterránea de la Zona El Almirante
para el abasto a la ciudad de Bayamo**

Prof. Guía: Norberto Millán

Autor: Elena de las Mercedes Brull P.

HOLGUIN, MOA

1979

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION.....	4
CAPITULO I	
CARACTERISTICAS ECONOMICO GEOGRAFICAS DEL AREA	
1.1. Situación geográfica	6
1.2. Orohidrografía	6
1.3. Clima y Vegetación	7
1.4. Economía de la región	7
CAPITULO II	
GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	
2.1. Breve reseña histórica de los trabajos realizados anteriormente	9
2.2. Características geológicas de la región	10
2.2.1. Formación El Cobre	10
2.2.2. Formación Charco Redondo	10
2.2.3. Formación San Luis	10
2.3. Características geológicas del área de estudio	11
CAPITULO III	
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS	
3.1. Condiciones hidrogeológicas de la región	12
3.1.1. Complejo acuífero de los sedimentos del Paleoceno Eoceno Medio	12
3.1.2. Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados del Eoceno Medio	12
3.1.3. Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno Medio superior oligoceno	13
3.1.4. Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno	13
3.1.5. Complejo acuífero de los sedimentos del Plioceno - Cuaternario	13
3.2. Condiciones hidrogeológicas de la zona de estudio	15

CAPITULO IV

COMPOSICION QUIMICA Y BACTEREOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....19

CAPITULO V

VOLUMEN Y METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

5.1- Trabajos de Campo.....21
5.2- Trabajos de Gabinete.....22

CAPITULO VI

CALCULO DE LAS RESERVAS DE AGUA SUBTERRANEA.

6.1 - Cálculo de los Parámetros hidrogeológicos.....23
6.1.1- Coeficiente de Conductividad.....23
6.1.2- Coeficiente de Filtración.....23
6.1.3- Coeficiente de Almacenamiento.....24
6.1.4- Radio de influencia.....24
6.2 Cálculo de Reservas de explotación.....25
6.3 Características de la actual toma del acueducto....28

CAPITULO VII

EVALUACION DE LOS TRABAJOS REALIZADOS ANTERIORMENTE.....29

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....31

RESUMEN

El trabajo realizado "Valoración de las reservas de agua subterráneas de la zona El Almirante para abasto a la ciudad de Bayamo", tuvo como objetivo el estudio del área perteneciente al acueducto Bayamo con el fin de estudiar el caudal de agua necesario en las actuales tomas, así como en las futuras obras que se llevarán a cabo para incrementar el gasto y resolver los problemas actuales y futuros que se presenten en la Ciudad de Bayamo.

En el presente trabajo se analizó la calidad química y bacteriológica de las aguas. Según la fórmula de Kurlov las aguas se clasifican como hidrocarbonatadas cloruradas cálcicas sódicas e hidrocarbonatadas cloruradas cálcicas magnesianas.

La calidad bacteriológica en la actual zona de explotación es satisfactoria.

La mineralización presente en las aguas del área de estudio varía desde 0,1 g/l hasta 1,1 g/L.

El movimiento de las aguas subterráneas es del SE-NW alimentándose éstas fundamentalmente de las corrientes superficiales.

Para el cálculo de las reservas de agua subterránea fueron utilizados los datos obtenidos del aforo realizado al pozo No. 90, situado en la tercera terraza del río Bayamo.

Se calcularon los parámetros hidrogeológicos:

Coeficiente de conductividad, radio de influencia, coeficiente de filtración y coeficiente de almacenamiento

Finalmente fueron calculadas las reservas de explotación y dadas las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

El presente trabajo consta de:

34 páginas, 4 tablas y 9 anexos gráficos.

INTRODUCCION

El desarrollo impetuoso del País y en particular las perspectivas que se abren con la implantación de un gran número de Industrias y desarrollo Social en la Ciudad de Bayamo, - Capital de la Provincia Granma implican necesidades de agua imposibles de resolver con las actuales capacidades de agua disponibles en la misma.

Tras finalizar el curriculum establecido por el Ministerio de Educación Superior para la carrera de Ingeniería Geológica e Hidrogeología se plantea ante el graduando la realización de un trabajo de diploma para la obtención del mencionado título.

Conjugando ambas situaciones la autora de éste trabajo comenzó el primero de Octubre de 1979 el cálculo de las reservas de agua subterránea de la Zona "El Almirante" para el abasto a la Ciudad de Bayamo. Este se realizó bajo la guía de los Ingenieros Norberto Millán y José Sanjurjo.

La parte fundamental de éste trabajo hubo de realizarse en los meses de Noviembre a Enero (período de seca) por lo que desde el punto de vista hidrogeológico conocemos que los resultados que se ofrecen no son definitivos pero sirven como una guía de las posibilidades mínimas de los gastos determinados en el pozo No. 90.

Este trabajo de diploma consta de ocho capítulos de los cuales se relacionan a continuación un breve resumen.

Capítulo I

En él se trató sobre las características económicas, situación geográfica, orohidrografía, clima y vegetación, como material gráfico el Plano de Ubicación Geográfica.

Capítulo II

Este capítulo trata de la geología de la zona de estudio. Se hizo una breve reseña histórica de los trabajos o estudios realizados anteriormente, se dieron las características geológicas del área de estudio. En dicho capítulo se confeccionó el Mapa geológico del área.

Capítulo III

Trata de las condiciones hidrogeológicas analizándose las condiciones hidrogeológicas de la región y las características hidrogeológicas del área de estudio, analizándose los resultados de los análisis químicos y bacteriológicos para determinar la calidad del agua para abasto, así como los materiales gráficos correspondientes a este capítulo, como es el mapa de hidroisohipsas, el cual me da la dirección de las aguas subterráneas, fuente de alimentación y descarga de las mismas, también se confeccionó el mapa de la red hidrográfica del área.

Capítulo IV.

Este capítulo trata sobre la composición química y bacteriológica del agua para consumo humano determinándose el tipo de agua según la fórmula de Kurlov, así como la dureza de las mismas y su mineralización.

También fue confeccionada una Tabla que recoge los resultados de los análisis químicos.

Capítulo V.

Trata del volumen y metodología de los trabajos realizados: Trabajos de Campo, y trabajos de Gabinete, de los cuales dependió la confección de este trabajo de Diploma.

Capítulo VI.

Trata sobre el cálculo de las reservas de agua subterránea determinándose en el lo siguiente:

Cálculo de los parámetros hidrogeológicos, cálculo de las reservas naturales y cálculo de las reservas de explotación, así como el gráfico de los aforos utilizados.

Capítulo VII.

Este capítulo trata de la Evaluación de los trabajos anteriormente realizados, analizándose solamente los trabajos realizados hasta 1977, ya que desde esta fecha hasta finales de 1979 y principios del 1980 no fue realizado otro trabajo de Diploma.

Capítulo VIII.

En éste se dan las conclusiones y recomendaciones del trabajo, los cuales han sido posibles debido a la culminación de dicho trabajo.

Este trabajo ha tenido una duración de 4 meses, la realización del mismo se ha visto afectada por retrasos considerables en la realización de los aforos ubicados en el área de las investigaciones.

Para la realización de éste informe se ha contado con la colaboración del Instituto de Hidroeconomía de la Provincia Granma.

Agradecemos particularmente la ayuda prestada por el guía de éste trabajo Ingeniero Norberto Millan.

CAPITULO I

Características Económico-Geográficas del Área.

I.1- Características físico-geográficas de la Región.

Esta Provincia está conformada en casi toda su extensión por las Regiones naturales siguientes:

La llanura del Cauto- Guacanayabo una de las más vastas del País a la cual divide en dos partes Norte y Sur, el Río Cauto, el más largo de toda la isla.

En la porción más Occidental dicha llanura tiene por límites el Golfo de Guacanayabo que en el vértice del ángulo que forma, presenta una extensa Ciénaga Litoral, a través de la cual desemboca el Río Cauto.

Los vientos característicos de esta zona son los alisios del Nor Oeste que llegan algo debilitados al ser perturbados por el relieve en su curso hacia el interior.

En esta zona se producen entre otros, tipos de lluvias convectivas producto del ascenso de masas de aire caliente que a cierta altura se enfrían condensándose el vapor de agua que se precipita con posterioridad a otros procesos, en forma de lluvia.

Además de las lluvias convectivas contribuyen al aumento de las precipitaciones los ciclones, así como los Nortes en épocas de invierno.

El área de estudio pertenece a la Provincia Granma, se encuentra ubicada al Sur de la Ciudad de Bayamo a la margen del Río Bayamo geomorfológicamente coincide con su mayor área con las diferentes terrazas existentes en la margen derecha del río Bayamo, ocupando un área aproximada de 80 km².

Los límites naturales de la zona en cuestión son:

Al Norte: La Ciudad de Bayamo y la Carretera Central Bayamo-Santiago.

Al Este : La carretera que une a Guisa con la Carretera Central

Al Oeste y al SurOeste está limitada por el río Bayamo y el arroyo Copenicú.

Las coordenadas del área de estudio son:

N : 180,000 - 191,000

E : 518,000 - 525,000

I.2- Orohidrografía.

La cuenca del río Bayamo forma parte de la Cuenca del Río Cauto- extendiéndose la primera hasta el cierre de las Coordenadas:

N: 188,000 y E: 519,000, al Sur de la Ciudad de Bayamo y hasta las Estribaciones de la Sierra Maestra. Según la dirección Este-Oeste ocupa desde la cuenca del Río Cauto hasta la cuenca del Río Mabay con un área de 504 km²

Hacia el Sur la zona presenta un carácter típico montañoso con elevaciones superiores a los 1200 ms., en esta zona las laderas poseen una gran pendiente y se manifiesta una amplia red de cañadas y arroyos temporales y donde tiene también su nacimiento el río Bayamo.

El área de estudio posee un relieve llano cuya mayor parte está representada por la tercera terraza del río Bayamo, con calas sobre el nivel del mar de 60-89 ms., aunque también ocupa de forma menos significativa la primera y segunda terraza.

La única corriente superficial importante presente en el área de estudio es el río Bayamo el que tiene su nacimiento en las Cordilleras de la Sierra Maestra a unos 1000 ms, sobre el nivel del Mar, teniendo como afluentes los ríos Guisa, Guama, Oro de Bayamo y el río del Diablo, el primero corre en dirección Sur Norte y los restantes aproximadamente del Sureste a Noroeste dentro de los cuales los principales afluentes lo constituyen el río Guama y el río Guisa.

Entre los arroyos que desembocan en el río Bayamo están los siguientes: Arroyo Saladó, Arroyo Manegua, Arroyo Copenicú y otros, todos de carácter temporal.

I.3-Clima y Vegetación.

El Clima presente en la zona es un clima tropical y está sometido a la acción de los vientos alisios del Sureste y del Este Noreste en Verano.

La temperatura fue tomada de datos obtenidos en la estación de Babi - ney cuyas coordenadas Lambert son: N: 206,500 y E: 535,000.

Las temperaturas medias de mayor magnitud corresponden a los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto y los valores mínimos en los meses de Noviembre a Marzo.

Por la distribución de las precipitaciones en el año se determinan dos períodos, uno de seca y otro de lluvia. En el primero de acuerdo con los datos registrados en los pluviómetros de Mabay, Malvango y la Bayamesa, cuyas coordenadas Lambert son respectivamente.

N: 188,500 - E: 506,000, N: 190,600 - E: 512,100

Y N: 196,400 - E: 517,600, incluye los meses de Noviembre a Abril y el segundo de Mayo a Octubre.

Los valores de las precipitaciones recogidas en las estaciones pluviométricas antes mencionadas no exceden a los valores medios de la evaporación para la misma zona lo que se justifica porque estas incluyen la evaporación de las aguas superficiales represadas y naturales, así como la evapotranspiración.

La vegetación está representada por Arbustos y malezas en las zonas más elevadas y en las zonas más llanas que ocupan la mayor parte de la región se encuentran siembras de pasto y otros cultivos como la caña de azúcar y el arroz.

I.4-Economía de la Región

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia Granma y pertenece al Municipio Bayamo.

La economía de la región es principalmente agropecuaria, predominando el cultivo de arroz y el de caña de azúcar y alcanzando gran desarrollo la ganadería fundamentalmente en los alrededores de Bayamo.

En lo referente a la Industria, la ciudad de Bayamo está representada por la Fábrica de Productos de Cerámica Roja, la Fábrica de Productos Lácteos "Nestle", la Posteurizadora "El Alba", la Industria Sarena y II procesadoras de la Fibra del Renaf, la Industria de Materiales de Construcción, la Fábrica de Helados y además el Central Arquímedes Colina que pertenece al Municipio de Bayamo.

La red de Comunicaciones de la Provincia está compuesta principalmente por la carretera Central Bayamo- Santiago de Cuba, la carretera Bayamo-Manzanillo-Niquero, la carretera que une a Bayamo con Holguín y la carretera Central Bayamo-Las Tunas.

La Ciudad de Bayamo cuenta con un Aeréopuerto que enlaza mediante vuelos la Ciudad de Bayamo con La Habana. Además existen vuelos de Bayamo a Pilon, el cual comenzó a funcionar recientemente.

Con respecto a la Población de la Provincia Granma tenemos, atendiendo a su residencia la siguiente:

Población Urbana : 288,630

Población rural : 434,936

Total habitantes : 723,566

La Ciudad de Bayamo cuenta con 141,095 habitantes, según datos del 31 de Diciembre de 1976.

CAPITULO II

Geología de la zona de Estudio

2.1- Breve reseña histórica de los estudios realizados anteriormente.

Los trabajos geológicos efectuados en el área fueron:

- En el año 1944 Woodring, W.P y Daviess, S.N publicaron su Geology and Deposits of Guisa - Los Negros, area Oriente, en el Bulletin of the United States Geological Survey en el número -- 9356.
- En el año 1950 el Dr. Becrwann realizó el trabajo "Biostratigraphic Report on Samples Collected by M.T Rozary. in the Bayamo - area.
- En el año 1950 G.R Serrien publicó "Geology of Bayamo Area; Oriente Province Cuba".
- En el año 1955 la Cuban Venezuelan Oil Voting Trust hizo el trabajo " Stratigraphic Report"
- En 1972* un equipo soviético integrado por Alexeev N, Somagulov R. Popov V. y Runsiij realizó el "Informe técnico Económico para el desarrollo del riego de la zona Bayamo-Manzanillo.
- En el año 1975 el graduando Rolando Carratge realizó en su trabajo de diploma "La evaluación hidrogeológica de interfluvio - Bayamo-Mabay,
- En el año 1977 los graduandos Nalia Escalona y Manuel Hernández realizaron su trabajo de diploma "Análisis preliminar de las condiciones hidrogeológicas en gran parte de la Provincia Granma.
- En 1977 también fue realizado un trabajo en nuestra actual Zona de estudio por el graduando Ricardo Oliva titulado "Valoración de las reservas de agua subterráneas con el objetivo de ampliar la toma del acueducto Bayamo."
- En el año 1978 los graduandos Iraida Rivera M. y Carlos Lloréns B. realizaron el trabajo de diploma "Análisis preliminar de las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del Cauto en la Provincia Granma.
- Fue realizado en la Provincia Granma el siguiente trabajo:

Proyecto sobre la red básica de obras hidrogeológicas en la Provincia Granma para el período 1976 - 1985.

2.2- Geología de la región.

La región en la cual está enmarcada nuestra área de estudio pertenece a la gran Cuenca del Cauto, la cual se caracteriza desde el Paleógeno por movimientos de ascenso y descenso ocurriendo intensa sedimentación hasta la actualidad, dicha Cuenca está representada por sedimentos del Cuaternario.

Los sedimentos más antiguos pertenecen al Paleógeno inferior (Pg.1) encontrándose al Sur y Sureste de la región. Estos sedimentos han sido cortados por perforaciones a diferentes profundidades.

Las Rocas están representadas por sedimentos de diferentes edades

-Sedimentos pertenecientes al Paleógeno.

Dentro de estos tenemos sedimentos del Oligoceno.

-Sedimentos del Neógeno

-Sedimentos del Plioceno Cuaternario

-Sedimentos del Cuaternario

Sedimentos del Paleógeno. Dentro de estos sedimentos encontramos los siguientes formaciones geológicas:

- Formación: El Cobre

- Formación: Charco Redondo

- Formación: San Luis

Formación El Cobre.

Aflora en la mayor parte de la Sierra Maestra en nuestro caso está presente en la Provincia en el área de Guisa "Los Negros". Esta formación ha sido cortada por perforaciones realizadas por compañías extranjeras en la búsqueda de petróleo y gas.

La litología de la formación El Cobre es muy variada incluye lava volcánica, materiales tabáceos, aglomerados de material andesítico pequeñas proporciones de calizas tabáceas, areniscas, margas.

Formación Charco Redondo:

Aflora en la región Guisa-Los Negros, en la Caridad al Sur de la Ciudad de Bayamo.

Litológicamente está formada por calizas margosas, margas y conglomerados costeros con matriz calcárea. La caliza de esta formación se caracteriza por su gran resistencia a la erosión.

En las márgenes del Río Bayamo aparece en forma masiva.

Esta formación tiene gran importancia económica por contener los más ricos depósitos de Manganeso de la Provincia.

Formación San Luis:

Aflora hacia el Sur de la región.

El Miembro conglomerático "Camarones" de la FM San Luis tiene una amplia extensión superficial en la Cuenca del Cauto.

Litológicamente está compuesta por: Areniscas, Aleurolitas y conglomerados.

Aclaremos que esta formación no aflora en nuestra área de estudio sino hacia la desembocadura del Río Bayamo.

2.3.- Estructura geológica de la Zona de Estudio.

Nuestra zona de estudio se encuentra situada en la pendiente Sur de la depresión del Cauto, en los límites de la llanura Aluvial-Proluvial que colinda con la pendiente Noroeste de la Sierra Maestra.

Directamente en la zona de estudio están desarrollados los sedimentos aluviales contemporáneos, los cuales forman las tres terrazas de erosión-acumulativa del río Bayamo.

El espesor total del complejo de rocas aluviales de acuerdo con los datos preliminares es de 45.0-55.0 Ms.

La primera terraza del río Bayamo limita directamente con el cauce del Río, el cual después del escurrimiento tiene una anchura de 50,0-100,0 Ms.

La terraza del cauce está formada principalmente por sedimentos guijarrosos gravosos.

La segunda terraza del Cauce, en la cual está situada la toma actual de agua, excede a la terraza del cauce de 2-4 Ms. y tiene una cota absoluta de +45- +42,00! metros.

Desde el punto de vista litológico los sedimentos de la segunda terraza de la margen a partir de la superficie están representadas por un espesor de 3-4 Ms. de arcilla arenosa o arena-arcillosa pesada de color pardo amarillento que contiene poco canto rodado y grava. Estos sedimentos arcillo-arenosos subyacen a las rocas gravoguijarrosas con mezcla de arena de grano pequeño, las cuales, es posible se relacionen con los sedimentos de la tercera terraza.

El espesor de los sedimentos gravo guijarrosos varía en amplios rangos desde 6-8 hasta 16 Ms. e incluso 30.0 Ms.

Los sedimentos gravo-guijarrosos a su vez subyacen a la capa de arcillas aluviales de color amarillo con un espesor de 10-15 Ms.

Los últimos tienen un color amarillo claro y contienen gran cantidad de concreciones calcáreas, intercalaciones de arena, canto rodado pequeño y grava.

La arcilla del complejo de sedimentos aluviales según datos de las perforaciones se transforma en arcilla del Mioceno, viscosas de un color gris azulado, las cuales a su vez contienen una capa con un espesor de 4-6 Ms. de arenas acuíferas de grano medio.

El espesor visible de los sedimentos del Mioceno es de 25.0 -- 30.0 Ms.

En pendientes cortadas de la tercera terraza de la margen con costas absolutas de +50 Ms. en la cual está situada la Ciudad de Bayamo, afloran sedimentos arcillo-arenosos (arcilla arenosa pesada y arcilla) en la parte superior del corte de esta terraza.

Los últimos están bastante manifestados en el corte de los sedimentos aluviales y tienen un espesor de 10-15 Ms.

CAPITULO III

3.1.- Condiciones hidrogeológicas de la región.

Para la descripción de diferentes acuíferos presentes se toma como base el informe técnico-económico del desarrollo del riego en la zona Bayamo-Manzanillo I.T.E Bayamo-Manzanillo. De cuyo análisis se plantea la existencia de los siguientes complejos acuíferos.

- Complejo acuífero de los r. vulcanógenas sedimentarias del Paleoceno-Eoceno₂. (Pg.1-Pg.2)
- Complejo acuífero de los sedimentos Carbonatados del Eoceno₂ (Pag. 2)
- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno₂₋₃ - Oligoceno (Pg.2⁽²⁻³⁾ Pg.3)
- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno
- Complejo acuífero de los sedimentos del Plioceno-Guaternario. (N₂-Q)
- Complejo acuífero de los sedimentos vulcanógenos sedimentarios del Paleoceno-Eoceno₂ (Pg.1-Pg.2²)

Está formado litológicamente por las rocas de la F.M El Cobre : Tobas, Areniscas Tobáceas, aglomerados tobáceos, tomándose estos como las rocas acuíferas del complejo cuya acuosidad están en función del grado de agrietamiento que presentan los mismos.

Estas afloran al Sureste de la región, en las zonas onduladas pre-montañas.

La Alimentación se produce a expensas de la infiltración de las aguas superficiales, la que está representada por una densa red de arroyos y ríos, además de las precipitaciones atmosféricas y drenan principalmente hacia el complejo acuífero del Eoceno -- (Pg.2²), aunque en épocas de seca la descarga se efectúa hacia los ríos.

Este complejo acuífero presenta una mineralización que oscila entre 0.1-1 gr/L. Clasificándose según la fórmula de Kurlov como hidrocarbonatada-clorurada-sódica-magnésica, yaciendo entre 5 y 20 Ms. de profundidad, en dependencia de las características del relieve.

El gasto se supone no sobrepase de 1-2 Lt/seg.

- Complejo acuífero de los sedimentos carbonatados del Eoceno Medio (Pg.2)

El complejo acuífero de los sedimentos carbonatados del Eoceno-Medio (Pg.2) aflora al Sureste y coincide con las rocas de la F.M Charco Redondo.

Las rocas acuíferas están representadas por calizas agrietadas, calizas cársicas y calizas estratificadas.

La alimentación se produce a expensas de la infiltración de las aguas superficiales y parcialmente por la filtración de las aguas subterráneas contenidas en el horizonte acuífero vulcanógeno sedimentario del Paleoceno Eoceno 2 (Pg.2-Pg.1) y sus aguas van a descargar al complejo acuífero del Plioceno Guaternario y los ríos Bayamo, Guisa y Cautillo en épocas de seca. La mineralización oscila entre 0,1 gr./L. y raramente de 1-3 gr/L. y por su composición química las aguas son hidrocarbonatadas cloruradas sódicas. La profundidad a que se encuentra el nivel del agua está en el rango de los 5-20 Ms, presentándose los valores mayores en las zonas con cotas más elevadas.

- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Eoceno 2-3-Oligoceno.
(Pg 22-3 -Pg 3)

Este complejo aflora en las cercanías del Poblado Bueycito.

Las rocas acuíferas están representadas por calizas, calizas arcillosas y areniscas, estando su alimentación muy relacionada a las aguas contenidas en horizontes acuíferos situados a una mayor altura topográfica, aunque fundamentalmente mantienen interrelación hidráulica con las aguas superficiales de donde se desprende que su descarga ocurrirá hacia los ríos y hacia el complejo acuífero Plioceno-Cuaternario.

La mineralización presente en estas aguas es de 0-3 gr/Lt., aunque localmente se manifiesta mayor de 3 gr/Lt. lo que puede deberse a la presencia de aguas de grietas filoneanas.

La profundidad de yacehcia al igual que en las aguas de los complejos acuíferos ya mencionados está en función del relieve y oscila entre 5-20 Ms. de profundidad.

- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno

El complejo acuífero de los sedimentos terrígenos del Mioceno bordea por el Este a los sedimentos carbonatados del Mioceno.

Las rocas acuíferas se encuentran formadas por areniscas poco cementadas y marga.

Posee una cubierta de gran potencia de sedimentos del Plioceno-Cuaternario. Su alimentación ocurre por la filtración de las aguas -- provenientes de los complejos acuíferos carbonatados del Mioceno y de los sedimentos terrígenos del Eoceno medio-superior-Oligoceno y que posee una mayor cota topográfica. Las aguas son hidrocarbonatadas sódicas, cloruradas sulfatadas sódicas e hidrocarbonatadas cloruradas magnésicas con una mineralización muy variable que oscila entre 0.2-3 gr/Lt.

- Complejo acuífero de los sedimentos del Plioceno-Cuaternario.
(N₂-Q).

El complejo acuífero que mayor distribución presenta es el de los sedimentos aluviales del Plioceno-Cuaternario.

Litológicamente está formado por intercalaciones y lentes de areniscas de diferentes granulometría y arenas arcillosas con inclusiones de gravas, guijarros, cubiertas casi en su totalidad por capas de arcillas arenosas y arcillas con una potencia de 5-10 Ms. y a veces mas que provoca un retardamiento en la incorporación de -- las aguas superficiales al acuífero.

La alimentación ocurre fundamentalmente desde los sedimentos del Mioceno y Paleógeno situados más al Sur a una mayor altura sobre el nivel del Mar y con una mayor permeabilidad lo que permite su interrelación con las aguas superficiales.

La descarga se produce en los ríos, pantanos, lagunas y en el mar.

Según la formula de Kurlov las aguas son hidrocarbonatadas cloruradas, sódicas magnesianas y en menor grado cloruradas sulfatadas sódicas.

Los gastos promedios varían de 20-50 Lt/Seg. con un descenso de 10 a 20 metros y en algunos casos de 40 metros, a veces alcanzan -- 85 Lt./Seg. con un descenso de 39,5 metros.

En general el estudio hidrogeológico en la región es bajo, los complejos presentan un carácter freático, aunque en ocasiones se presentan presiones locales. El movimiento de las aguas subterráneas tiene una dirección N-N O con un drenaje hacia el Río Cauto y el Golfo de Guacanayabo.

3.2.- Condiciones hidrogeológicas de la zona de estudio

Esta zona se caracteriza por una distribución general de las aguas subterráneas que coincide principalmente con los sedimentos gravo-guijarrosos aluviales.

En dependencia de las condiciones geomorfológicas y de la superficie hipsométrica, la profundidad de yacimiento del nivel de las aguas subterráneas varía desde 9,0-16,0 Ms. (en la tercera terraza del río Bayamo) y hasta 4-0-6.0 Ms. en la segunda terraza.

A veces las aguas subterráneas descubiertas bajo la capa de arcilla arenosa y arcillosa en la III terraza de la margen poseen presiones locales, cuyas magnitudes alcanzan de 4-5 metros.

La alimentación de las aguas subterráneas es efectúa a través de corrientes superficiales (río Bayamo y numerosos arroyos temporales) y en menor grado de las precipitaciones atmosféricas ya que la infiltración calculada presenta un valor de 0,0015^{glo} lo que me indica por lo pequeño de éste valor que las fuentes principales de alimentación son superficiales, aunque en épocas de secas las aguas subterráneas alimentan las corrientes superficiales.

El movimiento de las aguas subterráneas es en general del SE - NO, aunque en algunas zonas esta dirección varía según se puede apreciar en el anexo No. 5. Consideramos que éste se produzca por la presencia al Norte del área de estudio de grandes espesores de arcilla por lo cual las aguas subterráneas tienden a buscar zonas más favorables para su circulación.

También se observa en el Anexo No. 5 un cono de depresión en el comportamiento de las hidroisohipsas debiéndose esto a que en esta zona los pozos en su mayoría son sometidos a explotación.

TABLA NO I

No.	Coordenadas		Prof. Total (M)	Ø (M)	Q (l/Seg)	S (M)	Min. Total	N.E 8-11-79
	Pozo	V						
13	189,300	521,625	8,10	1,20				6,75
14	185,500	521,125	21,80	1,70				7,10
15	183,100	512,126	72,40	0,40				7,88
16	186,050	524,950	78,00	0,40				9,20
24	181,550	525,050	30,00	1,25			0,9	4,33
26	183,900	525,100	40,00	0,35				7,80
27	185,050	524,025	13,70	1,20				11,20
35	182,050	526,050	15,45	1,20				9,07
37	185,355	521,255	40,00	0,40	1,47	7,00		4,38
42	183,400	528,020	14,17	1,70				4,10
47	182,950	526,850	72,00	0,40				4,60
74	185,400	521,200	18,00	1,40				7,80
75	185,250	520,450	14,30	1,30				8,63
76	185,100	519,600	15,65	1,45				5,30
77	188,900	520,200	64,00	0,40			0,4	4,10
78	189,550	519,850	67,00	0,40			0,3	4,11
81	188,300	519,835	48,00	0,40			0,4	7,20
82	189,400	519,950	35,00	0,40	16,80	8,7	0,2	3,60
85	186,050	520,100	15,90	1,25				6,64
89	188,450	523,900	13,00	2,00				10,12
90	185,200	520,950	11,70	1,25	12,00	26,04		7,94
91	187,000	523,725	14,42	1,50				12,70
93	194,325	523,750	15,40	1,50				13,95
94	197,900	523,375	18,00	1,25				8,00
95	188,800	524,175	13,75	1,50				9,48
96	186,100	520,200	31,00	0,35				6,65
199	185,850	519,500	34,00	0,50	2,34	6,15	1,0	6,60
102	188,200	522,550	36,00	0,50	5,55	10,00		5,50
116	183,550	522,200	38,00	0,40	7,20	8,28		5,50
117	184,020	523,050	30,00	0,50			0,8	5,50
118	183,030	523,010	15,00	0,50				5,20
119	182,550	522,900	34,00	0,40				7,45
124	188,700	520,050	30,00	0,50				4,50
125	185,650	521,800	31,00	0,50				4,05
126	186,050	521,050	35,00	0,50				2,50
129	189,950	521,100	33,20	0,40				5,50
274	187,500	519,550	85,00	0,12				4,20
312	187,700	519,500		0,12				5,04
313	187,050	519,600		0,12				4,25
314	186,800	519,400		0,12				4,18

TABLA N.º 2
niveles estaticos

m e s e s	años					
	1974	1975	1976	1977	1978	1979
	1	4.66	6.48	5.00	16.35	6.20
2	4.50	6.50	5.10	14.40	4.50	4.20
3	4.70	7.00	5.28	13.10	6.55	4.25
4	4.74	7.68	7.81	14.20	7.20	5.60
5	4.70	7.00	7.42	13.00	7.70	5.50
6	4.72	6.50	7.55	11.00	6.95	4.20
7	4.75	5.30	7.80	10.20	5.75	4.50
8	4.80	5.00	7.95	9.70	5.40	4.60
9	4.50	4.80	8.10	7.70	5.52	4.05
10	4.43	4.44	8.70	6.75	3.60	4.10
11	4.40	5.50	8.86	5.58	4.20	4.50
12	4.40	6.25	4.74	5.50	4.00	4.10

POZO No 42

meses	TABLA No 3 precipitaciones (mm)						18
	AÑOS						
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	
1	22.5	0.0	41.0	0.0	49.6	0.0	
2	21.2	15.8	41.0	64.4	71.6	77.0	
3	61.5	14.5	0.0	0.0	61.2	108.0	
4	59.2	0.0	58.0	11.6	103.6	297.0	
5	127.8	156.7	137.6	311.1	142.7	140.6	
6	254.3	356.3	90.4	188.7	163.0	334.0	
7	195.6	84.1	35.5	0.0	152.0	76.8	
8	132.5	97.8	92.4	77.1	125.1	73.0	
9	92.9	88.6	206.4	109.7	72.2	230.7	
10	193.6	154.4	10.3	129.3	201.1	163.0	
11	18.8	26.7	51.3	77.3	91.1		
12	0.0	0.0	0.0	25.3	5.6		

CAPÍTULO IV

Composición Química y Bacteriológica del agua para consumo humano.

Como resultado de los análisis químicos realizados en diferentes pozos del área de estudio y según la clasificación de Kurlov el agua en general es del tipo hidrocarbonatada clorurada cálsica magnesia-na e hidrocarbonatada clorurada cálsica sódica de acuerdo a la concentración de los diferentes iones. Según los resultados obtenidos existen pozos como el 95 que presentan variación en el tipo de agua siendo ésta del tipo clorurada sódica la autora de este trabajo considera dicha variación debido a la presencia en esta zona (Norte del área de estudio) de sedimentos arcillosos lo cual también provoca un aumento en la mineralización que en dicho pozo alcanza un valor de 2.3 g/l debido a la disolución de los iones presentes en los sedimentos arcillosos y favorecida por la poca permeabilidad de dichos sedimentos, disminuyendo el movimiento de las aguas subterráneas y aumentando así la mineralización.

Según el mapa de mineralización (Anexo No. 8) en la zona cercana al río Bayamo la mineralización es menor de 1 g/l aumentando los valores a medida que nos alejamos tanto al Oeste como al Norte, alcanzando valores hasta de 2.3 g/l.

Como resultado de los análisis bacteriológicos realizados en los pozos No. 77, 78 81 que actualmente componen la toma de agua para abasto a la Ciudad de Bayamo podemos plantear:

Pozo	Concentración Calif.	Fecha
78	- 30 N.M.P/100 mL	9-II-79
	- 30 N.M.P/100 ml	9-III-79
	- 30 N.M.P/100 ml	7-XII-79
77	- 30 N.M.P/100 ml	25-I-79
81	-430 N.M.P/100 ml	7-I-79
	- 30 N.M.P/100 ml	9-II-79
	- 90 N.M.P/100 ml	9-III-79
	- 30 N.M.P/100 ml	7-XII-79

Como se observa en la tabla anterior la calidad del agua en el pozo No. 78 es satisfactoria de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis realizados en diferentes meses del año 1979.

Sin embargo, el comportamiento del agua en el pozo No. 81 varía de satisfactoria a no satisfactoria en los diferentes meses analizados esta variación no la consideramos producto de la contaminación del manto freático, ya que analizando el comportamiento en los resultados obtenidos en el pozo No. 78 y 81 los cuales fueron realizados y tomadas las muestras en las mismas fechas y por, presentar ambos pozos característicos similares al encontrarse situados a una distancia aproximadamente igual del cauce del río, por estar cercanos entre sí y presentar una misma litología consideramos que esta variación en los resultados obtenidos no es lógica ya que por lo antes mencionado ambos pozos deben presentar un comportamiento similar -- llegando a la conclusión, esto sea producto de una mala realización en los análisis por parte del laboratorio, o en el momento de ser tomadas las muestras de agua.

Con relación al contenido de cloro y sulfato podemos decir que cumplen con las normas establecidas para el consumo humano con excepción del pozo No. 95 que sobrepasa el valor establecido en el contenido de cloro pues como anteriormente explicamos el agua de dicho pozo es del tipo clorurada sódica cálsica magnesiana.

En cuanto al contenido de No.2 y No.3 podemos decir: El No.2 presente en las aguas de los pozos analizados es insignificante por lo que no ofrece peligro para el consumo humano. Con relación al contenido de No.3 en algunos casos presenta valores considerables por lo que es necesario clorar el agua que se dedique al consumo, pues la presencia de este ión es un índice de contaminación en las aguas.

El agua presente en nuestra área de estudio presenta una dureza entre 2 y 5 megle por lo que podemos clasificar el tipo de agua según Alekin en blanda a relativamente blanda, existiendo pozos como el 95 que presenta una dureza mayor de 9 por lo que el tipo de agua es muy dura. El análisis de la dureza en el agua es de extraordinaria importancia para el agua dedicada al consumo humano, industrial y agrícola, considerándose que el agua para consumo debe presentar una dureza igual o menor de siete.

Atendiendo al PH que en ningún caso sobrepasa el valor de siete las aguas se consideran neutras.

Las aguas son cristalinas, sin olor, sin sabor y presentan una turbidez menor o igual a uno.

La conductividad eléctrica por lo general no alcanza valores mayores de uno, obteniéndose los mayores valores en las zonas donde más alta es la mineralización.

CAPITULO V

VOLUMEN Y METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Para el cálculo de las reservas de agua subterránea de la Zona "El Almirante" para el abasto a la Ciudad de Bayamo, se dividieron los trabajos en:

- Trabajos de Campo
- Trabajos de Gabinete

Trabajos de Campo

Primeramente fueron medidos por la diplomante los niveles estáticos de las aguas subterráneas en el área de estudio, tomándose la profundidad de los diferentes pozos, así como la toma de muestra de agua tanto para análisis químico y bacteriológico, con el fin de determinar la calidad química y bacteriológica de las aguas subterráneas destinadas para el abasto a la ciudad de Bayamo.

El aforo utilizado fue realizado al Pozo No. 90 perteneciente al área de estudio del acueducto Bayamo.

El mismo fue realizado con un motor 3VD modelo Alemán con una potencia nominal de 45 HP, una velocidad angular de 2500 RPM y una bomba ATH-10-1-6.

Dicho aforo tuvo una duración de veinticuatro horas y veinte minutos, el tiempo de duración no es el requerido pero fue necesario parar el aforo por problemas en el cabezal.

Consideramos dicho aforo orientativo para el cálculo de las reservas de agua subterránea.

Trabajos de Gabinete

Los trabajos de gabinete se comenzaron una vez terminados la mayor parte de los trabajos de campo. Estos trabajos constituyen la parte fundamental de este trabajo de diploma.

Después de obtener los niveles estáticos de las aguas subterráneas en los pozos del área de estudio y sus alrededores se pasó a la confección del Mapa de hidroisohipsas aclarando que ello corresponde al primer mes de la época de seca. (Noviembre de 1979)

Otro de los materiales confeccionados fue el gráfico de las observaciones de variación de los niveles con las precipitaciones calculándose en el mismo la infiltración de las precipitaciones tomadas en el equipo No. 893.

Para el cálculo de la infiltración se utilizó el método gráfico de Binderman utilizando la fórmula:
$$W = \frac{Ah + AZ}{At} \text{ (M/día)}$$

donde:

AH = Variación del nivel en el tiempo At

Az = Magnitud de disminución del nivel en el tiempo At, como resultado de la afluencia del Manto acuífero.

At = Variación del tiempo (días)

Fueron analizados además los trabajos geofísicos realizados anteriormente (año 1969 por Cuba) pero por lo escueto de los mismos se prescindió de ellos.

Posteriormente se pasó al estudio de los resultados de los análisis químicos y bacteriológicos realizando su correspondiente informe así como la confección del material gráfico.

Finalmente pasamos a realizar el cálculo de las reservas con el resultado obtenido de los aforos.

En resumen se realizaron los siguientes materiales gráficos en nuestro trabajo de gabinete.

- Plano de situación geográfica del área
- Plano de la red hidrográfica del área
- Mapa geológico esquemático
- Gráfico de las observaciones de variación de los niveles con las precipitaciones.
- Perfil hidrogeológico A-A'
- Perfil hidrogeológico B-B'
- Mapa de hidroisohipsas
- Mapa de mineralización
- Gráfico de aforo del pozo No. 90

CAPITULO VI

Cálculo de las reservas de agua subterránea.

El siguiente capítulo incluye el cálculo de los parámetros hidrogeológicos y cálculo de las reservas de explotación en la tercera terraza del río Bayamo.

Para la realización de los mismos fueron utilizados los datos del aforo realizado al pozo No. 90. Para los cálculos fue utilizado un solo aforo por no ser posible efectuar en la fecha señalada los aforos proyectados en los pozos elegidos del área del acueducto, ya que la realización de los aforos no depende del Instituto de Hidroconomía, pues solo éste los solicita al Ministerio de Construcción por dichas razones los parámetros calculados nos brindan una información orientativa y no una información detallada de las reservas de agua subterránea.

Cálculo de los parámetros hidrogeológicos.

Cálculo del coeficiente de conductividad

El Parámetro (A) fue calculado por el método Grafo-Analítico (Anexo No. 9)

$$A = 1300$$

$$C = \frac{S_2 - S_1}{10^g t_1 - 10^g t_2}$$

$$C = 272$$

A- Intercepto de la recta sobre el eje de las ordenadas

C- Pendiente de la recta

S₁ Abatimiento en el 1er satélite

S₂ Abatimiento en el 2do satélite

Para el cálculo del coeficiente de conductividad se utilizó la siguiente fórmula.

$$10g ay = 2 10g r - 0,35 + \frac{A}{C}$$

$$ay = 1,12 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{día}$$

Donde:

ay = Coeficiente de conductividad (m²/días)

r = Radio del pozo central

Cálculo del coeficiente de filtración

El coeficiente de filtración en nuestro caso fue asumido con un valor igual a 30 m/día, para ello utilizamos valores de dicho coeficiente calculados anteriormente por otros autores con diferentes aforos realizados en nuestra área de estudio.

A continuación relacionamos en una tabla, diferentes parámetros calculados anteriormente.

POZO No.	Q (l/seg)	S (m)	K (m/día)	A_{p} (m ² /día)	μ
77	32,5	4,50	39,3	-	-
78	62,0	6,00	6,5	$2,25 \times 10^3$	0,2
81	27,4	11,2	14,2	$1,2 \times 10^3$	0,2

Cálculo del coeficiente de almacenamiento

$$\mu = \frac{K \text{ pro } H \text{ pro}}{ay}$$

$$\mu = 0,655$$

Kpro - Coeficiente de filtración (m/día)

Hpro - Potencia acuífera del pozo central (m)

ay - Coeficiente de conductividad (m²/día)

Cálculo del radio de influencia (R_n)

Para el cálculo de R_n se utilizó la fórmula:

$$R_n = 1,5 \sqrt{agt}$$

$$R_n = 51 \text{ m}$$

Donde:

ay - Coeficiente de conductividad

t - Tiempo de duración del aforo (días)

6,3 - Cálculo de las reservas de explotación

Para realizar el cálculo de las reservas de explotación de nuestra área empleamos el método del "Gran Pozo"

Este método plantea que si el grupo de pozos no tiene forma circular sino otra cualquiera, el radio condicional del gran pozo para los cálculos prácticos puede hallarse según la fórmula.

$$r_o = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

En nuestro caso la forma del grupo de pozos es irregular - por lo que emplearemos la fórmula anterior, tomada de las notas de clase de la asignatura "Dinámica de las aguas subterráneas".

$$r_o = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r_o = 4,12 \text{ m}$$

r_o = radio condicional del "Gran Pozo"

A = Área limitada = 55 Km²

$$\pi = 3,14$$

El área empleada en este caso fue tomada a partir de las cercanías del río hasta el área que ocupan los pozos que empleamos en nuestros cálculos es aproximada según la escala del mapa en el que se encuentran reflejados los pozos de la zona de estudio del acueducto, la escala del mapa es -- igual a 1: 25 000.

Para el cálculo del radio de influencia del "Gran Pozo" (R_o) fue utilizada la siguiente fórmula también referida en nuestras notas de clase.

$$R_o = r_o + R_n$$

$$R_o = 55 \text{ m}$$

Donde:

r_o - radio condicional del "Gran Pozo" = 4,12 m

R_n - radio de influencia del "Gran Pozo" = 51 m

Para la determinación del abatimiento en el "Gran Pozo" (S_o) se tomo como 0,5 H ya que para pozos de explotación dedicados al abasto el abatimiento admisible debe ser (0,3-0,5)H siendo la garantía del estudio confiable para tomar 0,5 H

El valor de S_o tomado es:

$$S_o = 25 \text{ m}$$

Con el resultado de los parámetros obtenidos anteriormente pasamos al cálculo de las reservas de explotación en el -- "Gran Pozo" (Q_t) utilizando la fórmula:

$$Q_t = \frac{1,37 K (2H - S_o) S_o}{\log R_o - \log r_o}$$

$$Q_t = 67\,685 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_t = 783 \text{ l/seg.}$$

Donde:

K - Coeficiente de filtración (m/día)

H - Potencia total del pozo (m)

R_o - Radio de influencia del "Gran Pozo" (m)

r_o - Radio condicional del "Gran Pozo" (m)

Analizando los resultados obtenidos con relación al gasto de explotación el cual nos dio un valor de 783 l/seg. podemos decir que este gasto puede ser explotado en el área.

Actualmente se explotan un total de 130 l/seg. para el acueducto, considerando un gasto promedio por pozo de 60 l/seg. serán necesarios un total de cinco nuevos pozos para captar un gasto igual a 430 l/seg. necesarios en la actualidad para abasto a la ciudad de Bayamo, además de la utilización de nuevas líneas eléctricas, nuevas conductoras, estaciones de bombeo y nuevos tanques rompe-presión que son los utilizados para bombear desde ellos el agua que viene directamente de las tomas y que pasa a estos tanques de donde es conducida al acueducto.

Para disminuir en gran medida el costo económico de lo expuesto anteriormente se propone por la autora de este trabajo de grado utilizar un dren horizontal que en este caso se construirá cerca del río Bayamo en la segunda terraza del mismo, dicho dren contará con una longitud de 100 m. y una profundidad media de 5 m, puede realizarse la excavación del Dren con una máquina Drag Line un aproximado de 20,000 m³ de arena y grava y utilizar para su construcción tubos de hormigón perforados, lo que unido a la longitud del dren permitirá obtener una mayor área de afluencia de agua, lo cual implicará un aumento en el gasto de explotación a obtener.

Después de construido el Dren se plantea la construcción de una toma vertical por donde sería extraída el agua a través de un equipo de bombeo, y trasladado hacia el acueducto.

A continuación pasamos a realizar los cálculos del gasto de explotación y el gasto económico del propuesto dren horizontal:

Para el cálculo del gasto de explotación (Q_t) fue utilizada la fórmula:

$$Q_t = \frac{(H^2 - h^2) K B}{R}$$

$$Q_t = 11\,520 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_t = 140 \text{ l/seg.}$$

Donde:

K - Coeficiente de filtración promedio del área de estudio = 30 m/día

R - radio de influencia = 100 m

H - Profundidad del dren horizontal = 5 m

h - Profundidad del dren horizontal hasta el nivel dinámico = 3 m

B - largo del dren horizontal = 100 m

Los parámetros utilizados en la fórmula anterior fueron tomados como valores promedios por los estudios realizados anteriormente y según las características del área.

Las ventajas que puede ofrecer la construcción de un dren horizontal para resolver los problemas actuales y futuros del acueducto Bayamo son varios, entre ellos tenemos:

Sería necesario construir una sola estación de bombeo, una conductora y la instalación de una sola línea eléctrica.

Cálculo de la potencia (Kw) que sería necesaria emplear en la estación de bombeo, calculada en base a obtener un gasto de 140 =l/seg.

La fórmula empleada fue tomada de: "Indicadores para la valoración de inversiones de acueductos y alcantarillados". Instituto de Hidroeconomía 1979.

$$N = 12,5 Q H$$

$$N = 810 \text{ KW}$$

Donde:

N = Potencia (KW)

Q = Gasto ($\text{m}^3/\text{seg.}$) = 1,62 $\text{m}^3/\text{seg.}$

H = Carga total (m) = 40 m

La carga total (H) fue tomada con un valor aproximadamente igual a 40 m. teniendo en cuenta las características del relieve presente en el área.

A continuación damos el costo de los equipos a emplear en la toma horizontal, esto fue realizado según indicadores tomados de tablas.

El costo de los equipos de bombeo se toma (para equipos horizontales) igual a \$ 350,01 el Rw resultando entonces un valor de:

$$\$ 350,01 \times 810 = \$ 283,508,10$$

La construcción civil cuesta un total de \$125,00 el Rw obteniéndose un costo de:

$$\$ 125,00 \times 810 = \$ 101,250$$

Tomando la longitud total de la conductora aproximadamente igual a 2000 metros y un diámetro de 24" el costo de la conductora será igual a:

Para una conductora de 24" el costo es de \$66,000 el metro lineal y para nuestro caso será:

$$\$ 66,00 \times 2000 = \$132,000$$

Con estos cálculos finalizamos el presente capítulo, así como la propuesta de la construcción de un dren horizontal para con ello tratar de resolver los problemas que se presentan en el acueducto con relación al déficit de agua necesario para abastecer la ciudad de Bayamo y su futuro desarrollo industrial, sin la necesidad de continuar la construcción de nuevos pozos en el área del acueducto y su posterior estudio, lo cual hasta el momento no ha llegado a resolver los problemas que se presentan.

Características de la actual toma del Acueducto Bayamo

La actual toma la componen los pozos de explotación No. 77 , 78, 81.

Esta zona litológicamente se encuentra formada por sedimentos arenosos arcillos, arcillosos arenosos, con gravas y mezcla de ellos.

Según Pável y Maximinov en su informe hidrogeológico para abasto a la ciudad de Bayamo, la potencia de los sedimentos del Plioceno-Cuaternario (N2Q) es del orden de los 60 metros y la capa acuífera oscila entre valores de 20-50 metros. El acuífero presente es freático y descarga sus aguas en el río Bayamo.

Los coeficientes de filtración varían entre 5-25 m/día.

El coeficiente de conductividad varía entre $(1.2 \times 10^3 - 3.78 \times 10^3) \text{ M}^2/\text{día}$

La composición química de las aguas según Kurlov es del tipo hidrocarbonatada cálcica-sódica.

La calidad bacteriológica del agua según los análisis de la actual toma es satisfactoria.

Los gastos calculados a dichos pozos anteriormente y actualmente son iguales a:

Pozo	Gasto(L/Seg.)
77	30
78	70
81	30

Capítulo VII.

Evaluación de los trabajos realizados anteriormente.

A partir de 1968 fue confeccionado un programa de investigación para la búsqueda de agua subterránea con fines de abasto a la Ciudad de Bayamo en tres etapas de explotación que respondían a las necesidades a corto y mediano plazo que demanda el futuro desarrollo de la Ciudad.

La primera etapa que correspondió al propio año 1968 presentaba necesidades del orden de los 300 L/Seg. y su urgencia fue motivada por una epidemia de tifus, y que abarcó un levantamiento a escala 1:50,000 en un área de 50 km², la perforación a percusión de 5 calas con una profundidad de 70 Mts. cada una, perforación rotaria de 4 calas de observación con una profundidad de 30 Mt.s, se programó la realización de 5 afloros experimentales-unitarios y un aforo experimental con satélite, además trabajos geofísicos, de laboratorio y la perforación de las 16 calas para organizar las observaciones del régimen en la zona.

Esta etapa fue cumplida parcialmente y aún es la fecha en que estas necesidades de agua subterránea no han sido satisfechas en su totalidad, tomándose incluso aguas de corrientes superficiales para abasto a la población e industrias.

Las dieciseis calas programadas para las observaciones del régimen no fueron realizadas y tampoco el aforo experimental con pozos satélites.

La autora de éste trabajo entiende que el retraso ocurrido en la primera etapa de las investigaciones aún se refleja en la situación de las investigaciones de la segunda etapa lo que origina serias dificultades en el abasto de agua a la Ciudad de Bayamo tanto en cantidad como en su calidad.

La segunda etapa que contempla hasta el año 1980 para el cual se requieren cantidades del orden de los 400 L/seg. y que según el desarrollo actual de las investigaciones es prácticamente imposible puedan ser satisfechas.

En 1977 y como parte de esta segunda etapa fue confeccionado el trabajo de Diploma del graduando Ricardo Oliva. Dicho trabajo debido a las dificultades presentadas en el Instituto de Hidro-economía con relación a los materiales existentes y la Empresa Constructora encargada de la realización de las perforaciones de 6 pozos de investigación-explotación y sus correspondientes afloros experimentales, así como la construcción de un total de ocho pozos satélites solo se realizó la perforación de un pozo de investigación-explotación y dos pozos satélites, todo esto influyó negativamente en la calidad del trabajo.

El aforo empleado tuvo una duración de 10 horas incluyendo la recuperación del nivel y se alcanzó un abatimiento de 1,60 Mts. el tiempo invertido no reúne las condiciones requeridas para la ejecución de un aforo ni tampoco la obtención de un solo abatimiento por lo que los parámetros hidrogeológicos obtenidos como el coeficiente de filtración y el gasto solo pueden considerarse como valores orientativos y nunca como parámetros de cálculo de confiable seguridad.

Los valores ofrecidos (900 L/Seg.) no fueron obtenidos y las perspectivas de agua en la región están por debajo no ya de los valores que se ofrecen, sino incluso en valores inferiores que se deseaban obtener.

A partir de 1977 los trabajos hidrogeológicos en el área fueron detenidos hasta que a fines de 1979 se comenzaron los trabajos de ampliación que sirven de fundamento a este Diploma.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El presente trabajo trata acerca de la valoración de las reservas de agua subterránea de la Zona El Almirante para abasto a la ciudad de Bayamo, que lleva aparejado el desarrollo socio-industrial de dicha ciudad producto del cual hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- 1- Los objetivos del trabajo en general fueron cumplidos.
- 2- El movimiento de las aguas subterráneas es del SE-NW con algunas variaciones en las zonas sometidas a explotación.
- 3- No existe interrelación hidráulica entre las precipitaciones atmosféricas y las aguas subterráneas, alimentándose fundamentalmente de las corrientes superficiales.
- 4- La calidad bacteriológica de las aguas subterráneas en los pozos de la toma actual del acueducto de Bayamo es satisfactoria.
- 5- La composición química de las aguas subterráneas en el área de estudio es variada siendo del tipo hidrocarbonatada cálcica magnesiana en algunas zonas e hidrocarbonatada cálcica sódica en otras, dependiendo de la concentración de los diferentes iones. Se presentan algunas excepciones principalmente al Norte de nuestra área de estudio.
- 6- El contenido de cloro y sulfato en los pozos analizados cumplen con el valor establecido para el consumo humano.
- 7- El área que actualmente sirve de abasto a la ciudad de Bayamo se encuentra próxima al río Bayamo (80 ms) existiendo indudablemente interrelación hidráulica entre las aguas superficiales y subterráneas facilitada por la presencia de aluviones muy permeables, durante las avenidas del río el campo de pozos se inunda lo que provoca que las aguas para abasto se vean afectadas corriendo el riesgo de ser contaminadas.
- 8- La situación actual de los pozos del acueducto es antisaneitaria sumándose la toma de agua directamente del río Bayamo (Conociéndose que como norma sanitaria no deben tomarse corrientes superficiales para abasto por su fácil contaminación química y bacteriológica.
Lo anteriormente planteado obligó al Instituto de Hidroeconomía de la Provincia Granma a densificar la red de pozos sobre todo en la segunda y tercera terraza del río Bayamo, situación de los pozos mas alejados del río y en una zona menos poblada.
- 9- Los aforos realizados anteriormente en el área son en su mayoría deficientes, incompletos en su realización y muy reducidos en su número.

RECOMENDACIONES

- 1- Nivelar topográficamente todas las calas que se realicen por que con ello:
 - a) Garantizamos la utilidad de la cala, aunque se produzcan movimientos superficiales de tierra.
 - b) Garantizamos la correlación exacta al confeccionar perfiles geológicos e hidrogeológicos.
 - c) Ofrecemos valores exactos de las cotas de las aguas subterráneas, facilitando así la confección de diferentes materiales gráficos.
- 2- La eliminación de las casas existentes en la zona del acueducto, por la contaminación que se puede establecer entre las letrinas y las aguas subterráneas.
- 3- Durante el proceso de perforación, ésta debe realizarse en seco o utilizando poca agua para evitar que el testigo se lave extremadamente y no tengamos el corte litológico existente.
- 4- Actualmente se encuentran en la red de observaciones sistemáticas los pozos: 42, 47

La autora de este trabajo propone ampliar la red de observaciones sistemáticas en la zona del acueducto a fin de detallar el área de las investigaciones por la importancia que ésta posee en el futuro desarrollo de la ciudad de Bayamo.
- 5- El estudio de la zona por los materiales de investigación ha sido realizado entre (1978-1979) y se puede considerar con perspectivas limitadas para la instalación de la toma de agua con el gasto exigido. Para la obtención de volúmenes de agua en cantidades relativamente no grandes se recomienda la ubicación de pozos de extracción en el área de los pozos No. 274, 125 y 126.
- 6- Para la instalación de tomas de agua subterránea para el abasto a la población de Bayamo con el gasto requerido se recomienda estudiar la zona comprendida entre los ríos Bayamo y Mabay, adyacentes a la ciudad de Bayamo. Para esto la principal etapa de trabajo resulta el estudio de los materiales de investigación ya realizados, así como la elección y análisis de los datos de explotación de las aguas subterráneas.

Todo esto permite ya en la etapa actual trabajar para la evaluación de las condiciones naturales y detectar las zonas con mayores perspectivas para la búsqueda de agua subterránea, así como la determinación de los métodos más efectivos de investigación y sus correspondientes volúmenes de trabajo
- 7- Que la actividad de aforo sea controlada por el Instituto de Hidroeconomía y no por otra Empresa y exigir calidad en la realización de los mismos.
- 8- Que se realice un estudio más detallado de las características geofísicas, geológicas e hidrogeológicas del área perteneciente al acueducto Bayamo.

...2

- 10- En el área actual del acueducto y en la zona que se proyecta va ha existir interrelación entre los procesos físico químicos de la superficie y las aguas subterráneas debido a la proximidad de los niveles estáticos (3-10 ms) de las aguas y la existencia de estratos permeables. Se recomienda su atenuación.
- 11- El gasto que se obtiene en la actualidad es bajo no satisfaciendo las necesidades planteadas incrementándose la entrega de agua para consumo con la toma de agua directamente del río Bayamo.
- 12- Los gastos obtenidos en nuestros cálculos utilizando los datos del aforo realizado al Pozo No. 90 nos da un total de 783L/seg. los cuales pueden ser explotados en el área.
- 13- La autora del presente trabajo propone la construcción de un Dren horizontal en el área del acueducto para tratar de resolver los problemas existentes.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alexev N., SomagulovD, Popov, Runsiyj:
Informe Técnico Económico del desarrollo del riego en la Zona Bayamo-Manzanillo (1972).
- 2.- Bermudes Pedro J: Las formaciones geológicas de Cuba.
(1961)
- 3.- Domínguez Eduardo: Hidrogeología general.
(Notas de Clase)
- 4.- Millán Norberto : Dinámica de las aguas subterráneas.
(Notas de Clase)
- 5.- Domínguez Eduardo: Hidrogeología Especial
(notas de Clase)
- 6.- Pavel S, Maximovs: Informe hidrogeológico para el abasto a la Ciudad de Bayamo.
- 7.- De Ricardo Oliva : "Valoración de las reservas de aguas subterráneas con el objetivo de ampliar la toma del Acueducto Bayamo".
- 8.- Folleto de la Provincia Granma.

I.S.M.N

Facultad de Geología
Departamento de Hidrogeología
e Ingeniería Geológica.

Tesis de Grado

Cálculo de las reservas de agua subterránea de la Zona
"El Almirante" para el abasto a la Ciudad de Bayamo.

Graduando
M. Brull
Mercedes Brull Puebla

Guía:

Ing. Norberto Millán Yero

"Año XX de la Victoria"

1979