

UMSNH



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



“BATIMETRIA DE LA PRESA JOSE ANTONIO ALZATE, MUNICIPIO DE ALMOLOYA DE JUAREZ, ESTADO DE MEXICO, PARA DETERMINAR LA NUEVA CURVA DE ELEVACIONES AREAS CAPACIDADES.”

TESIS PROFESIONAL PARA TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
GUILLERMO AVILÉS BENÍTEZ

ASESOR DE TESIS:
ING. RAMIRO GUZMAN RODRIGUEZ

MORELIA, MICHOACAN MAYO 2007

CONTENIDO

- 1.- Resumen
- 2.- Objetivo
- 3.- Generalidades
 - 3.1 Introducción
 - 3.2 Antecedentes
 - 3.3 Localización
 - 3.4 Orografía
 - 3.5 Hidrografía
 - 3.6 Flora
 - 3.7 Fauna
- 4.- Recopilación de información
- 5.- Topografía del vaso José Antonio Alzate
 - 5.1 Descripción de las Actividades y Métodos Utilizados
 - 5.2 Equipo Empleado
 - 5.3 Puntos posicionados mediante GPS
 - 5.4 Memoria de calculo, Nivelaciones y Bancos de Nivel
- 6.- Batimetría del Vaso José Antonio Alzate
 - 6.1 Descripción de las Actividades y Métodos Utilizados
 - 6.2 Equipo Empleado
- 7.- Determinación de la curva Elevaciones Áreas Capacidades y nuevos niveles de operación
- 8.- Planos
- 9.- Conclusiones
- 10.- Bibliografía

1 Resumen

El Río Lerma vive una problemática de contaminación debido al control inexistente de aguas residuales actual y problemas de sobreexplotación de algunos acuíferos, así como problemas de deforestación y erosión de suelos en las partes altas de la cuenca. Este problema tiene su origen en la zona del valle de Toluca, en el Estado de México donde se encuentra la presa José Antonio Alzate. Esta contaminación afecta a todas las zonas aledañas al vaso de la presa y por lo tanto la vida acuática es casi inexistente y el agua almacenada en esta presa recorre toda la región del Lerma-Santiago-Pacífico.

El estudio Batimétrico de esta presa es parte de un conjunto de estudios realizados en esta área para conocer las propiedades actuales de la cuenca y encontrar una solución a la problemática existente. Se hizo un levantamiento topográfico en las orillas de la presa para ligar el estudio batimétrico con la curva de embalse de la presa y así tener completo el estado actual del vaso.

La realización de este estudio permite conocer las profundidades del lecho acuático y la capacidad actual de almacenamiento de la presa, y en conjunto con un estudio Hidrológico de la cuenca arroja resultados que permiten tomar acciones pertinentes para el control de las aguas residuales que descargan en este cuerpo de agua. Esta Tesis se limita al estudio Batimétrico de la presa José Antonio Alzate.

2 Objetivo

La finalidad de conocer las profundidades del lecho acuático y la capacidad actual de la presa es hacer una comparativa con los datos anteriores del vaso, y primeramente hacer un análisis de lo que sucedió en el tiempo transcurrido y después se complementará esta información con el estudio Hidrológico de la cuenca del valle de Toluca para definir la cantidad de agua que puede ser descargada, la que puede ser vertida y encontrar la manera de controlar las descargas de aguas residuales que no están controladas.

El estudio batimétrico de la presa José Antonio Alzate es complemento de el estudio Hidrológico de la cuenca del valle de Toluca, El estudio Hidrológico del Río Lerma tuvo como objetivo reunir toda una serie de datos técnicos que nos puedan conducir a la elaboración de un buen proyecto ejecutivo de obra que nos garantice seguridad en cuando a capacidad hidráulica de conducción del río y con ello evitar desbordes del Río.

El estudio hidrológico, obtuvo los datos de las avenidas máximas que se pueden presentar en el cauce, de acuerdo a diferentes periodos de retorno y sirven como gastos de diseño para el análisis de la hidráulica fluvial de la cual se seleccionara el gasto de diseño asociado a su periodo de retorno correspondiente, con el cual deberá elaborarse el proyecto ejecutivo de las obras de protección a zonas agrícolas, industriales y urbanas, entre otros muchos beneficios.

3 Generalidades

3.1 Introducción

La Presa José Antonio Alzate pertenece a la cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, la cual está conformada por los estados de Colima, Aguascalientes, Nayarit, Querétaro, México, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Zacatecas. La región comprende las cuencas de los ríos Lerma y Santiago, así como una porción importante de la costa del Océano Pacífico correspondiente a los Estados de Jalisco y Michoacán. La superficie total de la región es de 192, 000 kilómetros cuadrados. El clima predominante en la cuenca del Lerma es templado húmedo. La lluvia promedio anual de la región es de 671 Mm. y ocurre principalmente en verano. La temperatura media regional es de 19°C. Para fines de planeación hidráulica, la región se divide en seis subregiones: Alto, Medio y Bajo Lerma; Alto y Bajo Santiago; Costas de Jalisco y Michoacán. Con una densidad de 98 habitantes/km², la región concentra más de 18.5 millones de habitantes (19% del total nacional), La región aporta 15.9% del PIB. La Población Económicamente Activa (PEA) representa 14% del total nacional. El escurrimiento natural es de casi 32 400 hm³/ año. En las subregiones Alto, Medio y Bajo Lerma, así como en Alto Santiago, la oferta natural del recurso es menor que la demanda, situación contraria a la que ocurre en las subregiones Costa de Jalisco y Bajo Santiago donde se presenta el mayor escurrimiento de la región.

Se extraen 14,500 hm³/año para usos consuntivos de los cuales 51% proviene de fuentes superficiales y 49% de subterráneas. Del total de usos consuntivos 79% se destinan al uso agrícola, 11% al público urbano, 9% al industrial y el resto al uso pecuario. La capacidad de regulación es de cerca de 15 mil hm³/año, mediante presas entre las que sobresalen las de Aguamilpa con 7,000 hm³ y Solís con 800 hm³, además del Lago de Chapala con un almacenamiento de 4,500 millones de metros cúbicos.

La superficie regional con infraestructura para riego es de 1, 252,000 ha, que equivalen a 20% del total nacional. El 70% de esta superficie se atiende mediante alrededor de 16,000 Unidades de Riego cuya operación, mantenimiento y administración están a cargo de los propios productores. El 30% restante se ubica en los distritos de riego existentes.

REGION LERMA SANTIAGO PACIFICO



Imagen 1.1.1 Región Lerma-Santiago-Pacífico

La región presenta distintos problemas, como escasez de aguas superficiales, disminución de los niveles del Lago de Chapala, severos problemas de contaminación de aguas superficiales y malezas acuáticas en el río Lerma, en las presas y en los lagos de Chapala y Pátzcuaro; aunado a lo anterior, problemas de sobreexplotación y contaminación de algunos acuíferos, así como problemas de deforestación y erosión de suelos en las partes altas de la cuenca.

En 1993, en esta región se constituyó el primer Consejo de Cuenca de México, el Lerma-Chapala. De él se han derivado importantes experiencias en los temas de ordenamiento, aprovechamiento del agua, saneamiento, uso eficiente del agua y manejo integral de cuencas. De los resultados obtenidos hasta hoy, cabe destacar la atenuación de los problemas entre usuarios agrícolas a través de un acuerdo de distribución de aguas superficiales, así como el avance en materia de saneamiento de aguas residuales municipales de la región Lerma y lago de Chapala.

El desarrollo de la región ha traído consigo una compleja y variada problemática del sector hidráulico. Existe una fuerte competencia por el uso del agua entre los diversos usuarios. Esto se agrava en las subregiones con mayor progreso económico y desarrollo productivo: Alto, Medio y Bajo Lerma y Alto Santiago, pues presentan un desequilibrio hidrológico generalizado. Esta situación se acentúa debido a la baja eficiencia en el uso agrícola, así como por las inundaciones y sequías que dañan eventualmente a la población y a las actividades económicas.

La compleja problemática de la región fue analizada y definida en conjunto con los usuarios y los tres niveles de gobierno, académicos y sociedad en general. Se determinó que los problemas globales de la región son los siguientes:

1. Oferta insuficiente para satisfacer las demandas en la subregiones Alto, Medio y Bajo Lerma y Alto Santiago.
2. Sobreexplotación de acuíferos.
3. Baja eficiencia en el aprovechamiento del agua y la infraestructura en el sector agrícola.
4. Baja eficiencia en el uso público urbano y bajas coberturas de servicios en el medio rural.
5. Degradación de la calidad del agua.
6. Daños por inundaciones.
7. Afectaciones por sequías.
8. Deficiencias en la red de medición y monitoreo.

Cabe destacar el problema del desequilibrio hidrológico del lago de Chapala, provocado por la disminución de los aportes del río Lerma. A la fecha el lago recibe un volumen menor al de su extracción (1 500 millones de m³/año), condición que se traduce en un déficit anual del orden de 300 millones. Aunado a lo anterior, existe contaminación de dichos volúmenes y asolvamiento del mismo, por lo que de no existir acciones eficaces al respecto en el corto plazo en toda su cuenca y por parte de todos los involucrados su desecamiento continuará agravándose.

De no implantarse acciones para su solución, la problemática de la región al año 2025, tenderá a agudizarse, con lo que las actividades económicas que sustentan el recurso hidráulico se verán afectadas. La superficie ociosa se incrementará, la degradación de la calidad del agua aumentará y se convertirá en problemas de salud pública. Además de lo anterior, la explotación descontrolada incrementará la ya intensiva sobreexplotación de los acuíferos poniendo en peligro la sustentabilidad del recurso. Para las zonas con desarrollo notable, es importante alcanzar el equilibrio entre las actividades productivas, demandantes de agua respecto a los recursos naturales disponibles en la región, por lo que es impostergable implantar un conjunto de acciones encaminadas a lograr un manejo eficiente de los recursos superficiales y subterráneos.

3.2 Antecedentes

Hasta antes de 1951, las zonas deprimidas de la Cuenca Alta del Río Lerma, donde se encuentra la presa José Antonio Alzate, contaban con un sistema lagunar integrado que sobre todo se alimentaba de manantiales, como los de Almoloya, Texcaltengo, Alta Empresa y otros. Estas lagunas tenían una longitud total de 30 km y se conectaban entre sí por canales cortos que unían la Laguna de Almoloya con la Laguna de Chimaliapan en Lerma y San Bartolomé Oztolotepec. En estos cuerpos de agua se ubicaba el nacimiento del Río Lerma. Sin embargo, a partir de 1970, se concluyeron las obras de 230 pozos y de 170 km de acueductos para suministrar un poco más de 14 m³/s al Distrito Federal, modificándose de manera importante los ecosistemas lacustres del área. El perfil longitudinal del colector principal de la Cuenca Alta del Río Lerma y un criterio hidrológico-tectónico permiten la división de su curso en tres porciones: Alto, Medio y Bajo. Ello permite un ordenamiento espacial jerárquico por regiones hidrográficas y por subcuencas.

El Curso Alto comprende la vertiente norte de la sierra Nahautlaca-Matlazinca, así como la vertiente nororiental del Nevado de Toluca. En esta área queda contemplado el altiplano más meridional de la cuenca con 2,580 m.s.n.m. Aproximadamente 9 km aguas abajo de la presa J. Antonio Alzate y a una altitud de 2,570 m.s.n.m. termina el curso alto en el escalonamiento tectónico del Valle de Ixtlahuaca. A partir de éste, se inicia el Curso Medio que termina con el descenso del río hasta la fosa tectónica Solis-Acambay a una altitud de 2,500 m.s.n.m., donde se inicia el Curso Bajo hasta que el río abandona el territorio estatal (Gobierno del Estado de México, Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma, 1993).

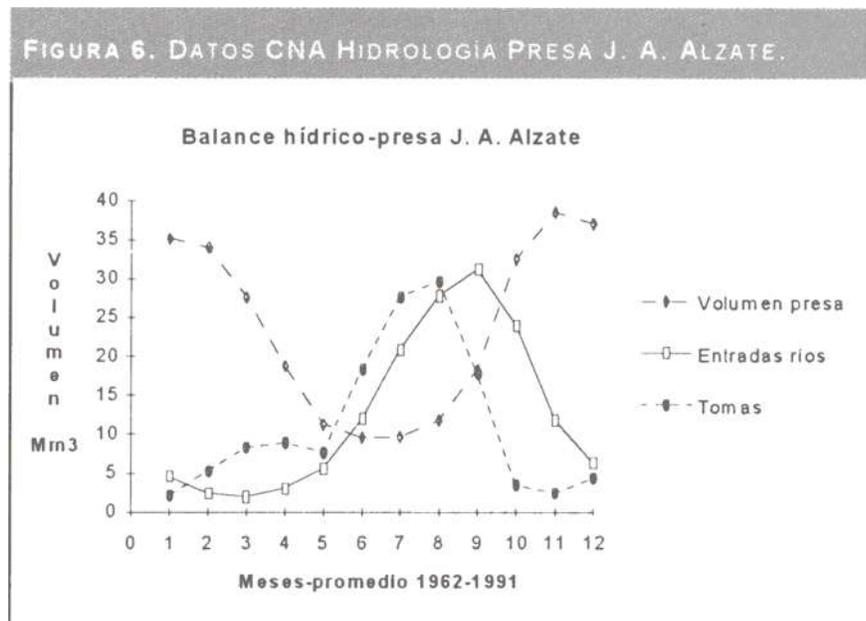
Limitando el sistema al estado de México contamos con el Acuífero Valle de Toluca que junto con el valle de Ixtlahuaca forman parte de la cuenca alta del Río Lerma el cual es el segundo río del país en importancia por la superficie de su cuenca. La cuenca del río Lerma, hasta la última presa abarca 4,997 kilómetros cuadrados. El 43% de esta superficie, (2,108 kilómetros cuadrados) se controla a partir de 1962 por medio de la **presa José Antonio Alzate** antes llamada **presa de San Bernabé**.

La presa José Antonio Alzate es el primer embalse sobre el Río Lerma y fue construida entre 1960 y 1962 en el Valle de Toluca para el control y el uso del agua de este río, con dos metas principales: prevención de las inundaciones e irrigación de las zonas aledañas, características. Esta presa tiene una superficie de 1 050 Ha, un volumen disponible de 27.3 millones de metros m³, y un volumen muerto de 8 millones de m³

La presa recibe en promedio 6.5 m³/seg. (C.N.A 1995), de los cuales 5.2 m³/seg. Proviene del río Lerma, de estos 1.5 m³/seg. son de origen industrial (INEGI 1994) y la única planta dedicada a tratar este tipo de agua EPCCA (Empresa para la Prevención y el Control de la Contaminación del Agua), solo tiene capacidad para 0.3 m³/seg.; del resto, 3.7 m³/seg. son de origen doméstico y 2.5 m³/seg. son tratados en las dos macro plantas de la ciudad de Toluca y aproximadamente 0.2 m³/seg. En las plantas de tratamiento de las pocas poblaciones que cuentan con ellas. Grandes centros urbanos como Santiago Tianguistengo y Tenango del valle carecen de tratamiento para sus aguas. Aproximadamente el 50% del afluente a la presa no recibe ningún tratamiento previo y se compone principalmente de aguas residuales de origen doméstico e industrial, lo que pone de manifiesto la deficiente calidad de la presa.

Operación del embalse José Antonio Alzate.

El embalse de acuerdo a los criterios de operación de la CNA (SHR, 1978) funciona como reserva para irrigación de noviembre a abril y como depósito vacío para control de inundaciones de mayo a octubre. La figura 6, tomada de Barceló *et al* (1996), muestra los valores de almacenamiento medios y las entradas y salidas medias en más de treinta años de operación del embalse.



Normalmente la presa se encuentra en niveles cercanos al mínimo de operación 2,561.2 m.s.n.m (8 Mm³), de mayo a agosto y en niveles cercanos al nivel de aguas máximas 2,565.5 (35.3 Mm.) de noviembre a febrero. Durante los meses de lluvias, el caudal afluente es totalmente evacuado con el fin de preservar volumen libre del embalse para almacenamiento en caso de crecidas y para suministrar agua para riego en los distritos del Bajío.

3.4 Orografía

México es un país eminentemente montañoso, el relieve mexicano se divide en tres principales zonas o unidades fundamentales; el Altiplano Mexicano, El Eje Neovolcánico y la península de Yucatán.

Como se mencionó anteriormente la presa José Antonio Alzate, se encuentra ubicada al sur de la zona conocida como El altiplano Mexicano queda enmarcado por el este y por el oeste por dos grandes cordilleras montañosas que se extienden en dirección norte-sur: la Sierra Madre Occidental, paralela a la costa del golfo de California, asciende desde la frontera con EUA hasta el centro del país, alcanzando alturas superiores a los 3.000 m; en la costa opuesta, separada del golfo de México por una planicie, la Sierra Madre Oriental alcanza los 4.054 m en la Peña Nevada. En su extremo norte, la Sierra Madre Oriental queda algo más separada del golfo de California por el desierto de Sonora.



La orografía dentro de la cuenca de la presa José Antonio Alzate, esta representada principalmente por el volcán nevado de Toluca, el cual alcanza los 4,558 m.s.n.m., la sierra de las cruces que alcanza los 3,930 m.s.n.m., la sierra de tenango, el cual alcanza los 3,430 m.s.n.m., y la sierra de Monte Alto que alcanza los 3,220 m.s.n.m.

3.5 Hidrografía

Dos de las principales cuencas del país tienen origen en el estado de México: La del Río Lerma que nace en los alrededores de Almoloya del Río y cuyo destino final es el Océano Pacífico y la del Río Tula Moctezuma-Pánuco que se alimenta de los ríos Cuautitlán, Salado, Taxhlmay y Rosas, descienden de la sierra de Monte Alto se les une además el canal artificial que da salida a las aguas negras de la cuenca de México; los ríos del sur del estado. Como El Chamal, son tributarios de la cuenca del Balsas, nace en las laderas del Iztaccíhuatl en el estado de Puebla, para desemboca en el Océano Pacífico.



La presa José Antonio Alzate, se localiza en la cuenca del Río Lerma, la cual se desarrolla desde el centro del territorio estatal hasta el noroeste con los límites de Querétaro y Michoacán; comprende un área aproximada de 5,146 km² y una longitud del cauce de 177.8 km, la elevación sobre el nivel del mar en el nacimiento es de 2,570 metros y en la salida del Estado es de 2,360 metros sobre el nivel del mar; teniendo como afluentes principales en la zona de la presa, los Ríos Tejalpa y Río Temoaya, así mismo tiene descargas de aguas negras de las localidades que se encuentran cercanas a ella.

Las principales características de la cuenca del río Lerma dentro del territorio estatal son:

- Precipitación media: 782 mm anuales.
- Evaporación media: 2,439 mm anuales.
- Climas: Templado lluvioso, Templado lluvioso semifrío y Frío
- Temperatura media: 13 °C
- Escurrimiento Virgen Anual: 1,103 Hectómetros Cúbicos.
- Población Total: 2,303 millones de habitantes, 8.05% es población indígena (155,635), localizados en 757 localidades, 1,073 localidades se encuentran en áreas rurales y 158 localidades de áreas urbanas.
- Población económicamente activa ocupa: 0.78 millones de habitantes (31% de la población indígena).

Actualmente se tienen ya los resultados del estudio hidrológico del río Lerma, incluyendo sus afluentes e incorporaciones de escurrimientos, desde la cuenca de Almoloya del río hasta la presa de almacenamiento José Antonio Alzate, municipio de Temoaya, estado de México, el cual consistió en la obtención de los siguientes conceptos:

- Reconocimiento del río Lerma, afluentes e incorporaciones de escurrimientos
- Obtención de la información necesaria para la elaboración del estudio
- Obtención de curvas-periodos de retorno
- Obtención de hidrogramas
- Esquemas de simultaneidad de gastos

3.6 Flora

La flora existente en la zona donde se ubica la presa es muy diversa, en la parte alta predominan árboles de bosque como pino, ocote, cedro y oyamel; en las faldas y lomeríos predominan especies como encino, madroño, fresno, gigante y eucalipto, además de arbustos como escobilla, cardo y zacatón. En la parte baja hay sauce llorón, mimbre, trueno, colorín y tepozán; diversos frutales (peral, manzano, membrillo, ciruelo, chabacano, durazno, tejocote y capulín), plantas medicinales y de ornato, yerbas comestibles y cactáceas como maguey y nopal.

3.7 Fauna

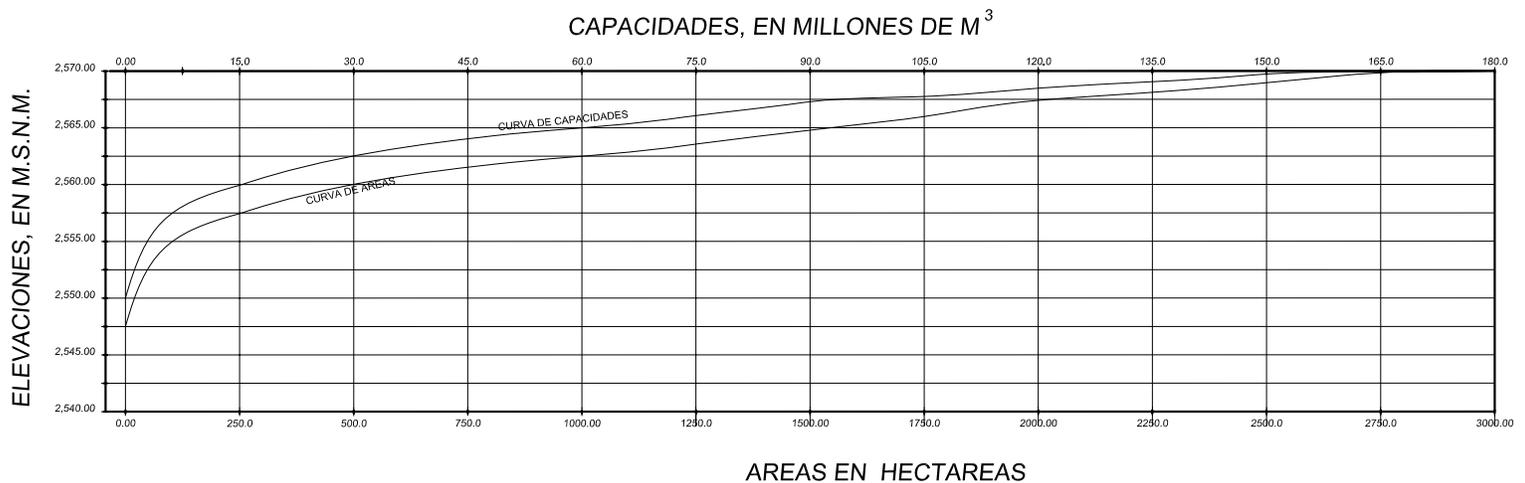
La fauna silvestre está desapareciendo debido al deterioro ecológico de la zona montañosa. No obstante, aún pueden encontrarse: cacomixtle, ardilla, tuza, conejo, liebre, tlacuache, hurón, tecolote, lechuza, gorrión, colibrí y tórtola. La fauna acuática desapareció del río Lerma hace ya varios años, pero en algunos bordos hay acociles, ajolotes y carpas.

Otras especies que aún se pueden encontrar con: codorniz, alerquín, chara enana, venado cola blanca, conejo de las nieves o teporingo, correcaminos y mapache, aunque están siendo reducidas cada vez más .

4 Recopilación de Información

El estudio Batimétrico de la Presa José Antonio Alzate se hizo por medio de recursos del Gobierno del Estado de México, por lo que las diferentes dependencias de gobierno dieron su apoyo para proporcionar información de los antecedentes de la presa. La Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) proporcionó planos topográficos donde aparece la antigua curva de Elevaciones-Áreas-Capacidades la cual nos sirve para comparar con la curva actual. A continuación se presenta dicha gráfica.

CURVA AREAS - CAPACIDADES DEL EMBALSE DE LA PRESA JOSÉ ANTONIO ALZATE DEL AÑO 1959.



También Fueron proporcionados diferentes planos previos a la construcción de la presa José Antonio Alzate cuando su nombre era Presa “San Bernabé” y también planos de la cortina de la presa durante su construcción los cuales nos proporcionan mucho detalle de la obra de toma de la presa. Es parte del Estudio Batimétrico El levantamiento a detalle de la obra de toma el cual se presenta en apartados mas adelante. Para propósitos de ubicación, el Instituto de Estadística Geografía e Informática (INEGI) vendió cartas topográficas respectivas al municipio de Temoaya y El municipio de Toluca, ya que la Presa José Antonio Alzate, esta dentro de estos dos municipios. Todos los levantamientos hechos están referenciados sobre coordenadas UTM y para esto la traslocación se hizo de la estación Toluca de la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI denominada TOLU y apegándose a las normas de los levantamientos Geodésicos de 1er Orden.

La presa José Antonio Alzate es una Presa de almacenamiento de sección trapecial que previo a su estudio contaba con las siguientes características:

- Capacidad del Vaso_____ 41,200 000.00 m³
- Capacidad Para Azolves_____ 6,000,000.00 m³
- Capacidad Para Riego_____ 35,200,000.00 m³
- Elevación de la cresta Vertedora_____ 2,565.50 m³
- Nivel de Aguas Máximas_____ 2,566.92 m³
- Gasto del Vertedor_____ 254.00 m²/seg
- Longitud Total de la Cresta_____ 75.00 m
- Gasto de la toma_____ 20.00 m³/seg

Toda Esta Información se anexará en la presente tesis en la sección de planos y anexos.

5 Topografía del Vaso José Antonio Alzate

5.1 Descripción de actividades realizadas y métodos utilizados.

Para la realización del estudio de Batimetría de la Presa José Antonio Alzate, primeramente se estableció un plan de trabajo el cual nos dará al final de las diferentes fases como resultado el conjunto de los datos de campo imprescindibles para disponer de los valores numéricos necesarios para la configuración de la topografía existente en la zona.

Se destacaron en la zona dos brigadas de trabajo, (brigada de Topografía y brigada de Batimetría) la Brigada de Topografía llevo a cabo el levantamiento de la poligonal de apoyo circundando la curva del embalse del vaso de la presa y la Brigada de Batimetría a su vez realizó el levantamiento batimétrico del vaso de la presa.

Los objetivos a Realizar para la topografía fueron los siguientes:

- Establecer sitios de coordenadas conocidas (Geográficas y en UTM) que sirvan para ligar la batimetría con el terreno circundante, de preferencia en la zona oeste en la zona de la cortina de la presa.
- Conocer la configuración del terreno (curvas de nivel) en las zonas de la presa donde sea posible por concepto de accesibilidad, llegar hasta la presa por tierra.
- Corroborar la lectura de niveles de la presa por las instancias adecuadas

Para lograr los objetivos anteriores, se propuso el uso de poligonales de liga, en las que se haga intervenir los parámetros mencionados, partiendo desde algún banco de nivel y hacia las zonas de accesibilidad de la presa.

Después de haber analizado la zona, se procedió a establecer la ubicación de las estaciones para la poligonal de apoyo de las cuales se tomo lectura de los puntos entre el espejo del agua y la curva de embalse. Para la ubicación de estas estaciones se tomo en cuenta que se pudiera dirigir, desde cada una de ellas, una visual reciproca, como mínimo, a otra estación. Una vez hecho esto, se señalo en el mismo terreno los puntos más adecuados para el trabajo. Las señales están constituidas por puntos exactos que, posteriormente, quedaran reflejados en los cálculos y planos. Se procuro siempre que los puntos escogidos sean fácilmente identificables en el terreno para una posterior utilización o comprobación de los datos facilitados.

Cabe mencionar que en los trabajos topográficos de precisión es importante evitar los errores de excentricidad procedentes de una falta de exactitud en el estacionamiento de la Estación Total y de las miras. Para estacionar el Estación Total se centra el equipo mediante una plomada óptica, se fija adecuadamente al terreno con el trípode y se nivela con respecto a un plano paralelo al terreno en el punto de la estación.

La parte central del trabajo fue la ubicación de estaciones estratégicas para formar una poligonal básica que cubre la totalidad de las visuales a todos los puntos de trabajo necesarios, los puntos observados para cerrar el estudio Batimétrico a la curva de embalse del vaso se midieron por el método de radiaciones desde la estación o estaciones precisas para cubrir la totalidad del área a trabajar. Normalmente, y siempre que el trabajo lo permita, las poligonales básicas serán cerradas para realizar una compensación de los errores. A todos los puntos y estaciones se les calculo sus coordenadas con tal de dar al estudio un fundamento analítico. Las estaciones utilizadas, y que forman la poligonal básica, estarán materializadas en el terreno por unas mojoneras. El centro de los mojoneras corresponde exactamente a las coordenadas X, Y, Z, de la estación. Las estaciones se observaron con el Taquímetro y se midieron con un mínimo de dos vueltas de horizonte con visuales normales e invertidas. Esto para determinar que no se encuentren valores no tolerables entre las dos visuales de horizonte que harían necesaria la repetición de la medición.

Se mantuvo especial cuidado en que la lectura angular horizontal nunca fuera superior el error detectado a las 10 centésimas de grado centesimal en una misma visual de horizonte. Y, las visuales fueron siempre sobre el vértice de mejor visibilidad.

Debido al grado de desarrollo del equipo utilizado, este nos proporciona automáticamente los datos topográficos de los puntos que conforman la poligonal de apoyo. Se establecieron los P.I. necesarios, de las cuales se obtuvieron sus características topográficas (coordenadas X,Y, así como su elevación).



Estableciendo Referencias en la obra de toma

Además de configurar el área no inundada por el cuerpo de agua de la presa limitada por la curva de embalse de la presa, la brigada de topografía fue estableciendo puntos fijos localizados a un costado del espejo del agua de la presa, los cuales fueron utilizados por la Brigada de Batimetría como puntos de salida y llegada sobre las aguas de la presa y así definir las profundidades que se tienen en la zona.

A lo largo de las líneas de trazo y puntos de inflexión de la poligonal que se ubicaron estratégicamente como puntos de control para permitir re-localizar los trazos, se colocaron monumentos artificiales de concreto para que fueran inamovibles de acuerdo a las indicaciones establecidas en las especificaciones correspondientes.

Se realizó también, el levantamiento a detalle de obra de cabeza de la Presa José Antonio Alzate, en el que se conforman el vertedor, el canal de llamada, cortina de la presa, oficinas de la presa.



Se señalaron todos los puntos que corresponden a: viviendas, caminos, carreteras, pozos, líneas eléctricas, registros, puentes, hitos, límites, presas, ríos, torrentes, farolas, túneles, vértices geodésicos, cimas, collados, cruces de caminos y cualquier otro elemento identificable situado en el terreno.

La brigada de topografía inicio los trabajos estableciendo puntos de apoyo, los cuales fueron ubicados en la superficie terrestre con la ayuda de dispositivos GPS ya que estos son necesarios para la determinación de las coordenadas UTM de cada uno de los puntos considerados en el estudio.



5.2 Equipo Empleado

Para el levantamiento topográfico de las áreas límites del embalse se utilizó una estación total con libreta electrónica incluida y teclado Alfanumérico de marca Sokkia modelo SET 630RK con las siguientes características:

- Precisión angular de 6"
- Resolución en display de 1"
- Memoria interna de 10,000 puntos.
- Memoria adicional para almacenamiento de códigos.
- Alcance en distancia de 4,000m con 1 prisma.
- Alcance sin prisma 150m.
- Programas internos de topografía:
- Aumentos del lente de 26X.
- Plomada óptica.
- Compensador liquido en 2 ejes (X, Y).
- Nivel Electrónico.

- * Bastones de aplomar para prisma
- * Prismas sencillos basculantes con soporte
- * Cinta metálica de 50 mts.
- * Trompos y estacas de madera
- * Mojoneras de concreto con varilla al centro

El Software Utilizado para procesar los datos de campo fue el Prolink, en conjunto con diferentes herramientas como son el Office XP, Autocad 2006, Autodesk Land Development Desktop y el lenguaje de programación Visual Lisp el cual se describirá mas adelante.

Para el posicionamiento de los puntos Geodesicos, se utilizó un equipo GPS que incluyen dos receptores de marca Ashtech de 12 Canales, uno de 2 frecuencias del tipo Zmax y uno de 1 frecuencia del tipo promark2 se usaron para la adquisición de datos.

En cuanto a software se refiere se uso del programa "Ashtech solutions" versión 2.7 para la planeación y el Procesamiento de datos.

5.3 Puntos Posicionados mediante GPS

Teniendo los puntos estratégicamente ubicados se prosiguió a geoposicionarlos. El posicionamiento para establecer las Coordenadas de puntos fue usando el Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.). La traslocación se hizo de la estación Toluca de la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI denominada TOLU y apegándose a las normas de los levantamientos Geodésicos de 1er Orden.

El equipo a usar para recopilar todos estos datos fue el mencionado anteriormente para el geoposicionamiento. El Sistema Global de Posicionamiento se basa en los desarrollos de la alta tecnología y permite el posicionamiento preciso de puntos sobre la superficie terrestre.

El **sistema global de posicionamiento** (GPS) se basa en la medición de distancias a un grupo de 36 satélites artificiales en el espacio que conforman la constelación NAVSTAR colocados en 3 planos orbitales, de manera que los satélites actúan como puntos de referencia precisos para nosotros en tal forma que un operador de equipo especializado pueda recibir señales de por lo menos 4 satélites en cualquier momento.

El método mas preciso de GPS es usando los receptores en modo diferencial, para esto es necesario contar con por lo menos dos receptores, uno de ellos se coloca en un punto conocido y otro en la posición que se desea conocer, esto establece lo que llamamos línea base, se registran datos simultáneamente y los efectos adversos producidos por la atmósfera y la ionosfera son eliminados, este método es conocido como posicionamiento estático.

Para lograr el objetivo de establecer las coordenadas de los 2 puntos se usó el Posicionamiento estático modo diferencial, se registraron datos durante una sesión de 1.5 Hrs para el de dos frecuencias y una sesión de 1.0 Hrs para el de una frecuencia, con lo cual contamos con datos suficientes para proporcionar una alta precisión en el posicionamiento. La información oficial de la estación TOLU esta disponible en la pagina WEB del INEGI, de la cual se bajaron datos necesarios para el postproceso.

Previo al desplazamiento a la zona de estudio, se analizó si en los horarios que se tenia planeado realizar las sesiones se presentaban inconvenientes, esto se hizo mediante el programa MISSION PLANNING, el cual nos permite conocer el numero de satélites, así como su distribución, disponibilidad y calidad geométrica. Este procedimiento es confiable ya que el programa trabaja con un almanaque actualizado y nos permite planear los horarios mas adecuados o en su caso si el horario que se eligió para registrar datos es apropiado.

Como resultado final de esta planeación se observo que se contaba con elementos suficientes para que la adquisición de datos nos proporcionara un buen proceso.

La operación de campo se llevó acabo el día 2 - Dic - 2006, en este caso la ubicación de los puntos a posicionar se conocía plenamente. Ubicados los receptores, uno en el BN-1 y otro en el EST3, se inicio el registro de datos de acuerdo al itinerario planeado.

Se grabo en el dispositivo de memoria interno de cada receptor, una sesión de 2 hrs para el receptor de doble frecuencia y una de 1 hr para el de una frecuencia simultáneas y con 10 grados sobre el horizonte, los datos que se recopilan son ; fases satelitales, efemérides satelitales y datos referentes a cada estación, siendo todos ellos importantes en el procesamiento de datos.

La calidad de los datos así como su tiempo de adquisición estuvieron en concordancia con los estándares de posicionamientos geodésicos, así como los lineamientos del fabricante de los equipos GPS. Los datos que grabaron los receptores en su memoria se descargaron en un computadora, los receptores generan tres archivos para cada estación y por sesión, estos son :

ESTACION : M1__

EQUIPO : ZMAX

BBN-1B06.336

EBN-1B06.336

SBN-1B06.336

ESTACION : M2--

EQUIPO : PROMARK2

BEGT1B06.336

EEGT1B06.336

DEGT1B06.336

ESTACION : TOLU

EQUIPO : ZEPHYR

BTOLU006.336

ETOLU006.336

STOLU006.336

El procesamiento de datos para el calculo de las coordenadas se realiza en el sistema ITRF92. Para determinar la posición del BN-1 realizo un proceso para calcular la línea base de la estación TOLU al BN-1.

Los Resultados de este proceso son los siguientes:

RESULTADOS FINALES DEL PROCESAMIENTO G.P.S.

PRESA ALZATE

ESTADO DE MEXICO

LIGA CON LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI

ESTACION BASE : CAMPECHE		TOLUCA	
LATITUD	19	17	
LONGITUD	99	38	
ELEV ELIP.			

COORDENADAS GEOGRAFICAS

REFERENCIA : ITRF92

EST	LATITUD			LONGITUD			ELEV.	
BN-1	19	27	54.64695	N	99	42	19.73253 W	2,565.366
EST3	19	27	57.18259	N	99	42	18.06539 W	2,564.504

COORDENADAS UTM

REFERENCIA : ITRF92

EST	ESTE	NORTE	ELEV NMM	OBS
BN-1	425,955.477	2,152,451.773	2,570.598	LIGA INEGI
EST3	426,004.403	2,152,529.517	2,569.736	

5.4 Memoria de Calculo, Nivelaciones Y Bancos de Nivel

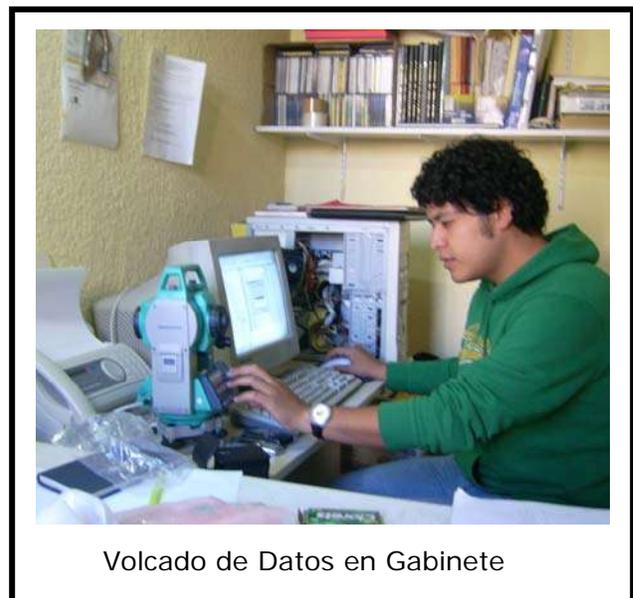
Debido al grado de desarrollo tecnológico del equipo utilizado, este nos proporciona automáticamente los datos topográficos de los puntos que conforman la poligonal de apoyo, así como de las radiaciones realizadas para obtener un mayor detalle de la topografía existente en la zona. Por lo que no fue necesario generar memoria de cálculo alguna para la generación de planos correspondiente, ya que la Estación Total crea un archivo digital que con la utilización del software correspondiente genera los datos necesarios para la elaboración de planos.

Para lo anterior es necesario contar con puntos de control de los que es necesario conocer sus características topográficas (coordenadas y altura) por lo que previo al inicio de la poligonal se geoposicionaron estos puntos de control; los cuales sirvieron de liga a la poligonal elaborada.

Trabajo en Gabinete

Se llevo acabo la elaboración de planos, para esto una vez calculadas las coordenadas analíticas de cada punto se situaron en el plano según un sistema de coordenadas cartesiano. La coordenada X corresponde al eje de las abscisas y el sentido positivo crecerá hacia la derecha, mientras que la coordenada Y corresponde al eje de las ordenadas y el sentido positivo crecerá hacia arriba. La escala de dibujo representara el intervalo de separación de las coordenadas.

Este proceso, mediante el programa Prolink, se realiza automáticamente. Se utilizaron los archivos de transferencia de datos (*.sdr) para pasar la información de las coordenadas levantadas. Teniendo el archivo *.sdr y con el programa prolink se exportaron as coordenadas a un archivo de texto (*.txt) y este a su vez se exportó mediante el programa Microsoft Office Excel a un archivo delimitado por comas(*.csv).



Volcado de Datos en Gabinete

Teniendo este archivo, en Excel se dejan sólo 5 columnas que contienen numero de punto, coordenada en X, coordenada en Y, elevación Z y el código en que fueron capturados los puntos con la Estación Total. Después de haber exportado y purgado los datos al archivo delimitado por comas, se procede a la utilización de rutinas en el lenguaje de programación Visual Lisp, que esta previamente cargado en el Software de Autocad, el cual nos permite importar los puntos a un archivo de autocad con la ventaja de que cada punto es insertado con un bloque de propiedades extendidas y al mismo tiempo separa por medio de capas o layers, los puntos en los diferentes códigos que fueron capturados, Y automáticamente traza líneas siguiendo el numero subsiguiente de cada punto tomado y al mismo tiempo también crea capas o layers, para los diferentes códigos de tal forma que en el archivo de dibujo de autocad ya aparecen situados todos los puntos de referencia topográfica en su respectivo lugar (X, Y, Z), con su simbología oficial y con la anotación de su correspondiente cota Z. El programa calcula, además, las diversas magnitudes de los diversos elementos a situar de tal manera que aparecen con la medida adecuada para la escala de salida del dibujo. Una vez determinadas las coordenadas de cada uno de los puntos establecidos, se obtuvieron las curvas de nivel del terreno, para lo cual se utilizo el programa de software “Autocad Land Development Desktop (Autocad LDD)”. Teniendo el levantamiento topográfico y batimétrico dibujados en un archivo de Autocad se procedió a darle la calidad necesaria y armar los juegos de planos necesarios e imprimirlos en un plotter HP DesignJet 500 de 42 pulgadas, para la presentación del levantamiento.

Cabe señalar que los datos topográficos de la zona obtenidos con la estación total, fueron analizados con el programa CEEP (Calculo de Errores de Estaciones Totales en Poligonales), el cual es un software cuya finalidad es la de ayudar a resolver las incertidumbres que originan los errores cometidos en una poligonal con un determinado equipo. Lo anterior debido a que cuando se realiza un levantamiento y se genera una poligonal, que puede ser cerrada o encuadrada, obtenemos unos errores de cierre en X, en Y, y de cierre angular (en el caso de poligonales “colgadas” no es posible conocer estos errores de cierre al no tener datos con que compararlos). En este caso, el siguiente paso es ajustar dicha poligonal mediante cualquiera de los procedimientos conocidos; mínimos cuadrados, reparto proporcional.

El CEEP compara los errores de cierre en X, en Y, de cierre angular cometidos por el aparato en la poligonal con la exactitud de dicho equipo, para de esta manera determinar si se encuentran dentro de lo permitido por la exactitud del aparato.

Bancos de nivel

Los Bancos de nivel están ubicados en la zona de la cortina con las siguientes descripciones:

El punto conocido como **BN-1** esta ubicado a unos 20 metros del vertedor en dirección suroeste, y esta sobre un monumento rectangular de concreto de 1.40 mts de alto por 0.40 mts de ancho, exactamente sobre el en una placa de metal. Sus Coordenadas Geograficas y UTM son las siguientes:

COORDENADAS

G E O G R A F I C A S
REFERENCIA : ITRF92

LAT.= 19 27 54.64695
LON.= 99 42 19.73253
ALT. = 2,565.366

COORDENADAS

U . T . M
REFERENCIA : ITRF92

ESTE = 425,955.477
NORTE = 2,152,451.773
ELEV. = 2,570.598

ELEVACION REFERIDA AL N.M.M

BN-1



Geoposicionamiento del Banco de Nivel BN-1

El punto conocido como **Est-3** esta ubicado a unos 40 metros del vertedor en dirección Noroeste, y esta sobre la banqueteta que esta en la cortina a la mitad de esta entre el puente del vertedor y la caseta de vigilancia, está marcado con un clavo sobre rondana fijos en una unión de la banqueteta. Sus Coordenadas Geograficas y UTM son las siguientes:

COORDENADAS

G E O G R A F I C A S
REFERENCIA : ITRF92

LAT.= 19 27 57.18259
LON.= 99 42 18.06539
ALT. = 2,564.504

COORDENADAS

U . T . M
REFERENCIA : ITRF92

ESTE = 426,004.403
NORTE = 2,152,529.517
ELEV. = 2,569.736

ELEVACION REFERIDA AL N.M.M

EST3



Geoposicionamiento del Banco de Nivel EST3

6 Batimetría del Vaso José Antonio Alzate

Como definición, la batimetría es el estudio de la profundidad marina, de la tercera dimensión de los fondos lacustres o marinos. Para llevarla a cabo se hace uso de una **ecosonda digital** y un transductor digital. La ecosonda digital se basa en la medida del tiempo que tarda una onda acústica en recorrer la distancia entre el punto de partida y el fondo del mar donde se refleja, y su retorno al punto inicial. La emisión y recepción acústica se realiza generalmente a través de un transductor que convierte las variaciones mecánicas en pulsos eléctricos y viceversa; así la energía eléctrica se convierte en acústica, transformándose la onda acústica en señal eléctrica. Los transductores de la ecosonda están localizados en una barquilla situada en la parte de debajo de la embarcación, y los haces se emiten orientados verticalmente hacia el fondo.

La brigada de Batimetría llevó a cabo la determinación de las profundidades existentes en embalse de la presa, para esto se utilizó el siguiente equipo:

- Ecosonda digital.
- Regla.
- Banderas de señalamiento.
- Embarcación con motor fuera de borda.
- Computadora Portátil
- Dos Localizadores de Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS)

El método, utilizado para el levantamiento batimétrico del embalse de la presa José Antonio Alzate, fue el método de Transectos el cual consiste en dividir el área de la presa en una serie de ejes menores a través de los cuales se realiza la medición. Esta última se realiza en intervalos o en modo continuo a través del transecto, registrando profundidades y posición, para generar una malla uniforme con puntos de coordenadas (x y z) que conformaran el fondo del cuerpo de agua.

Los transectos son líneas imaginarias que atraviesan la zona de estudio y que sirven de ruta para el equipo de medición y profundidad en el presente estudio. Su distribución y ubicación dependen de factores como la forma general del cuerpo de agua y la posible configuración del fondo.

De acuerdo a la información que se tiene por el levantamiento topográfico de la forma y dimensiones de la presa, se establece que:

1. Es muy poco práctico dividir la presa en cuadrícula, por la configuración uniforme del fondo la forma irregular de la presa y la gran distancia a recorrer.

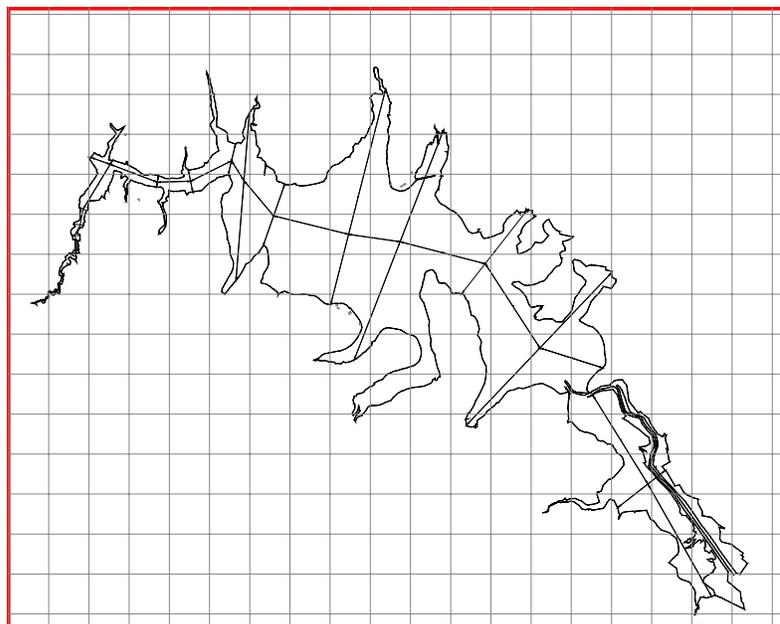
2. Los transectos quedaran perpendiculares a las orillas de la presa debido a su forma alargada y la dificultad de hacerlos paralelos
3. Se traza un transecto paralelo a la orilla de la presa para ligar el levantamiento topografico exterior del agua para la curva de embalse.

La lectura de profundidades se realizó con el transductor de la ecosonda que se encontraba a 45 centímetros bajo el nivel del agua en todo momento, excepto en las orillas de la presa donde la presencia de vegetación y la poca profundidad requería su substitución por medición directa ya sea con la estación total o con un peso muerto y un cable.

Es importante mencionar que los equipos de medición permiten viajar a velocidades considerables, sin embargo dada la configuración del fondo y el tamaño en general de la presa, resulta impractico medir en esas condiciones por lo que la velocidad ideal corresponde a aquella que permita hacer mediciones espaciadas regularmente, con distancias intermedias pequeñas y que sea posible emplear en practica.

Teniendo todo esto en cuenta el metodo se desarrolla de acuerdo a lo siguiente:

1- Subdivisión de la presa en Ejes. La presa debe ser dividida en zonas para que la medición resulte mas practica. Cada sub-eje señala la dirección general del desarrollo de la geometría del cuerpo de agua y la dirección de los transectos, los cuales se trazan en forma perpendicular a estos ejes con una separación tal que permita conocer la configuración del fondo con un cierto nivel de precisión.



Planta de la Presa José Antonio Alzate con los ejes principales definidos.

2- **Coordenadas de inicio y final de los transectos.** Se trata de datos fundamentales puesto que definen como será la navegación y la obtención de datos en campo.

3- **Llegada al inicio del Transecto.** El transporte debe llegar al lugar de inicio del transecto para lo cual se programan tanto la ecosonda como el navegador con la coordenada y se indica al conductor que se dirija hacia la zona deseada. Una vez en la proximidad se hacen ajustes finos a la localidad y se detiene cuando se tiene una proximidad adecuada. Una vez ahí, se marca la posición actual, que puede diferir de la deseada, por cuestiones de accesibilidad, etc., y se indica en los registros como posición inicial real.



Localización de Transectos

4- **Orientación al final del Transecto.** Una vez en el inicio o posición de arranque, se observa en la carta la ubicación del final, y se obtiene el rumbo de salida, con el cual se orienta el transporte en la dirección deseada mediante visualización directa auxiliada con brújula.

5- **Arranque y mediciones iniciales.** El transporte inicia el trayecto a una velocidad baja, por restricciones debidas a aceleración, navegación y accesibilidad de la ruta (redes o vegetación), por lo que las mediciones en esa zona se realizan por intervalos predefinidos de tiempo-o distancia. Cabe mencionar que en esta zona, las profundidades son muy bajas, por lo que la ecosonda presenta algunas dificultades para obtener, la distancia al fondo, así que se procede con medición directa (peso muerto y cable) hasta el momento en que se obtiene una lectura de profundidad confiable. En ese momento se acelera hasta obtener la velocidad deseada de 7 km/h.



Arranque y mediciones Iniciales

6- Ajuste de velocidades y lecturas intermedias.

Durante el tránsito por la presa, se encuentran distintos factores que inciden en la dificultad de mantener una velocidad y dirección constante, como son oleaje, viento, otras embarcaciones, etc. Por esta razón, las lecturas no pueden ser ubicadas con exactitud de manera predefinida y se prefiere medir sobre la trayectoria real, a intervalos de tiempo que, para la velocidad ideal de 7 km/h correspondan a intervalos de 200 o 500 m, marcando posiciones en los tres receptores gps (ecosonda incluida) y registrando estos datos a manos a manera de respaldo. La velocidad fue monitoreada con el equipo de gps navegador y la ecosonda.



7- **Llegada.** En la fase terminal de cada transecto, es necesario reducir la velocidad por cuestiones de navegación/accesibilidad, por lo que se revierte el proceso de medición a la toma de lecturas por distancia o por tiempos menores (la velocidad se reduce), hasta llegar al lugar que, indicado por la carta y los receptores gps (el navegador especialmente) resulte más cercano al final real. Este sitio puede estar dentro de la presa debido a inundaciones, en cuyo caso se procede en la dirección que se estaba navegando hasta tocar orilla; o bien, quedar fuera del alcance por la densidad de la vegetación (lirio) o en el terreno ganado al lago.



*Se colocaron banderas en cada uno de los puntos de salida y llegada, esto para poder conservar el alineamiento entre estos dos puntos y determinar de una manera adecuada el perfil del fondo.

*Se realizaron recorridos a lo largo y ancho del embalse, utilizando la embarcación para determinar las profundidades del embalse utilizando la ecosonda digital, este equipo esta diseñado para producir el sonido, recibir y amplificar el eco, medir el tiempo transcurrido desde la emisión y la recepción del sonido, así como convertir este intervalo de tiempo en unidades de profundidad y registrar estas medidas de profundidad en una banda de papel instalado sobre un tambor giratorio.

*El sonido es producido por un “transductor”, que automáticamente convierte un impulso eléctrico en una onda sonora.

*El transductor también recoge el eco reflejado por el fondo y lo convierte en una señal eléctrica, que es amplificada y registrada en unidades de profundidad sobre la banda graduada.



Registro de Datos con la Ecosonda



Registro de Datos con la Ecosonda

9 Conclusiones

La alta contaminación que se tiene a lo largo de las salidas en la zona industrial Lerma han menguado los ecosistemas de las áreas aledañas, y esto afecta directamente al embalse de la presa José Antonio Alzate y por lo tanto su estudio se ha complicado mucho, y a lo largo de los años se corroboró que los sedimentos en el vaso, han disminuido en gran proporción la capacidad de almacenamiento de agua de la presa.

El presente estudio arroja como resultado la nueva curva de Áreas-Capacidades del embalse y la nueva capacidad de la presa, y por lo tanto en conjunto con el estudio hidrológico de la cuenca ya se puede tener la cantidad de agua que corre por el Río Lerma y sus diferentes afluentes y esto ayuda a que se tomen acciones para prevenir el completo deterioro de la zona.

10 Bibliografía

- **Numerical Models Of Oceans and Oceanic Processes.** Laksmi H. Kantha, Anne Clayson Academic Press 2000.
- **High Resolution From Modeling in Hidrology and Geomorphology.** P.D. Bates and S.N. Lane, Wiley 2000
- **Phyiscal and Chemical Hidrology.** 2nd Edition. Patrick A. Domenico , Franklin W. Schwatz, Wiley 1998
- **Law Of Surveying and Boundaries** Third Edition. Frank Emerson Clark. 1959
- **Estudio de Geofísica Marina con datos de batimetría y Magnetometría sobre la no-existencia de volcanes submarinos en el talud continental del Golfo de México.** Flores Capetillo, Ricardo 2006
- **Levantamientos Hidrográficos Aplicados a la Correlación de correlación de datos geofisicos en aguas territoriales del estado de Campeche.** Duarte Martínez Alberto, 2005
- **Batometría del Lago de Patzcuaro.** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en conjunto Con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2003
- **Aplicación de un sistema CAD a la topografía. Tesis para titulo profesional.** Ing. Jorge Trinidad Sotelo Garcia
- **Fundamentos de Hidrología de Superficie.** Francisco Javier Aparicio Mijares, Limusa 1993
- **Procesos del Ciclo Hidrológico.** Daniel Francisco Campos Aranda, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1992