

Ing. Romagnoli, Pedro José Valentin.

- INFORME FINAL

La beca de ampliación de estudios contempló la asistencia al XVII Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada patrocinado por la Dirección General de Obras Hidráulicas (dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España) la Dirección General de Cooperación Técnica Internacional y la Unesco; y organizado por el Centro de Estudios Hidrográficos y el Instituto de Hidrología.

El mencionado curso comenzó el día 13 de Enero de 1982, finalizando el día 20 de Julio "siendo su objetivo principal la formación de especialistas familiarizados con los problemas de la hidrología en todos sus aspectos".

El desarrollo de las clases teóricas tuvo lugar en el Centro de Estudios Hidrográficos, sito en Paseo Bajo La Virgen del Puerto 3, Madrid 5, de lunes a viernes de 16 a 20 horas y, las de carácter práctico también en instalaciones del mismo centro, los días viernes en horas de la mañana. Resultaron un total de 350 clases teóricas y 100 prácticas, ambas de carácter estrictamente obligatorio.

El control de aprendizaje se efectuó por medio de tres pruebas del tipo test, obligatorias, realizadas los días 11 de Marzo, 5 de Mayo y 21 de Junio respectivamente, más un examen final, también obligatorio, en fecha 25 de Junio.

Por otra parte, las prácticas realizadas concluyeron con la realización de un trabajo final que fue presentado en el mes de Julio (En Anexo se adjunta una síntesis de las tareas que comprendieron el trabajo final).

Durante el desarrollo del curso se han realizado viajes de prácticas y visitas a distintos organismos vinculados al manejo del agua en España, como ser el Canal Isabel II, el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos, el Servicio Geológico de Obras Públicas, el I.R.Y.D.A., etc.

El viaje de práctica, para la visita a embalses y áreas hidrológicas interesantes, permitió recorrer amplias zonas de Castilla y Extremadura, observando ex

tensiones implementadas con agricultura bajo riego, como obras hidráulicas accesorias a los embalses (canales, usinas hidroeléctricas, plantas de bombeo y re - bombeo, lagunas de almacenamiento, etc.).

Otro viaje de práctica, final, permitió recorrer las distintas obras que permiten el aprovisionamiento con agua potable a Madrid.

En anexo se adjuntan los programas e itinerarios seguidos durante los viajes de práctica.

A continuación se expone el programa de estudio desarrollado, sintetizando el contenido de las materias que comprenden el curso:

#### CLIMATOLOGIA

- \* Clima: Definiciones, elementos y factores.
- \* Series climatológicas.
- \* Temperatura: oscilaciones. Variación con la altura.
- \* Pluviometría. Precipitación.
- \* Clasificación de climas.

#### FOTOINTERPRETACION

- \* Fotografía aérea.
- \* Fotointerpretación en hidrología: Ciclo hidrológico. Precipitación. Pérdidas de agua, etc.

#### GEOFISICA

- \* Métodos geofísicos en hidrología (eléctrica, sísmica, etc.)
- \* Aplicación práctica de la geofísica a la Hidrología.

## GEOLOGIA

- \* Petrología.
- \* Estratigrafía.
- \* Tectónica.
- \* Geomorfología.
- \* Procesos de alteración de rocas.
- \* Rocas carbonatadas.
- \* Rocas evaporíticas.
- \* Otras rocas sedimentarias.
- \* Rocas plutónicas, metamórficas y volcánicas.

## ORDENADORES

- \* Introducción a los ordenadores.  
Unidades periféricas. Soportes de información.
- \* Unidades de almacenamiento. Unidades de proceso.
- \* Sistemas de programación.
- \* Sentencias de control.

## ESTADÍSTICAS

- \* Fenómenos aleatorios. Probabilidad.
- \* Variables estadísticas y aleatorias.
- \* Función, densidad y distribución
- \* Esperanza. Momentos. Moda y mediana.
- \* Distribución de Poisson - Distribución normal  $N(0,1)$  y  $N(\mu, \sigma)$   
Ley de Galton-Variable  $\lambda$ ,  $\chi^2$  de Pearson,  $t$  de Student.

- \* Distribución de Gumbel.
- \* Restas de regresión, correlación.
- \* Test de  $\chi^2$  de Pearson.
- \* Test de Kolmogoroff.

### HIDRAULICA FLUVIAL

- \* Introducción. Generalidades. Propiedades del fluido. Propiedades de sedimento.
- \* Parámetros fundamentales.
- \* Comienzo de arrastre. Análisis de los distintos criterios.
- \* Transporte sólido. Acarreo y suspensión. Evaluación del caudal sólido.
- \* Concepto de morfología fluvial.  
Obras en los cauces. Singularidades. Defensas. Encauzamientos.

### HIDROLOGIA AGRICOLA

- \* Los suelos. Caracteres generales. Relación suelo-planta.
- \* Clasificación de suelos. Evaluación de suelos. Índice de Storie.
- \* Metodología de los estudios de evaluación y clasificación de suelos.
- \* Relaciones agua-suelo. Parámetros. Permeabilidad. Infiltración. Humedad equivalente. Marchitez.
- \* Determinaciones de permeabilidad y contenido de humedad.
- \* Módulo de utilización. Superficie de unidad parcelaria de riego. Tiempos de riego. Métodos de riego.
- \* Sistemas de riego. Riegos de superficie.

- \* Parámetros del suelo relacionados con el riego.
- \* Unidades de riego. Infiltración. Velocidades de infiltración. Eficiencia de riego.
- \* Riego por aspersión.
- \* Riego por fajas.
- \* Riego por surcos.

### HIDROLOGIA APLICADA

- \* Método de dobles acumulaciones.
- \* Cálculo de las curvas alturas- caudales.
- \* Trazados de isoyetas. Hidrogramas.
- \* Correlaciones y leyes de distribución.
- \* Métodos de regulación.
- \* Balance hídrico.
- \* Métodos de estimación de crecidas.
- \* Relación entre elementos hidrológicos y elementos físicos geográficos.
- \* Características físico-geográficas.
- \* Estadística hidrológica.
- \* Características climatológicas y meteorológicas.
- \* Estudio de precipitaciones.
- \* Estudio de aportaciones.
- \* Estudios de regulación y garantía.
- \* Estudio de máximas crecidas.
- \* Estudio de regadíos.
- \* Estudio de aguas subterráneas.
- \* Estudio de erosión, arrastre y sedimentación.
- \* Aprovechamiento integral de una cuenca hidrográfica.
- \* Estudios y planificación de los recursos hidráulicos. Estudios económicos.

## HIDROLOGIA FORESTAL

- \* Ecología. Sistemas. Indices y gráficos de Gausson.
- \* Utilización de la vegetación. Principales tipos de formaciones vegetales. Caracteres hidrológicos.
- \* Concepto de hidrología forestal. Evolución. Definiciones.
- \* El fenómeno torrencial. Mecanismos de la erosión hídrica.
- \* Modelos matemáticos de la erosión del suelo por el agua.
- \* Factores que rigen la erosión hídrica en una cuenca: suelo, relieve, vegetación, precipitación.
- \* Evaluación de la erosión hídrica.
- \* Métodos para prevenir la degradación de una cuenca.
- \* Influencias de la vegetación. Intercepción de la vegetación. Evapotranspiración.
- \* Precipitaciones horizontales.

## HIDROLOGIA KARSTICA

- \* El karst. Las formas kársticas. El proceso de karstificación.
- \* Balance hídrico. Relaciones entre aguas superficiales y subterráneas en rocas kársticas.
- \* Características generales de la circulación del agua.

## HIDROLOGIA SUBTERRANEA

- \* Concepto de hidrogeología. Ventajas e inconvenientes en el aprovechamiento de las reservas de aguas subterráneas.
- \* Clasificación de los medios porosos según su capacidad de almacenar y/o transportar el agua. Tipos de acuíferos.
- \* Parámetros hidráulicos.
- \* Mapas hidrogeológicos. Zonalidad.
- \* Permeabilidad intrínseca. Ley de Darcy.

- \* Ecuación de la continuidad en régimen estacionario y en régimen variable  
Coeficiente de almacenamiento.
- \* Conceptos y fórmulas de la hidráulica de captaciones de agua subterránea.
- \* Oscilaciones de niveles y superficies piezométricas.
- \* Ensayos de bombeo y métodos prácticos.
- \* Planteamiento de un estudio Hidrogeológico. Sus fases.
- \* Principios de sondeos mecánicos.
- \* Construcción de pozos.
- \* Testificación de sondeos.
- \* Desarrollo de pozos.

#### HIDROLOGIA DE SUPERFICIE

- \* Presentación de los datos básicos en la estadística.
- \* Equipos de medidas de caudales.
- \* Aforos convencionales.
- \* Aforos químicos.
- \* Aforos con trazadores.
- \* Aforos con disoluciones comparadas.
- \* Ciclo hidrológico.
- \* Estimación indirecta de aportaciones.
- \* Previsión hidrometeorológica.

#### HIDROQUIMICA

- \* Potabilidad de las aguas. Caracteres generales. Disposiciones legales.
- \* Toma de muestras. Caracteres organolépticos. Determinaciones químicas.
- \* Determinaciones químicas. Residuo seco. D.Q.O. Cloruros. Sulfatos. Nitratos.  
Nitritos. Amoníaco. Durezas. Calcio. Magnesio. Hierro. Manganeso. Sodio. Potasio.

- \* Oxígeno disuelto. D.B.O. Anhídrido carbónico. Componentes extraños.
- \* Microbiología de las aguas.
- \* Fenómenos que modifican la naturaleza de las aguas.
- \* Química del agua subterránea.
- \* Cartografía hidroquímica.
- \* Salinización.

### INSTRUMENTOS

- \* Variables hidrometeorológicas. Instrumentos. Cualidades.
- \* Registradores. Condiciones generales.
- \* Corrección de los registradores. Precipitación.
- \* Diferentes tipos de pluviómetros. Totalizadores.
- \* Eliminación de errores. Condiciones de instalación.
- \* Efectos del viento. Normas de la O.M.M.
- \* Rocío. Medida del rocío.
- \* Evaporación. Evaporímetros. Tanque. Medida en los tanques.
- \* Evaporígrafos.
- \* Termometría. Modelos de termómetros. Garitas y abrigos meteorológicos.  
Geotermómetros.

### ISOTOPOS

- \* Conceptos básicos sobre radioactividad.
- \* Consideraciones generales sobre trazadores.
- \* Isótopos en hidrología de superficie.
- \* Testificación geonuclear.
- \* Utilización de isótopos en sedimentología (Ríos y mares)
- \* Isótopos ambientales y trazadores artificiales en hidrología subterránea.



## METEOROLOGIA

- \* Introducción a la meteorología. Atmósfera. Procesos. Aire Seco, húmedo y saturado. Caracteres.
- \* Criterios de estabilidad. Nubes. Clasificación y tipo.
- \* Precipitación. Distribución. Granizos.
- \* Presión atmosférica. Anticiclón. Borrasca.
- \* Masas de aire y frentes nubosos.
- \* Chorros de viento en altura.
- \* Viento geostrofico.

## MODELLOS

- \* Introducción, justificación y tipos de modelos matemáticos. Teoría básica.
- \* Condiciones de borde. Casos particulares.
- \* Análisis dimensional. Magnitudes de la mecánica de fluidos. Ecuación general de la hidráulica. Números fundamentales.
- \* Teoría de la semejanza: semejanza geométrica, semejanza mecánica, semejanza hidráulica. Semejanzas de Froude, Reynolds, Weber y Cauchy. Criterios para la elección del tipo de semejanza.
- \* Criterios teóricos y prácticos para la elección de escalas en modelos reducidos.
- \* Modelos reducidos bidimensionales.
- \* Recomendaciones para la toma de datos en el prototipo, con vistas a la construcción y experimentación de un modelo reducido fluvial de lecho móvil.
- \* Métodos de medida de las variables hidráulicas en modelos reducidos.
- \* Proyecto, construcción, comprobación y puesta a punto de un modelo reducido para su posterior explotación.
- \* Introducción a los modelos analógicos. Definición y tipos.
- \* Modelos analógicos.

## POLUCION

- \* Definiciones, orígenes y testigos de la polución.
- \* Depolución. Medida de la polución.
- \* D.B.O., D. O .O., D.I.O.-
- \* Poder depurador de las aguas de ríos y lagos.
- \* Descomposición aerobia y anaerobia.
- \* Tratamiento de las aguas industriales.
- \* Procesos técnicos de depuración de las aguas: Estáticas (Fosas sépticas, Fosas de Imhoff, Lagunas, eficacia y cálculos); Dinámicas (Filtros bacterianos fangos activados, digestión anaerobia, digestión aerobia)
- \* Espesamiento y deshidratación de los fangos. Procesos técnicos.
- \* Los vertidos al mar. Dilución primaria. Dilución secundaria. Dilución bacteriológica equivalente.
- \* Los emisarios submarinos. Eficacia y control.
- \* Procesos integrados, tratamientos de fangos y residuos. Sólidos urbanos.
- \* Factores energéticos y economía. La energía solar y sus posibles aplicaciones en el tratamiento de los fangos.

## PRESAS

- \* El conjunto presa-embalse.
- \* Tipología de presas.
- \* Estabilidad y resistencia de la presa.
- \* Aliviaderos: Tipología y explotación.
- \* Usos múltiples de un embalse.
- \* Optimización económica de un embalse.

## CONTRIBUCION QUE MI CAPACITACION EN EL EXTERIOR PUEDE HACER AL AVANCE DEL PAIS EN MI CAMPO DE ESTUDIO

En el país, el desarrollo del sector de agricultura bajo irrigación se basa en análisis de soluciones alternativas que deben ser planteadas en términos de objetivos nacionales, sociales y económicos; por lo tanto es imperioso poner un mayor énfasis en los factores que condicionan la producción agrícola. Dentro de éstos, se encuentra el suministro de agua, el cual tiene que ser exhaustivamente estudiado para lograr maximizar la utilización del recurso ya explotado, evitando el desperdicio y sistematizando su aprovechamiento de modo de evitar un desequilibrio por uso excesivo.

Para lograr estos objetivos es necesario establecer una planificación integral de los recursos hidrológicos desarrollando óptimamente el complejo agua (fuente del recurso, usos, conducción, etc.). Este desarrollo significará mínimos costos y ahorro de agua, para lo cual es necesario aplicar técnicas adecuadas a la medición de caudales y de manejo de los datos obtenidos para obtener resultados suficientemente garantidos que conduzcan a una buena operación de los sistemas ya estructurados.

Por otra parte, son los recursos hidrológicos, factor de primordial importancia en muchos proyectos de desarrollo regional que tienen como puntos centrales amplias zonas semiáridas que requieren urgentemente brindar a sus pobladores un nivel de vida adecuado. Por ser escasos los recursos de agua, la me-

mejor utilización de los mismos requiere la aplicación de métodos científicos modernos y técnicas avanzadas, sobre una base multidisciplinaria como la que constituye el Proyecto NOA Hídrico en la Región Noroeste Argentina.

La capacitación obtenida, en el curso realizado en España, será aplicada a la búsqueda de los objetivos antes apuntados, por cuanto los conocimientos adquiridos son el resultado de la experiencia de los técnicos de un país en el cual la administración y el manejo de los recursos hidrológicos, tanto superficiales como subterráneos, son día a día mejorados para lograr mayor efectividad de costos y mínimo derroche de aguas.

Finalmente, el carácter multidisciplinario de los profesionales asistentes al curso (Ingenieros Civiles, Agrónomos, Geólogos, Ingenieros Forestales, Biólogos, etc.) permitió el intercambio mutuo de opiniones y vivencias que dieron como resultado un enriquecimiento cultural, técnico y social.

ANEXO I

## CONTENIDO DEL TRABAJO FINAL

- \* Contrastar, corregir y completar las series de datos pluviométricos de un período dado.
- \* Dibujar la isoyeta media del período y la de los años húmedo y seco.
- \* Estimar la precipitación media en todas las estaciones de aforo y embalses.
- \* Determinar los datos físicos en todas las estaciones y embalses.
- \* Contrastar y corregir las aportaciones anuales y completar las series de aportaciones mensuales.
- \* Calcular la evapotranspiración de la zona por los métodos de Turc y Coutagne y estimar la evaporación por fórmulas empíricas.
- \* Calcular la máxima crecida por métodos empíricos, estadísticos e hidrológicos, con cálculo del hidrograma para diversos tiempos de recurrencia.
- \* Obtener las leyes de distribución de precipitaciones y caudales.
- \* Obtener las curvas de regulación para caudal constante y variable y para diversas garantías.
- \* Dada una serie de embalses con sus correspondientes capacidades, calcular el volumen conjunto regulado por el sistema.
- \* Estudiar el movimiento de un embalse dado, en función de unos consumos determinados, considerando la evaporación.

- \* Calcular y dibujar el hidrograma de la curva de agotamiento, a partir del limnigrama correspondiente y de la tabla caudales-altura, estableciendo al mismo tiempo la separación de escorrentía superficial y subterránea.
- \* Estimación de recursos y reservas subterráneas.
- \* Cálculo del balance hídrico.
- \* Calcular los consumos mensuales y anual por los métodos de Thornthwaite, Blaney-Criddle y mixto.
- \* Dibujar las curvas de consumo medio, consumo máximo y media de consumo.
- \* Calcular la dotación de agua en el mes punta con diversas eficiencias y en una jornada dada.
- \* Estimación de los índices de erosión y sedimentación.

ANEXO II



ESCUELA DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRAULICOS

XVII CURSO INTERNACIONAL DE HIDROLOGIA GENERAL Y APLICADA

VIAJE DE ESTUDIOS

MAYO 1.982

LUNES DIA 17 - Salida de Madrid (8,15 h.)

. Visitas en la mañana:

Restauración Hidrológico-Forestal "La Nierla"  
Repoblación Hidrológico-Forestal "P. de Valles"  
Repoblación Hidrológico-Forestal "El Vado"  
Repoblación Hidrológico-Forestal "Buriel"  
Repoblación Hidrológico-Forestal "Robredarcas"

. Comida en Cogolludo

(ICGNA)

. Visitas en la tarde:

Repoblación protección de cultivos "Cogolludo"  
Repoblación y diques carretera "Caldenoches"

. Cena, alojamiento y desayuno  
en Sacedón

MARTES DIA 18 - Salida de Sacedón (8,30 h.)

. Visitas en la mañana:

Presa y Embalse de Entrepeñas  
Presa y Embalse de Bolarque  
Central Reversible de Bolarque  
Tuberías forzadas  
Museo Hidroeléctrico de U.E.

. Comida

(UNION ELECTRICA)

. Visitas en la tarde:

Presa y Embalse de La Bujeda  
Central de Bombeo de La Bujeda  
Central de Riansares  
Acueducto de Riansares

. Cena, alojamiento y desayuno  
en Toledo

MIÉRCOLES DIA 19 - Salida de Toledo (8,30 h.)

. Visitas en la mañana:

Riegos de Feraleda de la Mata  
Presa, embalse y central de Valdecañas  
(ESCUELA DE HIDROLOGIA)

. Comida en Trujillo

. Visitas en la tarde:

Presa y riegos de Bahesa de Jarallana

. Cena, alojamiento y desayuno  
en Cáceres

JUEVES DIA 20 - Salida de Cáceres (8,30 h.)

. Visitas en la mañana:

Presa, embalse y central de Alcántara  
Puente romano de Alcántara  
Convento de San Benito

. Comida en Alcántara

(HIDROELECTRICA ESPAÑOLA)

. Visitas en la tarde:

Traslado a Salamanca

. Cena, alojamiento y desayuno  
en Salamanca

VIERNES DIA 21 - Salida de Salamanca (8,00 h.)

. Visitas en la mañana:

Presa y embalse de Alameda  
Central hidroeléctrica de Villarino

. Comida en Aldeadfvela

(IBERDUERO)

. Visitas en la tarde:

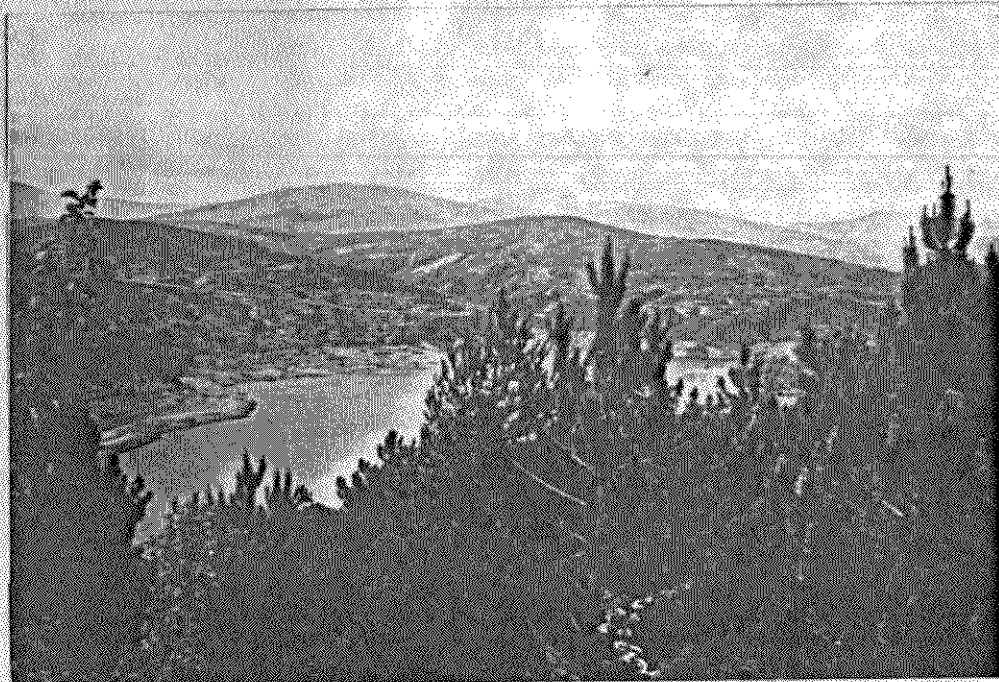
Presa, embalse y central de Aldeadfvela

. Cena, alojamiento y desayuno  
en Salamanca

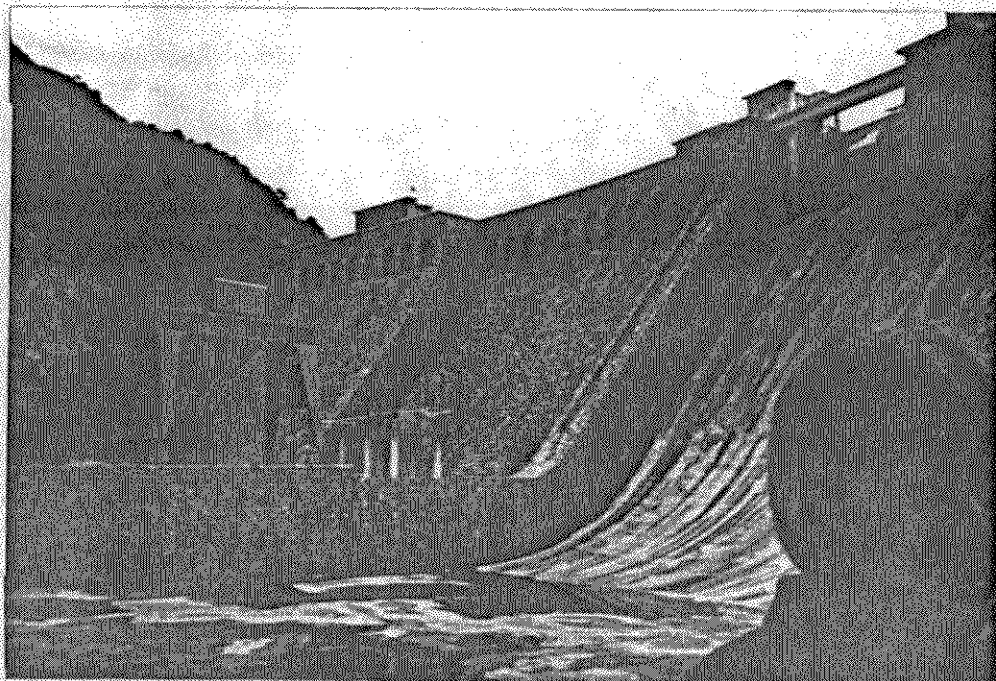
SABADO DIA 22 - Salida de Salamanca (9,00 h.)

. Regreso a Madrid

FIN DEL VIAJE



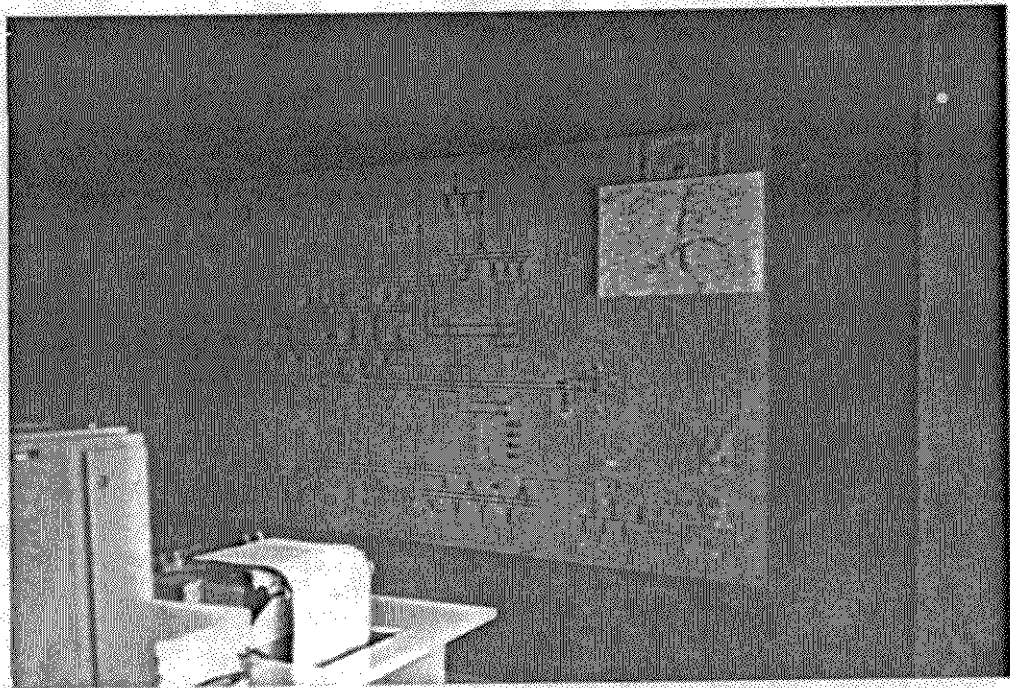
REPOBLACION HIDROLOGICO-FORESTAL



PRESA Y EMBALSE DE BOLARQUE



PRESA Y EMBALSE DE LA BUJEDA

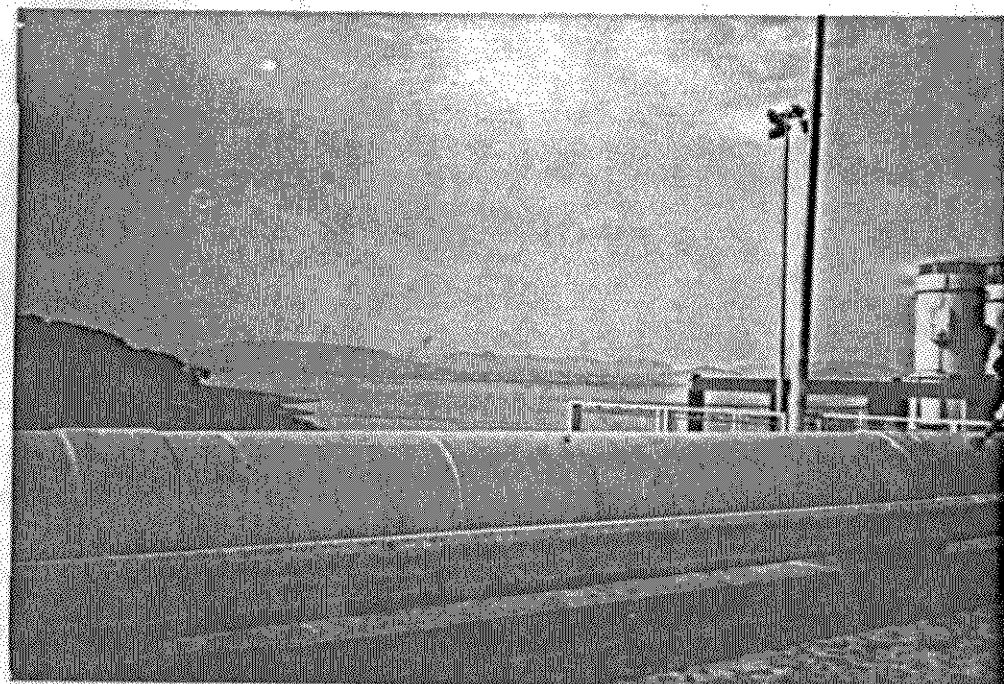


SISTEMA DE TELECONTROL SUBESTACION COLECTORA DE BOLARQUE



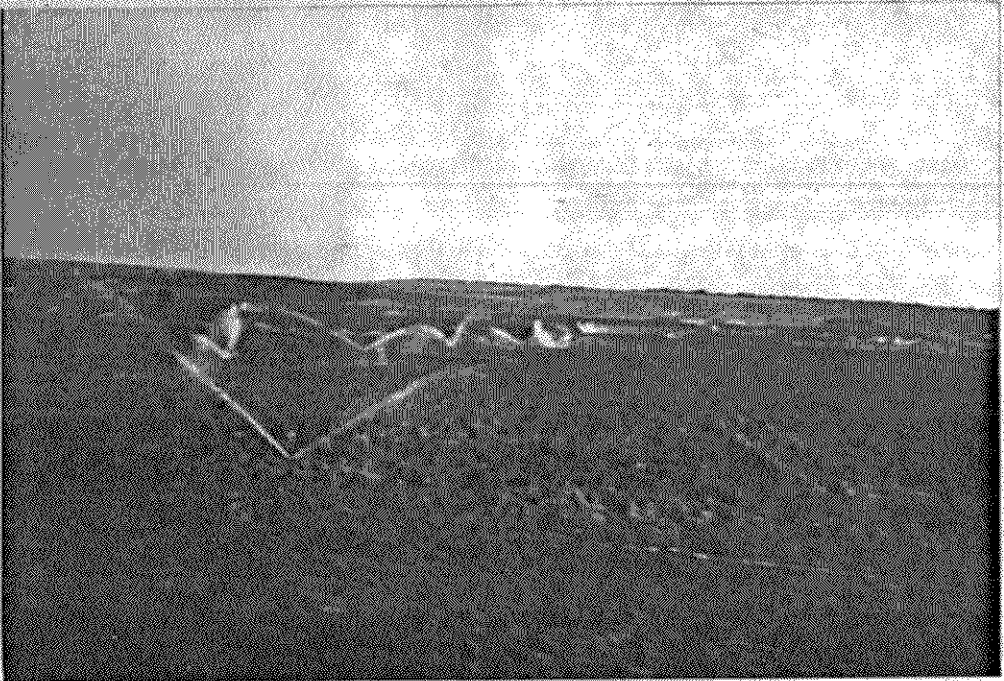
ACUEDUCTO DE RIANSARES

MODULO TRANSVERSAL DEL ACUEDUCTO

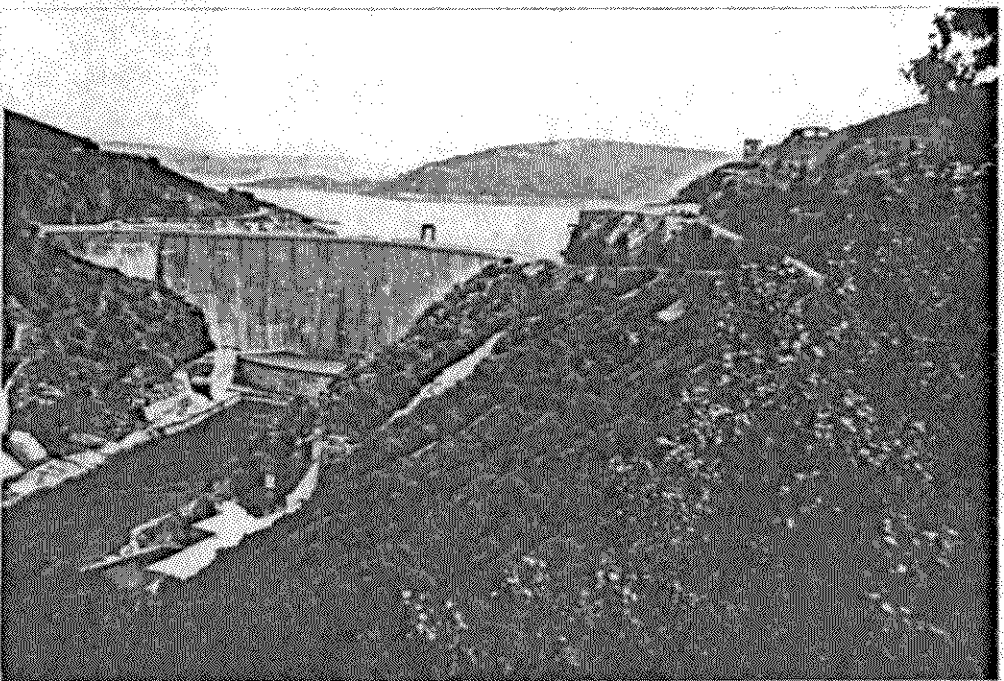


PERALEDA DE LA MATA

TUBERIA DE PRESION EN LA PLANTA DE BOMBEO



PERALEDA DE LA MATA  
RIEGO POR ASPERSION



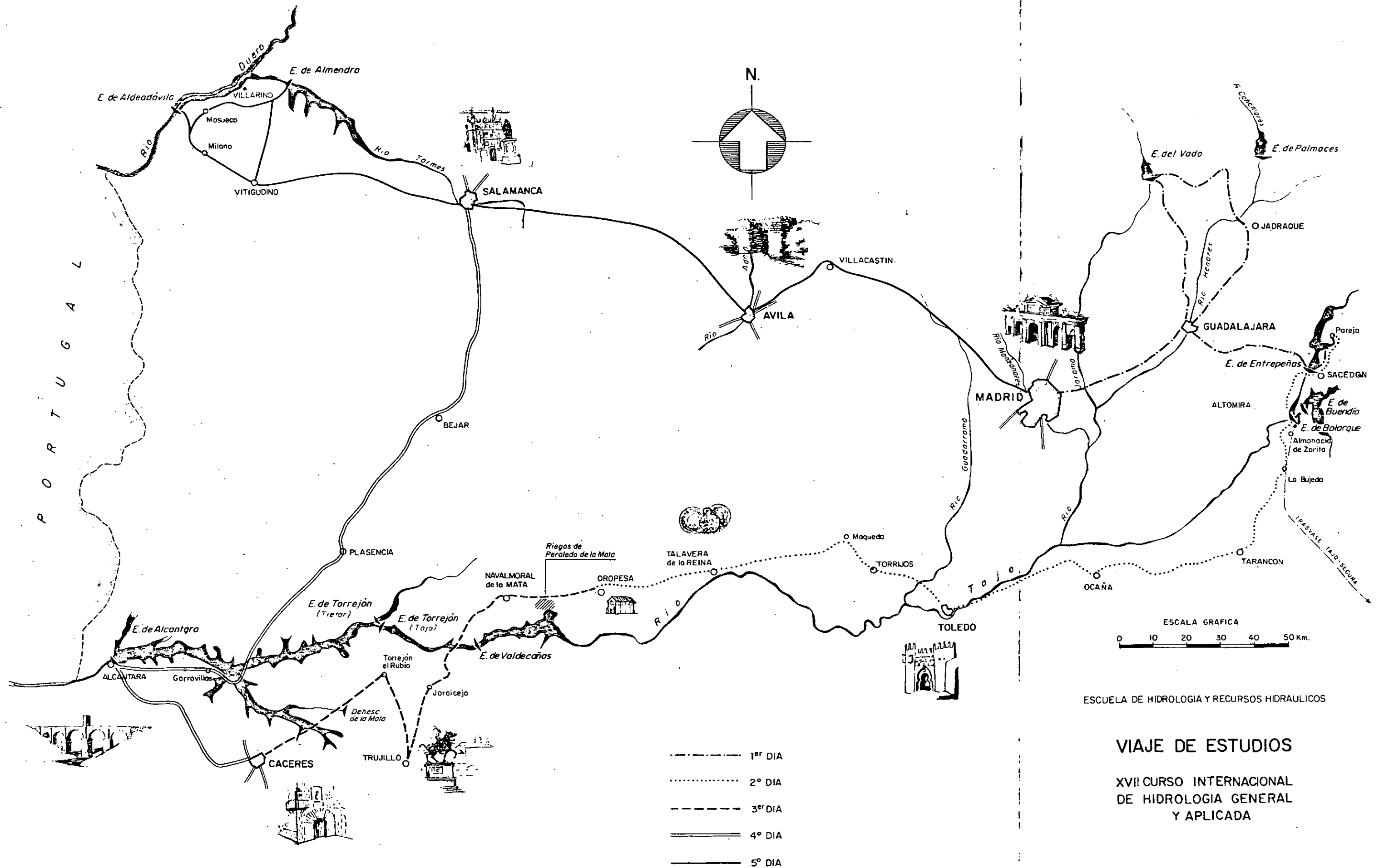
PRESA, EMBALSE Y CENTRAL DE VALDECAÑAS



PRESA EMBALSE Y CENTRAL DE ALCANTARA



PRESA Y EMBALSE EL ATAZAR



ESCUELA DE HIDROLOGÍA Y RECURSOS HIDRAULICOS

### VIAJE DE ESTUDIOS

XVII CURSO INTERNACIONAL  
DE HIDROLOGIA GENERAL  
Y APLICADA

- 1<sup>er</sup> DIA
- ..... 2<sup>o</sup> DIA
- . - . - . 3<sup>er</sup> DIA
- ===== 4<sup>o</sup> DIA
- 5<sup>o</sup> DIA

## B I B L I O G R A F I A

- HIDROLOGIA SUBTERRANEA-E.Custodio y M.R.Llamas-2 Tomos-Ediciones Omega-Barcelona-España.-
- HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRAULICOS-R.Heras-Centro de Estudios Hidrográficos-Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo-Madrid-España.-
- METODOLOGIA Y NORMAS DE CALCULO DE CREDITAS DE PROYECTO-R. Heras-Centro de Estudios Hidrográficos-Ministerio de Obras y Urbanismo-Publicación N°131.-
- METODOS DE CALCULO DE BALANCE HIDRICO-GUIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACION Y METODOS-A.A.Sokolov y T.G. Chapman-Instituto de Hidrología de España-Unesco-Publicación N°141.-
- INSTRUCCIONES PARA LOS OBSERVADORES DE ESTACIONES EVAPORIMETRICAS-Ministerio de Obras públicas y Urbanismo-Centro de Estudios Hidrográficos-Madrid 1981.-
- CALCULO ILUSTRATIVO DE LOS RECURSOS REGULADOS POR EL EMBALSE DE PERIPA-
- CALCULO HIDROMETEOROLOGICO DE CAUDALES MAXIMOS EN PEQUEÑAS CUENCAS NATURALES-José R.Témez-Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo-Dirección General de Carreteras-Madrid 1978.-
- METODOLOGIA Y DATOS BASES PARA LA PLANIFICACION Y ORDENACION INTEGRADA EN CUENCAS VERTIENTES-Filiberto López Cadenas.-
- APUNTES DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE-Escuela de hidrología y Recursos hidráulicos Angel Lara Dominguez.-
- SINTESIS DE LAS LECCIONES DE HIDRAULICA FLUVIAL-F.Martínez Martínez-XVII Curso Internacional de Hidrología general y aplicada-Escuela de Hidrología y Recursos Hidráulicos
- TECNICAS NUCLEARES EN HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA-Enrique Baonza y Antonio Plata-Curso de hidrología general y aplicada-Escuela de hidrología(1970).
- DRENAJE DE TIERRAS EN ZONAS REGABLES- Julián Martínez Beltrán-Escuela de Hidrología y Recursos Hidráulicos(1982)
- COMPARISON OF WARM WATER EVAPORATION EQUATIONS-Richard Weisman-Journal of the Hydraulics Division (1975)