

PRESA DAULE-PERIPA
MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
CAPITULO 3
METEOROLOGIA, HIDROLOGIA, GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

ORIGINAL ISSUE
ENERO 1989

REVISED
JULIO 1989

CAPITULO 3

METEOROLOGIA, HIDROLOGIA, GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

3.1 EL CLIMA DE LA ZONA

3.1.1 Generalidades

El clima del área de influencia de la cuenca de captación de la presa Daule-Peripa está caracterizado por parámetros de poca variación estacional debido al efecto que ocasionan las cordilleras de la costa y de los Andes, que forman "barreras" que atenúan las severas variaciones climáticas de la costa y de la región interandina.

El régimen de precipitación varía casi en relación directa con el perfil topográfico, notándose una gradiente pronunciada del perfil de lluvias en sentido este-oeste, antes del pie de las montañas de los Andes. Las temperaturas promedio varían muy poco durante el año.

De acuerdo a la clasificación de climas de Koppen, el de la zona del embalse Daule-Peripa se puede clasificar como desde "Tropical húmedo-seco (savana)" en la esquina noroccidental del área de drenaje.

3.1.2 Precipitación

De manera general, cerca de un 90% de la precipitación promedio anual ocurre en los meses de diciembre a junio, notándose una concentración alta de aguas en los meses de enero a abril. La parte noreste de la cuenca es la más lluviosa y desde allí decrece en una línea noreste sur-oeste con valores de hasta 3.200 mm en Santo Domingo hasta 1.700 mm en la población de Pichincha. La precipitación promedio anual de la zona se establece en alrededor de 2.275 mm.

La intensidad máxima de la precipitación ha sido observada en pocas estaciones. De acuerdo a datos recientes, en Alajuela y en el sitio de la Presa, intensidades de hasta 50 mm por hora son comunes, como valores máximos.

3.1.3 Cubertura de la Precipitación

De las observaciones efectuadas en las varias estaciones pluviométricas de la cuenca de captación, se puede concluir que las precipitaciones más frecuentes cubren áreas localizadas muy pequeñas. Para tormentas grandes, se ha observado la tendencia de uniformidad en grandes cuberturas territoriales. Sin embargo, la abundante información compilada por CEDEGE durante los últimos diez años no ha sido procesada para corroborar estas asunciones efectuadas en 1978.

La Tabla 3-1 muestra la precipitación promedio mensual en el área de captación de la presa Daule-Peripa para el período 1963 - 1985.

3.1.4 Evaporación

Se ha estimado la pérdida anual por evaporación de lago en 1.125 mm, como promedio. Con los resultados de las observaciones en la estación meteorológica de Alajuela y sitio de Presa, la evaporación promedio mensual se indica abajo, en milímetros:

ENE	81	MAY	70	SEP	76
FEB	170	JUN	79	OCT	130
MAR	106	JUL	75	NOV	42
ABR	139	AGO	71	DIC	85

3.1.5 Temperatura

La temperatura ambiental promedio es de 25°C. La fluctuación mensual de la temperatura va desde 23°C en julio a 27°C en marzo.

Sin embargo, la variación horaria de la temperatura en el día puede ser significativa. Se ha encontrado oscilaciones extremas desde 13°C hasta 39°C, en días del mismo mes. La Tabla 3-2 muestra la temperatura promedio mensual para varios años de registro en la estación meteorológica de Alajuela y el sitio de la presa Daule-Peripa.

3.1.6 Heliofanía y Nubosidad

De la información de los últimos años procesados para el sitio de presa se puede deducir que la radiación solar directa ocupa el 65% de todas las horas diurnas del año.

En relación con la nubosidad, se encuentra que la cobertura de nubes alcanza el 82% del día, en promedio.

La única estación de primer orden funcionando por largo período de tiempo es la de Santo Domingo de los Colorados. Las observaciones de heliofanía y nubosidad en esta estación confirman los valores promedios estimados para el área de la presa.

3.1.7 Velocidad y dirección del viento

La velocidad promedio de los vientos dominantes es de alrededor de 3,7 km/hr. Valores máximos de hasta 9 km/hr se han observado en la estación meteorológica del sitio de presa.

Las direcciones predominantes del viento son desde el norte y el este.

3.1.8 Información meteorológica general

La información meteorológica más pertinente en el sitio de la presa, basada en los registros de las estaciones del área, se muestra esquematizada en la Figura 3-1.

3.2 RED DE ESTACIONES HIDRO-METEOROLOGICAS

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI y la CEDEGE mantienen una red de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la cuenca de drenaje del sitio de presa Daule-Peripa, en ubicaciones que se muestran en la Figura 3-2. Las mismas están listadas, con sus ubicaciones y características, en las Tablas 3-3 y 3-4.

3.3 ESCORRENTIA EN EL SITIO DE LA PRESA

La información compilada de las estaciones fluviométricas del río Daule, en la presa Daule-Peripa y en los dos ramales principales, han permitido crear un registro adecuado de los caudales diarios y mensuales, desde 1963 hasta 1986.

Durante la etapa de los estudios para la presa, (1976-1981), se utilizó un modelo de generación de caudales sintéticos, basados en un análisis de variables múltiples que permitió construir un período de registro de caudales sintéticos para el período 1950 - 1962.

Los caudales promedios mensuales del período de registro sintético y observado para las diferentes estaciones fluviométricas aparecen en la Tabla 3-5.

3.4 ESTADO DE ALERTA DURANTE EPOCA DE CRECIENTES

Será una función muy importante del Departamento de Relaciones Públicas de CEDEGE mantener adecuadamente informado a las poblaciones aguas abajo de la presa de los peligros durante la época de crecientes.

CEDEGE debe asignar a un funcionario de alto rango dentro de la Unidad Operativa de la Presa para mantener contacto permanente con la Junta de Defensa Civil del Guayas.

De manera enfática, se recomienda establecer un sistema eficiente de aviso de inminencia de peligro debido a crecientes mayores.

Antes de cada estación invernal, se debe contactar con las autoridades militares, de policía y de la Junta de Defensa Civil del potencial de riesgo por las descargas del vertedero y de los probables tiempos de arribo de la ola de creciente.

Es importante que haya contacto telefónico directo entre todo funcionario responsable de la Unidad Operativa con el Centro de Comando de la presa y la Ciudadela de Operaciones.

3.5 INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS E HIDROLOGICAS

Con una frecuencia semestral, se debe inspeccionar las estaciones meteorológicas e hidrológicas de la cuenca de captación de la presa. La campaña de aforos debe ser intensa, por lo menos de frecuencia mensual, en la estación de Alajuela, durante los primeros meses de invierno de cada año.

Las visitas de inspección a las estaciones, además de implementar un programa de mantenimiento preventivo, se debe en las estaciones fluviométricas revisar las reglas de limnómetro, por posibles movimientos a causa de erosión de las orillas en la época de crecientes.

La red de estaciones de emisión automática de señales debe ser revisada al menos 2 veces al año, aunque las señales en el centro de comando sean normales.

3.6 CAMPANA DE MEDICION DE LOS SEDIMENTOS

3.6.1 Establecimiento de la Red Geodésica de Control

CEDEGE debe establecer dentro de los tres primeros años de operación del embalse una red de líneas de control para la medición del proceso de sedimentación del embalse.

Debido a la gran longitud de las colas de embalse, se recomienda que cada línea no sea ubicada a una distancia mayor a los 5 km de distancia. En la parte del embalse, cercana a la presa, las líneas deben estar por lo menos a una equidistancia de 2 km. La Figura 3-3 muestra un esquema con la ubicación tentativa de las líneas de control.

Una red de enlace, de primer orden, en ambos márgenes del embalse es requerido para establecer control con la referencia única del nivel del mar.

3.6.2 Muestreo de sedimentos en las obras de descarga

Se debe establecer un programa de muestreo de sedimentos en suspensión a la salida del túnel N°1 y en la estación fluviométrica de Alajuela. Muestreos en las tomas N°1 y 2 sería recomendable, durante las épocas de abatimiento del embalse.

3.6.3 Medición de los sedimentos en el Embalse

Con una frecuencia bi-anual se debe realizar campañas de medición de sedimentos acumulados en el fondo del embalse, a lo largo de las líneas de control que se describen en el numeral 3.5.1.

Las mediciones pueden ser efectuadas con sondas acústicas que CEDEGE ya ha adquirido. Estos equipos instalados en un bote patrulla, pueden dedicarse a este tipo de actividad en los meses

TABLA 3-5

RIO DAULE

CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN M3/SEG.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	61,6	279,8	810,6	895,5	566,0	239,0	79,8	36,3	25,1	25,4	23,5	16,3
1966	271,1	571,1	680,5	252,6	155,4	78,1	30,2	28,5	16,8	19,7	13,3	16,7
1967	320,0	573,6	396,6	123,1	107,0	48,4	32,7	23,8	19,4	18,4	12,9	12,9
1968	39,7	146,1	179,8	175,5	41,3	30,7	22,9	17,2	15,2	11,2	10,0	9,5
1969	34,5	52,6	257,6	546,8	466,8	310,3	80,7	34,7	23,6	17,6	16,3	21,7
1970	67,8	182,9	179,3	922,0	384,5	86,9	40,2	27,4	21,5	17,2	15,2	17,7
1971	55,2	398,0	916,5	374,8	71,5	37,8	26,5	20,5	16,6	15,4	13,3	16,6
1972	71,3	396,6	650,6	435,9	161,6	89,7	40,0	24,4	40,0	36,7	26,3	22,5
1973	445,9	583,9	551,7	799,9	585,5	108,7	62,4	35,5	28,9	24,3	19,9	21,1
1974	31,0	353,4	295,8	105,5	130,7	41,7	27,9	19,8	15,0	13,9	10,8	22,8
1975	309,2	705,1	585,2	689,6	135,2	93,8	44,8	29,3	21,8	16,2	12,6	38,7
1976	396,7	628,7	787,8	797,8	582,7	163,1	66,4	35,0	23,1	18,1	16,7	23,8
1977	156,2	315,0	664,5	229,6	100,3	72,1	37,0	24,1	14,8	25,3	9,2	14,7
1978	64,5	338,8	231,6	318,7	260,0	53,3	29,3	19,7	16,4	12,8	12,3	10,9
1979	35,6	154,2	249,6	343,4	64,8	61,2	34,0	19,7	22,2	14,8	9,9	7,7
1980	13,7	126,2	117,2	454,2	200,4	62,1	29,1	19,3	13,5	11,8	10,8	10,9
1981	8,7	480,2	513,4	428,8	67,3	28,6	19,3	14,6	11,8	9,1	7,4	9,9
1982	61,8	282,8	120,4	154,4	110,6	57,1	24,6	15,4	12,6	547,0	656,0	835,0
1983	135,1	662,6	860,5	797,5	607,3	498,0	265,0	194,0	203,0	105,0	58,0	60,0
1984	47,0	480,9	673,2	479,9	229,6	73,1	42,4	24,5	19,8	15,6	11,0	45,4
1985	209,9	189,9	264,0	119,8	57,0	58,2	29,7	18,5	12,7	9,9	7,1	50,7
1986	183,5		269,0	438,2	225,4	54,3	29,4	20,0	13,5	14,8	13,9	20,4

de mayo a junio con anticipación al período de abatimiento del embalse.

Debido a la longitud de las colas del embalse, las mediciones en estas se deben realizar cada 5 años.

3.7 GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

3.7.1 Generalidades

Todo el valle del río Daule está formado por rocas sedimentarias blandas. En el sitio de la presa, las formaciones sedimentarias son de los niveles superiores del grupo Daule (formación Balzar, Borbón y Onzole). Los sedimentos en su mayor parte están compuestos de areniscas tobácicas, limolitas y argilitas, de estratificación sub-horizontal con estratos ocasionales de conglomerados.

Durante los estudios y durante la construcción de la obra no se evidenció señales de discontinuidades estructurales, ni en los estratos de la fundación, ni en los estribos del sitio de cierre.

3.7.2 Estructura Geológica del sitio de cierre

En toda la zona del proyecto no se han detectado indicios de movimientos tectónicos asociados a fallas geológicas; los sistemas de diaclasamiento estudiados, indican dos direcciones predominantes; una NE - SO y la otra de frecuencia.

Es importante indicar que la ausencia de fracturas tanto en las galerías de drenaje como en los túneles, ha confirmado la tesis de que la acción erosiva del río ha provocado el diaclasamiento y fracturación de las rocas. Un rasgo estructural importante en el área del proyecto es la presencia de las discordancias, parecen ser discordancias de erosión de carácter local.

3.7.3 Estratigrafía

Las excavaciones realizadas, particularmente en el área de la presa y de la Estructura de compuertas del vertedero, han permitido confirmar las interpretaciones y correlaciones realizadas en anteriores; mediante observaciones y mediciones in situ, de los diferentes tipos de roca expuestos y sobre los que se cimentaron la presa y las demás obras.

Por esta razón en el presente informe se mantiene la división en la 4 unidades descritas en la etapa anterior, y se realiza una descripción más exacta de las características litológicas y mecánicas de los diferentes tipos de rocas que conforman estas unidades, así como también los diferentes tipos de contactos y cambios de facies que ocurren; sin hacer ningún tipo de análisis de los materiales que han sido desalojados.

Las características básicas de los depósitos observados, guardando las denominaciones y el orden de las unidades estratigráficas descritas en la etapa anterior son:

Unidad C

Se localiza en la parte baja del sitio de la presa y es una serie donde predominan las areniscas y las limolitas, que aflora exactamente a partir de las cotas 16 y 17 metros (medidas en el eje de la presa) hacia abajo, siendo el punto más bajo excavado en esta unidad de la cota +5 m.

Esta unidad puede subdividirse en 3 partes: C1, C2, y C3, cuyos límites son las discordancias existentes y comprobadas con los sondeos en los niveles 3 m y 4 m.

En la parte superior de la unidad C (C1), que predomina la cimentación de la presa, es una arenisca de color gris-azul, cuando esta seca, es de grano medio y grueso presentándose conglomerática en algunos sectores. Es una arenisca pobremente cementada que se disgrega fácilmente por la acción de una broca pero se mantiene estable en las paredes de los pozos o en taludes verticales durante la excavación, pero se la considera de pobres cualidades mecánicas.

Conforme se sube por los taludes se observa un cambio paulatino en la granulometría de la arenisca que se vuelve más fina, y entre las cotas 11 y 12 metros, en el eje de la presa, se presenta como una arenisca limosa de color verdosa y con inclusiones de granos de pómez, esta arenisca es más cementada y resistente.

Hacia la parte superior de la unidad "C" alrededor de la cota 15 existe una limolita de color café y el contacto con la arenisca inferior es transicional, es una limolita bien compacta, dura.

Un fenómeno importante dentro de esta unidad y en la misma subunidad C1 descrita arriba, se presenta aguas abajo del eje de la presa a partir del perfil 100 m se trata posiblemente de un cambio de facies, o un cambio de litofacie, ya que se presenta un cambio lateral a una argillita muy arenosa de color verde, bien compactada y fracturada; puede decirse que es un cambio brusco lo que implica modificaciones bruscas en las condiciones sedimentarias.

Unidad B'

La Unidad B' yace en forma discordante sobre la unidad C y es característica de esta unidad. La presencia de la estratificación cruzada está representada por areniscas y conglomerados con intercalaciones de lentes limosos y arcillosos.

Esta unidad también puede ser dividida en 2 subunidades, B1 y B2, en base a la discordancia que coincide con una superficie de relieve antiguo como el límite entre B1 y B2 en la cota 30 m el cual fue observado claramente durante la excavación de la galería de acceso en la margen derecha. La parte inferior B2 está compuesta por una arenisca conglomerática con lentes de conglomerado y de arenisca, es generalmente de color café-verdoso, bastante cementada; también es importante anotar que esta arenisca tiene un alto contenido de pómez como fue observada durante las excavaciones de las galerías.

La parte superior B1 está compuesta por un material más fino, más notorio en la margen derecha donde se presenta como argillita limosa de color gris-verdoso. En cambio en la margen izquierda se presentan sólo lentes de esta argillita y predomina una arenisca limosa. En esta unidad B' existen varios niveles de oxidación, característicos de ambientes variables húmedos y secos así como también horizontales con restos de flora.

La potencia de esta unidad llega hasta cerca de la cota +40, por lo que puede decirse que es de alrededor de 23 m.

Unidad B

Se encuentra ubicada concordantemente sobre la unidad B' y alcanza hasta la cota +52 m.

Es un nivel de depósitos predominante finos, limolitas y argillitas con intercalaciones de lentes de arenas finas. Los estratos de esta unidad son débiles se alteran rápidamente y debido al alto contenido de material volcánico (pómez) son de baja densidad.

Unidad A

A esta Unidad corresponden todos los sedimentos que yacen sobre la cota 52 en forma discordante. Está compuesta principalmente por areniscas brechosas y capas discontinuas y lenticulares de limolitas y argilitas. Esta Unidad puede ser dividida en dos partes, la parte inferior A' donde los elementos litológicos son más gruesos, areniscas conglomeráticas y brechosos; y la parte superior A donde predominan los lentes limosos y arcillosos. Esta Unidad A muestra los efectos de períodos de gran erosión y muchas veces cambios bruscos de estratos. En general son rocas de dureza media, mal cementadas. El plano N°XXX presenta la localización de las unidades estudiadas en el sitio de la Presa.

Los depósitos aluviales así como las terrazas, estudiados y mapeados en la etapa anterior fueron desalojados completamente sin ningún problema.

Depósitos Lacustres

Al este del sitio de la presa se localiza una zona de topografía ondulada la cual se encuentra rellena por depósitos de material fino, característicos de ambientes tranquilos como son los depósitos lacustres.

Durante la excavación realizada en el área del vertedero, estos materiales fueron desalojados pudiéndose anotar la siguientes observaciones.

La parte inferior está compuesta por una alternancia de capas arcillosas, limosas y de arena. Las arcillas y las materias orgánicas, con lentes de turba de hasta 0.5 m de espesor. Las capas de arena son generalmente de grano fino, altamente permeables. Esta secuencia puede observarse aproximadamente hasta la cota 65 m.

Sobre estas capas se deposita una arcilla limosa de color rojizo a veces bastante consolidada. El contacto de estos depósitos con las rocas subyacentes es en forma discordante y se localiza alrededor de la cota +50 m en el estribo izquierdo del canal del vertedero.

3.8 SISMICIDAD

3.8.1 Sismicidad en Ecuador

Ecuador yace sobre una faja continental de mucha actividad sísmica. Dicha faja abarca los paralelos 1.5°N a 5°S. Los epicentros de terremotos de poca profundidad yacen en dos cinturones principales, uno sigue la falla continental Dolores-Guayaquil y la otra, que yace mar afuera.

Como sucede en toda la Cordillera Andina, los hipocentros yacen a profundidades progresivamente más grandes hacia el Este, relacionándose este fenómeno con las zonas de subducción. Se considera de poca profundidad los eventos sísmicos que atienen sus epicentros a menos de 70 km, que son los comunes en la costa ecuatoriana.

3.8.2 La Red de Microsismicidad en la Cuenca del Río Guayas

En el 28 de julio de 1981, se celebró un Contrato entre CEDEGE y la Universidad de Texas, para la instalación de una red de estaciones registradoras de microsismos en el área de influencia de la presa Daule-Peripa.

Los objetivos primordiales para la instalación de esta red fueron:

- a) Verificar las asunciones del diseño sísmico de la presa Daule-Peripa, es decir constatar las características del sismo de diseño; y
- b) Registrar los posibles eventos sísmicos generado por el llenado del embalse.

De manera secundaria, pero no menos importante, los resultados de la red han servido para incrementar el conocimiento científico general en el área de la microsismicidad.

Los detalles de la red se presentan en otros informes especializados, la Figura 3-4, muestra la ubicación de las estaciones remotas y el centro de control en el área de influencia de la presa Daule-Peripa.

3.8.3 Resultados obtenidos del sistema

Más de 2.000 eventos sísmicos, de magnitud entre 0,1 y 3,0 han sido registrados por la Red, desde el momento de su instalación y puesta a punto en 1982.

En más de una ocasión, el sistema electrónico de la red ha fallado, produciéndose largos períodos de tiempo de inactividad en la detección de los sismos. Sin embargo, los resultados globales del período 1982-1988 no indican la presencia de fallas tectónicas activas que pudieran poner en peligro inmediato a las obras de represamiento.

Un incremento notable de la actividad sísmica, pero de magnitudes pequeñas y poco profundas, se ha notado desde enero de 1988, período en el cual se inició el llenado del embalse. Tal actividad, sin embargo, no permite calificar, de manera conclusiva, como de origen artificial, es decir, debido al llenado del embalse.

Como sucede en toda la Cordillera Andina, los hipocentros yacen a profundidades progresivamente mayores hacia el Este, relacionándose este fenómeno con las zonas de subducción. Se considera de poca profundidad los eventos sísmicos que atienen sus epicentros a menos de 70 km, que son los comunes en la zona ecuatoriana.

3.8.2 La Red de Microsismicidad en la Cuenca del Río Guayas

En el 28 de Julio de 1981, se celebró un Contrato entre CDEGE y la Universidad de Texas, para la instalación de una red de estaciones registradoras de microsismos en el área de influencia de la presa Dáule-Peripa.

Los objetivos primordiales para la instalación de esta red fueron:

- a) Verificar las asunciones del diseño sísmico de la presa Dáule-Peripa, es decir, constatar las características del sismo de diseño; y
- b) Registrar los posibles eventos sísmicos generados por el llenado del embalse.

De manera secundaria, pero no menos importante, los resultados de la red han servido para incrementar el conocimiento científico general en el área de la microsismicidad.

Los detalles de la red se presentan en otros informes especializados. La Figura 3-4, muestra la ubicación de las estaciones remotas y el centro de control en el área de influencia de la presa Dáule-Peripa.

3.8.3 Resultados obtenidos del sistema

Más de 2.000 eventos sísmicos, de magnitud entre 0,1 y 3,0, han sido registrados por la Red, desde el momento de su instalación y puesta a punto en 1982.

En más de una ocasión, el sistema electrónico de la red ha fallado, produciéndose largos períodos de tiempo de inactividad en la detección de los sismos. Sin embargo, los resultados globales del período 1982-1988 no indican la presencia de fallas tecnológicas activas que pudieran poner en peligro inmediato a las obras de represas.