EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PRESA DE EMBALSE EN EL PARQUE DEL CONOCIMIENTO

Henry Eduardo Gualpa Balladares (1), Dionicio Israel Gonzabay Rosales (2), Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, MSc. (3)
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (1) (2) (3)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (1) (2) (3)
Km. 30,5 Vía Perimetral, 09-01-5863, Guayaquil-Ecuador (1) (2) (3) (4)
hgualpa1@hotmail.com (1), digonzabay@hotmail.com (2), machecuad@gmail.com (3)

Resumen

La presente tesis tiene como principal objetivo la evaluación económica y el análisis de los procesos constructivos que se llevarán a cabo durante la construcción de la Presa de embalse en el Parque del Conocimiento.
La evaluación económica efectuada se basa en datos de investigaciones de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo procesos constructivos, para lo cual se ha contado con las experiencias adquiridas en la construcción de la primera Presa de embalse de la ESPOL
Este trabajo está integrado a otras cinco tesis que se están siendo realizadas en relación al proyecto, Parque del Conocimiento, implementado por el CICYT.

Abstract

The present thesis has as main objective the economic evaluation and the analysis of the constructive processes that will be carried out in the construction of the Reservoir Dam in the "Parque del Conocimiento".
The economic evaluation is based on data of field investigations and office, including constructive processes, for that which has had the remarkable experience of who we propose as Director of Thesis.
This thesis is integrated to other five that are making in relation to the project, "Parque del Conocimiento", favored by the CICYT ESPOL.

1. Introducción

El Parque del Conocimiento es un proyecto impulsado por la Espol mediante la Unidad de Planificación e implementado en el Centro de Investigación Científica y Tecnológica.
Dentro del proyecto Parque del Conocimiento está incluida la construcción de una Presa que generará un embalse de 20 ha. y un entorno paisajístico que además posibilitará el desarrollo de especies bioacuáticas. Otra función muy importante de la Presa es la regulación y control de los procesos erosivos, que por acciones antrópicas negativas está ocurriendo.
Esta tesis analiza todos los procesos constructivos de las obras partiendo de los estudios y los diseños realizados por otro equipo de trabajo.
El presupuesto que es el principal producto de esta tesis, es determinado a partir de análisis de precios unitarios, para cada rubro que comprende la construcción de la Presa.
El cronograma valorado está vinculado directamente al análisis de los precios unitarios y el proceso constructivo propiamente dicho.

Objetivos:

Realizar la evaluación económica y análisis de los procesos constructivos de la Presa Parque del Conocimiento. Determinar el Presupuesto Referencial, el Cronograma Valorado y las Especificaciones Técnicas que deben regir el proceso constructivo

- Generar las etapas de construcción de las diferentes obras, aplicando las especificaciones técnicas, que incluyen procesos, calidad y formas de empleo de los materiales comprendidos en los diseños.
- Analizar los rubros que incluyen materiales, mano de obra, equipos a utilizarse y finalmente el costo unitario.
- Determinar las cantidades de obra en función de los diseños efectuados.
- Obtener el Presupuesto de construcción de todos los elementos que incluye la Presa.
- Generar un cronograma valorado que permite el control del proceso constructivo, tanto en tiempo como en el empleo de recursos.

Metodología:

El trabajo se efectuó como sigue:

1. Se analizó toda la información existente en relación a los estudios y diseños de la Presa.
2. Se estableció que la obra consta de de tres partes principales, el cuerpo de presa, el aliviadero u obra de excedencia y el reservorio o embalse.
3. Partiendo de los diseños se determinaron las cantidades de obra correspondientes a cada rubro.
4. Se determinaron los precios unitarios para cada rubro.
5. Partiendo de las cantidades de obra el valor de cada rubro se determinó el Presupuesto.
6. Se vinculo el proceso constructivo de las obras a las especificaciones técnicas las mismas que facilitan la obtención de los mejores resultados.

7. Se generó un cronograma valorado para el control de las etapas de construcción.

2. Análisis de información existente

Topografía

El levantamiento topográfico fue realizado bajo la responsabilidad de La Unidad de Planificación en coordinación con el equipo de estudios y diseño de la Presa. El plano topográfico generado cubre un área de 155 Hectáreas, en las que se incluye: el sitio de presa, el área de emplazamiento del aliviadero y el reservorio o vaso. Este trabajo permite determinar áreas de emplazamiento de las obras, así como los volúmenes tanto de corte como de relleno que deben ser realizados para las diferentes obras, en función de los otros estudios y en relación directa a los diseños.

Geología

Se conoce que en toda el área de interés aflora formación geológica Cayo del Cretácico con una litología estratificada particular denominada Miembro geológico Cayo SS. En los trabajos de campo se ha determinado la existencia de una secuencia de estratos de areniscas de grano medio a fino, limolitas y lutitas ligeramente silicificadas.

Además se conoce que el espesor o potencia de estratos varía entre 5 a 25 cm., los más finos se presentan bien fragmentados, los de mayor espesor que es más competente, presentan las mejores características de resistencia. Se determino que el macizo rocoso tiene familias de fracturas que generan infiltración a través de la cimentación y empotramientos de la Presa.

Prospección Geotécnica

Consiste en el trabajo y la realización de sondajes geofísicos por medio del dispositivo Schlumberger. Se realizaron 40 calicatas en varios sitios de vaso, presa y aliviadero. Se realizó muestreo y ensayos de campo y de laboratorio para determinar los propiedades de resistencia portante, al corte y la permeabilidad, que incluye la conductividad hidráulica de las fracturas.

Hidrología

Este estudio determinó los parámetros meteorológicos requeridos para los diseños de la presa, tales como humedad ambiental, temperatura, vientos y en especial las precipitaciones ocurridas y que pueden ocurrir. Se analizaron los datos proporcionados por las estaciones meteorológicas existentes en Guayaquil y la información generada en el INAMHI.

Una información muy importante se obtuvo del funcionamiento de la Presa ya construida en el Campus Gustavo Galindo.

Así se determinó que temperatura media anual es de 25ºC, la evaporación de aproximadamente 1207.5 mm. y las precipitaciones ocurridas que se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 2.3 Precipitaciones máximas esperadas en 24 horas

T retorno (años)	Probabilidad (%)	F (x)	z	Pmax (mm) en 24h	Riesgo de fallo
10	0.10	0.90	1.70249591	206.75	0.93
15	0.07	0.93	2.11733499	227.72	0.82
20	0.05	0.95	2.40779468	242.41	0.72
25	0.04	0.96	2.63152485	253.72	0.64
50	0.02	0.98	3.32073159	288.57	0.40
100	0.01	0.99	4.00484933	323.16	0.22

Se definió que la lluvia de diseño para un periodo de retorno de 25 años tiene un valor es 253.72mm.

Hidráulica

Mediante el plano topográfico se obtienen las siguientes áreas y volúmenes, que permiten determinar la curva de embalse:

Tabla 2.4 Curva Área, volumen cota

Cota	Área(m^2)	Área Media	Δh	Volumen(m^3)
43	214.285.11	204.975.46	1	1' 252.507.095
42	195.665.80	187.038.06	1	**1'047.531.64**
41	178.410.32	169.913.18	1	860.493.58
40	161.416.03	150.387.58	1	690.580.405
39	139.359.13	130.429.67	1	540.192.825
38	121.500.20	111.476.10	1	409.763.16
37	101.452.00	91.622.20	1	298.287.06
36	81.792.40	73.112.90	1	206.664.86
35	64.433.39	53.059.82	1	133.551.965
34	41.686.24	33.254.18	1	80.492.15
33	24.822.11	20.598.87	1	47.237.975
32	16.375.62	13.259.25	1	26.639.11
31	10.142.87	7.655.73	1	13.379.865
30	5.168.58	3.881.32	1	5.724.14
29	2.594.06	1.842.82	1	1.842.82
28	1.091.58			

Se determinó que la cota de embalse es la 42, generándose un volumen de embalse de más de un millón de metros cúbicos. Se evaluó además que para un periodo de retorno de 25 años se produciría un caudal de 9.4 m^3/s., con el cual se diseña el aliviadero.

3. Descripción de la Obra a Realizarse.

La presa diseñada es de tierra tipo zonada, con un núcleo impermeable de arcilla compactada y espaldones soportantes de limolitas y areniscas meteorizadas. El cuerpo de la presa contiene también filtros y drenes para regular el flujo de agua interno. En el paramento aguas arriba se tendrá un enrocado de protección.

Las características de la presa son las siguientes.

- Altura máxima: 22 m.
- Cota de máximo embalse: 42 m.s.n.m
- Cota de corona: 45 m.s.n.m
- Longitud de presa: 300 m.
- Ancho de corona: 12 m.
- Talud de espaldón aguas arriba: 2:1
- Talud de espaldón aguas abajo: 2:1
- Bermas: 4 m en la cota 37.
- Área de embalse: 187.038.06 m2

El análisis de estabilización de los taludes determino estabilidad en las condiciones más críticas, lo cual garantiza que la presa diseñada es estable.

El vertedor está conformado por cuatro tramos: canal de aproximación, sección de control o aliviadero, sección de descarga o rápida, estructura terminal o disipador de energía y canal excavado en el terreno del sitio para la descarga.

Dado que se definió el máximo nivel de embalse a la cota 42, se determinó que la cota del canal de aproximación (inicio del vertedor) será 41. El elemento del aliviadero que controla el nivel del embalse es el cimacio que tiene una altura libre de 0.80 m, sobre el ocurrirá el flujo de agua cuando el nivel de embalse exceda la cota 42.

4. Determinación de las Cantidades de Obra.

En este capítulo se analizaron las cantidades de cada rubro incluido como parte de la obra, para efectuar un presupuesto con estas cantidades basadas en los planos de diseño y definiendo las unidades de cada rubro para el análisis de precios unitarios.

Los rubros con sus respectivas cantidades y unidades de evaluación se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Rubros con sus respectivas unidades y cantidades de obra.

[redacted]

5. Costos Unitarios y Presupuesto

Definidos los rubros con sus correspondientes unidades y el análisis de precios unitarios considerando los materiales, mano de obra, equipo y transporte requeridos para la construcción de la obra (Tabla 5.1), con la ayuda de estos precios unitarios y las cantidades de obra descritas en el capítulo anterior se obtuvo el presupuesto cuyo valor es de 2.474.221,88 de dólares americanos.

Tabla 5.1 Tabla de rubros y precios unitarios

[redacted]

6. Cronograma Valorado

Son tablas y gráficos en los que se muestran los tiempos de duración, de inicio y término de de cada una de las actividades, las cuales están en relación con los recursos disponibles para construir la obra.

El control y evaluación consiste en determinar parámetros comparativos entre lo planificado y lo que ocurre en las etapas de construcción de las obras. La evaluación facilita la corrección de posibles desviaciones y la optimización de recursos, la planificación gráfica de un proyecto, se desearrolla mediante dos métodos:

- El Diagrama de Gantt
- La programación PERT – CPM.

El Diagrama de Gantt o Diagrama de Barras es la representación en el plano cartesiano de dos variables que definen la programación:

Actividades o Partidas versus Duraciones.

En la evaluación del proyecto mediante el método de diagrama de barras se determina una duración de 11.5 meses

7. Procesos Constructivos y Especificaciones Técnicas

Se detalla el proceso constructivo a seguir tanto de la obra, como de cada rubro relacionado a la construcción de la Presa. Las especificaciones técnicas permiten controlar tanto procesos constructivos como calidad de materiales de toda la obra a ser ejecutada.

Algunas especificaciones generales que se formulan en el proyecto ya han sido determinadas o estandarizadas por organismos estatales tales como MTOP, otras tienen características especiales y están basadas en la experiencia adquirida por expertos de reconocida solvencia y experiencia.

8. Conclusiones

- Se ha generado un programa de construcción de la presa Parque del conocimiento, que podrá ser tomado como una guía para el proceso constructivo propiamente dicho.
- Se han elaborado especificaciones técnicas que permiten efectuar la construcción de la obra
- Se ha efectuado un análisis de los precios unitarios para cada rubro.
- Como parte importante de este trabajo se ha determinado el presupuesto o costo de construcción del proyecto.

9. Bibliografía

- BARRIOS LAMARQUE, GASTÓN. Manual de Análisis de Costos en la Construcción 1992 [referencia]. 4ª edición Chile, Santiago
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, Recomendaciones para el Proyecto, Construcción y Control de Anclajes 2005, 3ª edición. Almagro, Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO, Guía para el Diseño y Ejecución de Anclajes en Obras de Carreteras 2001, 1ª edición. Madrid.
- STEVEN KOSMATKA, KERKHOFF, PARANESE, TANESI, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, 2004, 1ª edición, PCA, México.
- EDUARDO MARTINEZ, PALOMA BATANERO, IGNACIO MARTINEZ, ELENA GONZALEZ, Diseño de Presas Pequeñas Bureau of Reclamation, 2007, 3ª edición, Bellisco, Madrid.