

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

“EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL
EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU
VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN
SEDIMENTADO”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES :

Br. OSWALDO ALEXANDER NOMBERTO GRADOS

Br. ROBERT JAISON SILVA ANGULO

ASESOR :

Ms. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA

TRUJILLO-PERÚ
2015

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

“EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL
EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU
VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN
SEDIMENTADO”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES :

Br. OSWALDO ALEXANDER NOMBERTO GRADOS

Br. ROBERT JAISON SILVA ANGULO

ASESOR :

Ms. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA

TRUJILLO-PERÚ
2015

**“EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL
EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL
PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO”**

Br. Oswaldo Alexander Nomberto Grados

Br. Robert Jaison Silva Angulo

APROBADO POR:

Ing. Carlos Manuel Vargas Cárdenas
PRESIDENTE

Ing. Ricardo André Narváez Aranda
SECRETARIO

Ing. Jorge Luis Paredes Estacio
VOCAL

ASESOR:

Ing. Juan Pablo García Rivera
ASESOR

PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO”

Atentamente,

Trujillo, Noviembre del 2015

Br. NOMBERTO GRADOS, Oswaldo Alexander

Br. SILVA ANGULO, Robert Jaison

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, quien me guía y me protege día a día. A mi madre: Gene, que es la persona que me impulsa a lograr mis objetivos, la que con esfuerzo me supo sacar adelante, formarme en valores, principios, perseverancia y mi carácter para afrontar los momentos más difíciles, por corregirme cuando era necesario y celebrar junto a mí mis logros, por ser mi mejor consejera, amiga y psicóloga. A mis padrinos: Armando y Sonia que siempre están a mi lado y sé que están orgullosos de la persona en la cual me he convertido y haré que se sientan mucho más orgullosos de mí. A mis abuelos: Daniel y Regina que siempre están conmigo. A mi familia y amigos por compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean.

OSWALDO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A mi padre Rodolfo (QEPD) por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su gran amor. A mi madre Rosa por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mis hermanos y amigos. A mi esposa Mónica y a mis hijas Anghelina y Gabriela por su amor y su ayuda incondicional, porque a pesar de las dificultades siempre estuvieron a mi lado y nunca dejaron de creer en mí, son y serán siempre mi alegría y fuente de inspiración

ROBERT

ACTO QUE AGRADECEMOS A:

DIOS	Todo poderoso que nos ha dado vida, salud, inteligencia y nos han guiado durante este proceso de aprendizaje.
NUESTROS PADRES	Por el apoyo incondicional y sacrificios realizados en nuestro proceso de formación.
NUESTROS HERMANOS	Por el apoyo y motivación de seguir luchando para el logro de nuestros objetivos.
NUESTROS ABUELOS	Por su amor siempre estuvieron a nuestro lado motivándonos a cumplir nuestros propósitos personales.
NUESTROS MAESTROS	Que nos apoyaron durante nuestra formación profesional.
NUESTROS AMIGOS	Que estuvieron con nosotros siempre, espero que sigan buscando sus sueños en la vida.
PEJEZA	Por el apoyo e información brindada.
NUESTRO ASESOR	Por el apoyo, las enseñanzas y el tiempo brindado.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 General	5
1.3.2 Específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Delimitación del Área de Estudio	6
2.1.1 Ubicación Geográfica	6
2.1.2 El río Jequetepeque	7
2.1.3 Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña (PEJEZA)	7
2.1.4 El embalse Gallito Ciego	8
2.2 Embalses	10
2.2.1 Embalses de simple propósito	11
2.2.2 Embalses de múltiple propósito	11
2.2.3 Tipos de Embalses	12
2.2.4 Factores físicos que inciden en la operación de embalses	13
2.2.5 Características Morfológicas	14

2.3 Presas	15
2.3.1 Tipos de Presas	16
2.3.2 Presas de tierra	17
2.4 Hidráulica del Embalse	18
2.4.1 Efecto de Remanso en el Embalse	21
2.5 Batimetría	22
2.5.1 Levantamiento Hidrográfico	23
2.5.2 Levantamiento Batimétrico	26
2.5.3 Levantamiento Topográfico en la Cola del Embalse	36
2.5.4 Áreas del Embalse	38
2.5.5 Volumen del Embalse	39
2.6 Sedimentos	42
2.6.1 Método utilizado para el cálculo de sedimento	43
2.6.2 Transporte de Sedimentos	45
3. RESULTADOS	
3.1 Cálculo del sedimento acumulado	47
3.2 Proceso de Sedimentación	48
3.2.1 Pérdida de volumen muerto	54
3.3 Proyecciones de la Sedimentación	56
4. CONCLUSIONES	
5. RECOMENDACIONES	
ANEXOS	

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Cuenca del Río Jequetepeque	6
2	Embalse de Gallito Ciego	8
3	Función y capacidad reguladora de los embalses	10
4	Embalse de múltiple propósito de Gallito Ciego	12
5	Presa Gallito Ciego	17
6	Esquema de niveles en presa	18
7	Típicas Ecosondas Monohaz y Multihaz	25
8	Esquema de trabajos batimétricos	27
9	Esquema de integración de equipos	27
10	Esquema de Trabajo para Posicionamiento con DGPS	29
11	Posicionamiento de la embarcación en el Levantamiento Batimétrico	30
12	Método para la determinación de la profundidad del embalse	33
13	Líneas planificadas para el Embalse Gallito Ciego	34
14	Gráfica de área-elevación del embalse Gallito Ciego 2013	39
15	Gráfica de volumen-elevación del embalse Gallito Ciego 2013	41
16	Reducción de volumen debido a la sedimentación	43
17	Reducción de volumen debido a la sedimentación 2013	48
18	Gráfica de acumulación de sedimentos	50
19	Gráfica de porcentaje de pérdida de capacidad	53
20	Proyección de sedimentación de Gallito Ciego	55
21	Decremento de volumen muerto	58

TABLAS

I	Áreas del embalse	38
II	Volumen del embalse	40
III	Transporte de sedimento	46
IV	Volumen de sedimento al 2013	47
V	Registro de sedimento acumulado en el embalse Gallito Ciego	49
VI	Capacidad del embalse Gallito Ciego al 2013	50
VII	Sedimentación en el embalse Gallito Ciego	51
VIII	Sedimentación en el embalse Gallito Ciego	52
IX	Proceso de Sedimentación en el embalse Gallito Ciego	52
X	Proyección de sedimentación en el embalse Gallito Ciego	57

GLOSARIO

Batimetría	Proceso de sondeo para obtener los perfiles sumergidos en bahías, lagos, embalses, etc.
Embalse	Lago artificial construido para cumplir uno o múltiples propósitos.
Perfil	Figura que representa un cuerpo cortado real o imaginariamente por un plano vertical.
Sedimento	Partículas no consolidadas creadas por la meteorización y la erosión de rocas, y transportadas por el agua.
Vida útil	Es la duración estimada que un objeto puede tener cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado.

RESUMEN

En este trabajo titulado EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO, se describen en forma general conceptos básicos necesarios para realizar un estudio de la sedimentación de embalses.

Para el análisis se usarán las batimetrías del embalse, con este análisis se podrá determinar la sedimentación actual del embalse y determinar de qué manera afecta la vida útil del embalse, para ello es necesario hacer una comparación de las batimetrías

La batimetría refleja la cantidad de agua que tiene a diferentes cotas. Debido a la sedimentación este irá decreciendo año con año. Para la sedimentación se obtendrán proyecciones y gráficos en los cuales se reflejará el estado del embalse Gallito Ciego; el método a utilizar será directo, el cual consiste en comparaciones de perfiles transversales y longitudinales arrojados de la batimetría y chequeando la reducción de áreas que ha sufrido el embalse; se crearán modelos que ayudarán a determinar el tiempo de vida útil, así como predicciones de sedimentación para años venideros.

Abstract

In this paper titled VOLUME ASSESSMENT SEDIMENT DAM RESERVOIR GALLITO LIFE DURING BLIND TO ESTIMATE SETTLING volume projection they are described in general basic concepts needed to conduct a study of reservoir sedimentation.

To analyze the bathymetry of the reservoir will be used, with this analysis we can determine the current sedimentation of the reservoir and determine how it affects the life of the reservoir, this requires a comparison of the bathymetry

Bathymetry reflects the amount of water that has different dimensions. Due to sedimentation this will decrease each year. For sedimentation projections and graphs in which the state will reflect Gallito Ciego dam will be obtained; The method used shall be direct, which involves comparisons of transverse and longitudinal profiles thrown checking bathymetry and reducing areas that have suffered the reservoir; models that will help determine the shelf life and settling predictions for future years will be created.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de operaciones del llenado del embalse de la Represa de Gallito Ciego en 1988, se ha llevado un control de la acumulación de sedimentos en dicho embalse, para lo cual se han realizado hasta la fecha ocho batimetrías, las cuales fueron efectuadas en los años de 1991, 1993, 1999, 2000, 2006, 2007, 2010 y 2013. Este tipo de control se hace necesario debido a que la acumulación de sedimentos en los embalses determina la vida útil de los mismos y permite conocer el avance de la acumulación de sedimentos, es decir, significa saber cuántos años de vida útil quedan para un embalse.

Existen estudios previos que han evaluado y proyectado el proceso de acumulación de sedimentos en el embalse de Gallito Ciego, sin embargo, de estos no se cuenta con la información completa. Se sabe que la mejor manera de ajustarse a la realidad es hacer las pruebas con alguna regularidad, para tener una proyección más realista de lo que está sucediendo.

1.1. Problema

La Intensa sedimentación producida por lluvias estacionales y por los fenómenos climatológicos tales como el fenómeno del niño el cual disminuye el tiempo de vida útil del embalse previsto en los diseños.

El tiempo de vida útil, llamado también vida económica, de las grandes presas se define como el tiempo que tiene que transcurrir, mínimamente, sin que la capacidad útil se vea afectada por la intrusión de sedimentos. Desde el momento en que los sedimentos invaden el volumen útil, éste va disminuyendo progresivamente hasta desaparecer, en cuyo periodo hay una supremacía enorme de costos sobre los beneficios. Cabe indicar que el mantenimiento de las grandes presas es costoso, muy por encima de lo que significaría construir una presa nueva similar. Cabe destacar que el horizonte de recuperación o de retorno de la inversión está dado por el tiempo de vida útil y que, todo colapso prematuro corta el flujo beneficios, generando pérdidas económicas.

El reservorio Gallito Ciego, canales principales, redes de riego y drenaje, permiten la optimización del riego de más de 35000 ha y la incorporación de otras 7000 ha, en el departamento de La Libertad. Así mismo se encuentra operando la central hidroeléctrica de Gallito Ciego con una potencia máxima de 34000 Kw.

El embalse fue diseñado para una vida útil de 50 años, con un volumen útil de 400.4 MMC y un volumen para sedimentos de 85 MMC. Además, por la ubicación de las canteras del material de presa, un volumen adicional de 17 MMC se sumó al volumen total del embalse, pero no se tiene información topográfica de replanteo, ni las cantidades extraídas de cada cantera.

La represa Gallito Ciego está sufriendo una colmatación acelerada, debido a la inestabilidad de las vertientes de los ríos tributarios que desembocan al río Jequetepeque; este proceso se ha incrementado con los recientes períodos húmedos que han ocurrido últimamente, este fenómeno está acortando la vida útil de la represa.

1.2. Justificación

El mayor problema que enfrentan las grandes presas es el acortamiento de la vida útil, fenómeno común a la mayoría de presas del mundo, ocasionada por la acelerada erosión de las cuencas de captación, con lo cual las presas tienden a colmatarse rápidamente por la acumulación acelerada de sedimentos a tasas muy superiores a las previstas en los diseños (Jiménez, O., Farías, H., 2005). Por ello, la sedimentación de embalses es un tema de mucho interés por constituir un grave problema, y más aún en países con mayor incidencia de fenómenos hidrológicos extremos (Spalleti, P., Brea, J. 1998).

En el Perú, son muy vulnerables las grandes presas ubicadas en las cuencas bajas de la Vertiente del Pacífico norte, cuencas caracterizadas por tener un relieve muy irregular, abrupto y escarpado, fuertes pendientes, suelos inestables, escasa cobertura vegetal y un régimen de intensas y recurrentes precipitaciones, problema agravado por la presencia los eventos periódicos como el Fenómeno de El Niño (Rocha A., 2006). Todo esto, unido a la falta de prácticas de manejo, acelera el proceso de sedimentación y colmatación temprana de las grandes presas allí asentadas.

La presa Gallito Ciego constituye un buen referente de toda esta problemática, que es materia de análisis en el presente trabajo. La carencia o escasa información hidrometeorológica, sobre todo, en lo que respecta a hidrometría y sedimentología, con adecuada distribución en espacio y tiempo, constituye una de las grandes debilidades en los países en vías de desarrollo, situación que influye en forma severa en la calidad de los estudios hidrológicos. Los estudios hidrológicos de mala calidad conllevan también a que los estudios hidráulicos estén condenados a seguir el mismo camino en cuanto a producto, aun cuando se recurra a modelos matemáticos sofisticados. Esta situación, de falta de información, posterga enormemente el uso adecuado de la ciencia y tecnología modernas en la solución de problemas relacionados con la hidráulica de transporte de sedimentos, tal como sucede con las grandes presas construidas en Perú.

Los megaproyectos de grandes presas en la vertiente del Pacífico norte de Perú, por su importancia, deben someterse a un tratamiento especial, debido a que no sólo implica la construcción física del proyecto sino que debe estar amarrado necesariamente a otros grandes proyectos, como son el manejo de cuenca, control de sedimentos y desmantelamientos. La etapa de pre factibilidad de estos proyectos, debiera pasar por todo este conjunto de análisis y, con certeza que no pasarían más allá de esta fase.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Realizar la evaluación del volumen de los sedimentos del embalse de la presa gallito ciego durante su vida útil para estimar la proyección del volumen sedimentado.

1.3.2. Específicos

1. Determinar la cantidad de sedimento y el comportamiento de los afluentes comparándolos con los datos que se tienen de años anteriores.
2. Predecir cuánto tiempo de vida útil tiene la presa y en cuanto ha disminuido su volumen útil.
3. Estimar el volumen muerto actual del embalse.
4. Calcular curva de capacidad del embalse.

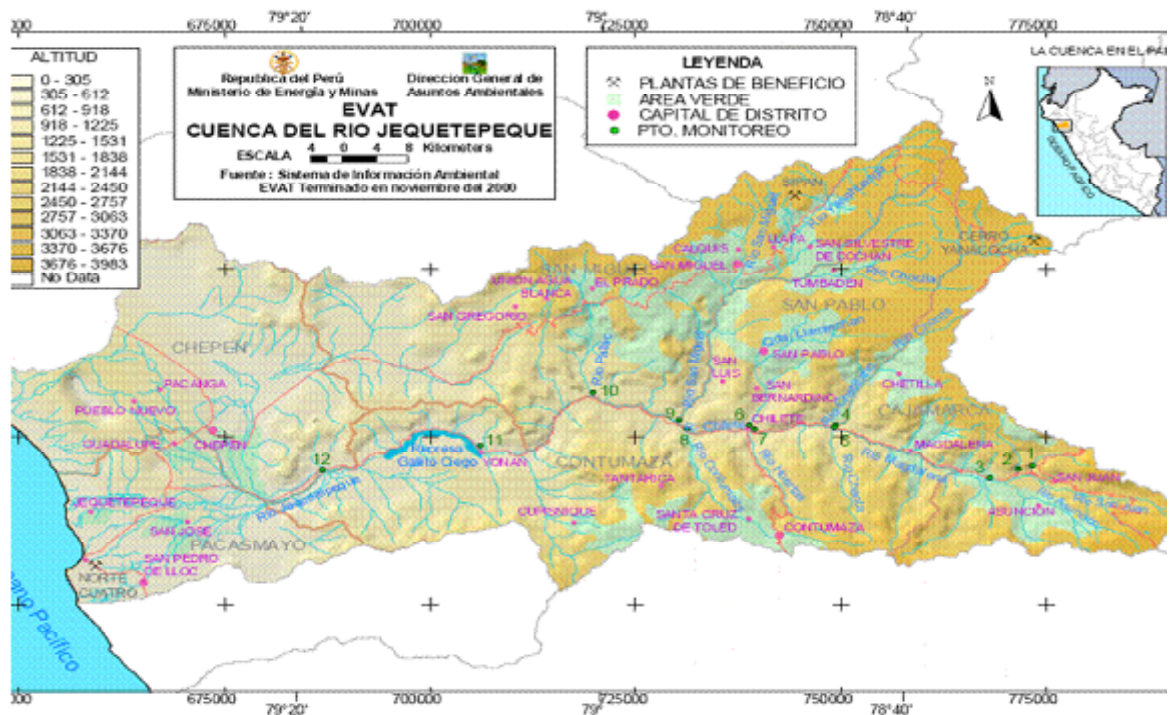
2. MARCO TEÓRICO

2.1. Delimitación del Área de Estudio

2.1.1. Ubicación Geográfica

La Cuenca del río Jequetepeque comprende territorios de las provincias de Cajamarca, Contumazá, San Pablo y San Miguel en Cajamarca, y las provincias de Chepén y Pacasmayo en La Libertad. Se extiende entre las latitudes 6°48' y 7°30' Sur y las longitudes 78°22' y 79°41' Oeste, con niveles latitudinales que varían entre 00 y 4188 m.s.n.m.

Figura 1. Cuenca del Río Jequetepeque



2.1.2. El Río Jequetepeque

El Río Jequetepeque que corre de Este a Oeste 150 km para entregar sus aguas al Pacífico, tiene más de treinta ríos secundarios y muchos riachuelos y quebradas menores. Las características hídricas de esta red de drenaje están en función de las condiciones climáticas, de allí, la presencia de ríos y riachuelos continuos, temporales, periódicos y ocasionales. Es decir, que la diferenciación de los periodos secos y húmedos tan marcados en el año hidrológico hace que el Río Jequetepeque sea de régimen muy irregular. El 60 a 80 por ciento de la masa anual escurre en tres meses y en promedio la relación entre el mes de menor descarga y el mes de mayor descarga es de 1:25.

2.1.3. Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña (PEJEZA)

Proyecto Especial Hidroenergético interregional del Ministerio de Agricultura gestionado por un Consejo Directivo, que formula y ejecuta proyectos de inversión pública de infraestructura hidráulica, genera y transfiere tecnología agrícola aplicada, opera y mantiene la infraestructura hidráulica y promueve la inversión privada; con el propósito de aprovechar eficientemente el agua y suelo y otros recursos naturales, cabe mencionar que es un proyecto de tres etapas consecutivas. La primera contempla la construcción y puesta en operación de la Represa Gallito Ciego para la regulación del río Jequetepeque; la segunda, el mejoramiento del riego en el valle del Zaña; y la tercera, el desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Jequetepeque.

2.1.4. El Embalse Gallito Ciego

La obra fundamental del proyecto de irrigación de Jequetepeque Zaña, se emplaza en el cauce del río, comprende: la presa, el aliviadero, la carretera actual, la central hidroeléctrica y obras complementarias.

2.1.4.1. Situación Geográfica

El embalse Gallito Ciego está ubicado en el distrito de Yonán, Prov. de Contumazá en Cajamarca, aproximadamente a 7°13' latitud Sur y 79°10' longitud Oeste. Su altitud media es de 350 m.s.n.m.

Figura 2. Embalse de Gallito Ciego



2.1.4.2. Datos del Embalse

La presa se localiza sobre el curso inferior del río Jequetepeque, en un estrechamiento del valle con laderas inclinadas, forma un vaso de aproximadamente 12 km de largo y de 1 a 2 km de ancho, cubriendo un área de aprox. 14 km², constituyéndose como el segundo de mayor capacidad en el Perú.

2.1.4.3. Datos de la presa

La presa Gallito Ciego es de tierra zonificada, de sección aproximadamente simétrica, con una altura máxima de 105,44 m y con un núcleo central de impermeabilización de concreto armado. Sus dimensiones generales son: un ancho de 10 m con una longitud de 797 m en la corona y 527 m de ancho con una longitud de 450 m en la base. Los taludes exteriores de la presa están protegidos por un enrocado (“rip rap”) para contrarrestar la acción erosiva del oleaje aguas arriba y otros agentes atmosféricos aguas abajo.

2.1.4.4. Datos característicos iniciales

- Nivel Mínimo de la explotación..... 361.00 m.s.n.m.
- Nivel Máximo de embalse útil..... 404.00 m.s.n.m.
- Nivel Máximo en crecidas.....410.30 m.s.n.m.
- Volumen Muerto por sedimentación..... 85.0 M.M.C.
- Volumen de embalse útil..... 400.40 M.M.C.
- Volumen de retención de crecidas..... 85.60 M.M.C.

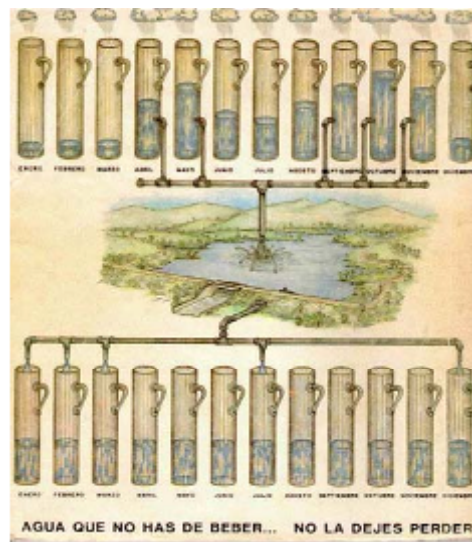
2.1.5. Condiciones Hidrológicas

El año hidrológico se inicia en el mes de octubre con las primeras lluvias, sigue un periodo de descargas altas desde noviembre hasta abril y otro de descargas bajas o estiaje de mayo a setiembre.

2.2. Embalses

En el uso de embalses, tienen entre sus funciones principales la de acumular agua durante períodos de gran escorrentía, para luego liberarla con el propósito de ser utilizada en el momento y en la forma que más convenga a los intereses de las políticas operativas (Figura 1). Los embalses son volúmenes de agua retenidos en un vaso topográfico natural o artificial gracias a la realización de obras hidráulicas.

Figura 3. Función y capacidad reguladora de los embalses



Fuente: Villamizra pequeños almacenamientos .HITMAT. 1989

2.2.1. Embalses de simple propósito

Son denominados así aquellos embalses que son diseñados para ser utilizados con un propósito específico y único, ya sea para regular el caudal de un río o arroyo, almacenando el agua de los períodos húmedos para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego, para el abastecimiento de agua potable, para la generación de energía eléctrica, para permitir la navegación o para diluir poluentes, contener caudales máximos de avenidas o crecidas, crear una diferencia de nivel para generar energía eléctrica, mediante una central hidroeléctrica, crear espacios para esparcimiento y deportes acuáticos.

2.2.2. Embalses de múltiple propósito

Son embalses diseñados para desempeñar dos o más funciones. En relación con los embalses de simple y múltiple propósito, existe una marcada diferencia en lo concerniente al proceso de operación, resultando ésta ser una tarea muy compleja en los embalses de funciones varias, pues habrá que definir con claridad cuáles son las funciones de mayor prioridad que deberán satisfacerse. Con base en esto, plantear las diversas variables y restricciones que intervienen en las diferentes políticas operativas, capaces de suplir satisfactoriamente cada una de las demandas requeridas.

Figura 4. Embalse de múltiple propósito Gallito Ciego



2.2.3. Tipos de embalses

Tomando en consideración el período de almacenaje y el grado de regulación que ofrezcan los embalses, el que depende, tanto de su capacidad volumétrica como del caudal que reciben éstos durante la temporada húmeda, así como, de las exigencias de demanda a que se encuentren sometidos los mismos, es posible efectuar una clasificación más de los diversos tipos de embalses.

2.2.3.1. Embalses estacionales

Este tipo de embalses tienen la capacidad de almacenar agua durante la estación lluviosa, para tratar de regularla en forma eficiente y de acuerdo con la demanda, durante el período seco o de estiaje.

2.2.3.1. Embalses horarios

Estos embalses tienen una capacidad de almacenamiento relativamente baja y generalmente su vaciado se realiza en términos de horas, condición que justifica su nombre. El llenado de este tipo de embalses se puede llevar a cabo tanto en un lapso de horas como de días, dependiendo del caudal que afluya al mismo, una de sus funciones principales, es suplir las variaciones instantáneas de demanda.

2.2.4. Factores físicos que inciden en la operación de embalses

Para la planificación de los programas de operación de proyectos de recursos de agua es necesario considerar ciertos factores físicos sumamente incidentes en el comportamiento hidrológico de la cuenca en estudio. En el caso particular de los embalses, los principales factores físicos incidentes son: las características morfológicas de la cuenca, los parámetros geológicos de la región y los parámetros climáticos que imperan en la zona.

2.2.5. Características morfológicas

Las características morfológicas, tanto de la cuenca como del propio embalse, tienen una incidencia determinante cuando se pretende predecir la respuesta hidrológica, a partir del análisis cuantitativo de ciertos parámetros asociados a la morfología, tales como: la densidad de drenaje, longitud de flujo de superficie, relaciones del área, forma de la cuenca y del embalse y pendiente del cauce. La longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividido por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje. Una densidad alta refleja una cuenca muy drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad, refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de esorrentía y las tasas de flujo máximo.

El hidrograma típico de crecida de un pequeño río tiene generalmente la forma de una curva que asciende rápidamente hasta un caudal máximo y luego desciende más lentamente. Si la avenida se conduce a través de un embalse el hidrograma de aguas abajo es considerablemente modificado, convirtiendo la punta de la crecida en una curva ligeramente achatada. Esto se debe al almacenamiento temporal dentro del embalse, cuyo efecto es siempre el de regular, prolongando la duración del flujo de la avenida. Esto evidencia la cualidad que tienen los embalses de moderar los picos de crecida.

2.3. Presas

Una presa es una estructura que se emplaza en una corriente de agua para embalsarla y/o desviarla para su posterior aprovechamiento o para proteger una zona de sus efectos dañinos.

Las presas permiten controlar y disponer de agua con los siguientes fines:

- ▶ Consumo humano
- ▶ Consumo industrial
- ▶ Riego
- ▶ Control de crecidas
- ▶ Navegación
- ▶ Protección de márgenes
- ▶ Generación Eléctrica
- ▶ Turismo, Esparcimiento y Recreación
- ▶ Piscicultura
- ▶ Contención de aluviones

2.3.1. Tipos de Presas

Existen numerosas clasificaciones, dependiendo de:

- Si son fijas o móviles (hinchables, por ejemplo)
- Su forma o manera de transmitir las cargas a las que se ve sometida
- Los materiales empleados en la construcción

Dependiendo de su forma pueden ser:

- De gravedad
- De contrafuertes
- De arco simple
- Bóvedas o arcos de doble curvatura
- Mixta, si está compuesta por partes de diferente tipología

Dependiendo del material se pueden clasificar en:

- De hormigón (masivo convencional o compactado con rodillo)
- De mampostería
- De materiales sueltos (de escollera, de núcleo de arcilla, con pantalla asfáltica, con pantalla de hormigón, homogénea)

2.3.1.1. Presas de Tierra

Las presas de materiales sueltos son terraplenes artificiales construidos para permitir la contención de las aguas, su almacenamiento o su regulación. Este tipo de presa fue la más utilizada en la antigüedad. En los siglos XIX y XX han tenido uso bastante difundido debido al rápido desarrollo de la técnica para trabajos con tierra y roca, y por la gran variedad de esquemas constructivos que permite utilizar prácticamente cualquier suelo que se encuentre en la zona, desde materiales de grano fino hasta suelos rocosos previamente fracturados. Además de esto, las presas de materiales sueltos tienen menos exigencias a la deformabilidad de la fundación que cualquier otro tipo de presa.

Figura 5. Presa Gallito Ciego

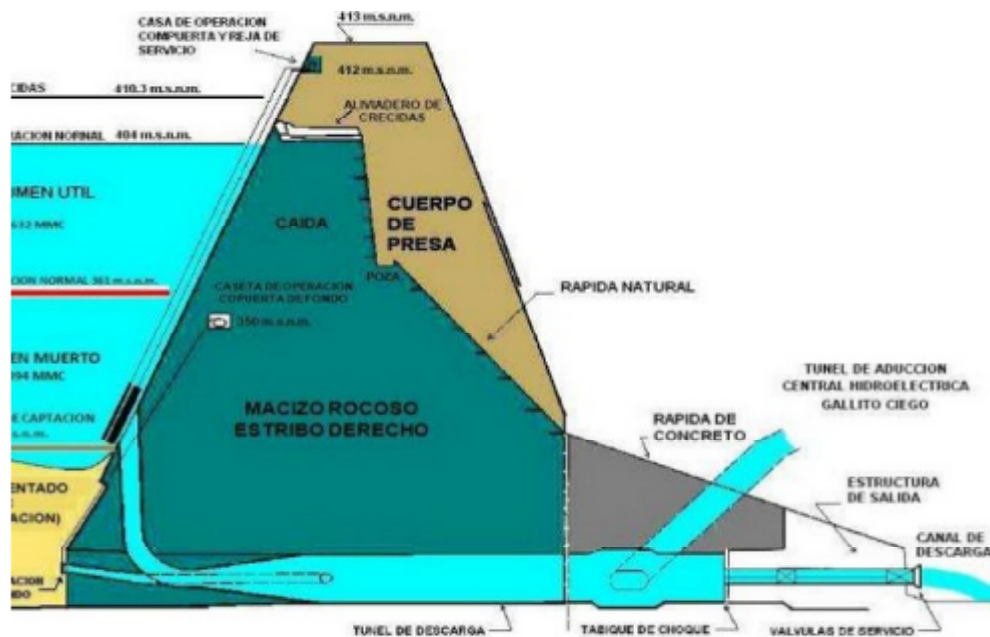
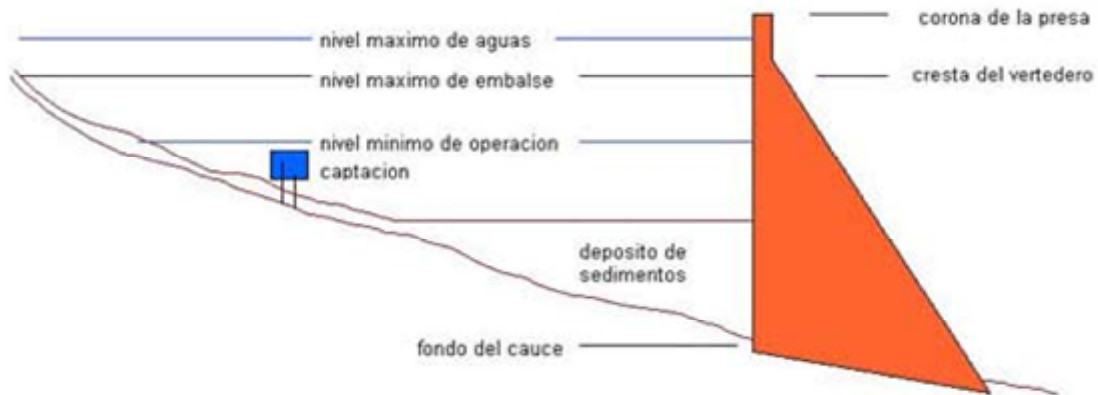


Figura 6. Esquema de niveles en presas



EL EMBALSE ÚTIL está comprendido entre el NIVEL MÁXIMO DE EMBALSE y el NIVEL MÍNIMO DE OPERACIÓN

La ALTURA de la presa se mide entre la CORONA DE LA PRESA y el FONDO DEL CAUCE

La distancia que hay entre la CORONA DE LA PRESA y el NIVEL MÁXIMO DE AGUAS es el BORDE LIBRE

Durante la vida útil de la obra el agua en el embalse no debe superar el NIVEL MÁXIMO DE AGUAS, ni siquiera durante las crecientes extraordinarias.

2.4. Hidráulica del Embalse

En general, la cuenca del río se encuentra bajo incidencias climáticas tanto del Pacífico, como de la vertiente Altiandina Oriental (de la cuenca del Amazonas). La influencia climática del Pacífico se extiende a toda la cuenca baja, por lo menos a una distancia aproximada de 100 Km. desde la Costa; mientras que las incidencias climáticas Altiandinas/Amazónicas se extienden sobre toda la cuenca alta del río, incluida la zona de transición.

De acuerdo con las propiedades hidrometeorológicas de la cuenca, el régimen hidrológico del río Jequetepeque presenta un régimen totalmente desequilibrado, tanto anual como plurianual, y por lo tanto las escorrentías del río y de otros cursos naturales de agua de la región, son de magnitudes muy variables, tanto en volúmenes como en el tiempo.

Durante el año húmedo o seco, se distinguen dos estaciones bien pronunciadas, una húmeda o de avenidas, de Enero a Mayo y la otra seca o de estiaje, de Junio a Diciembre. Los meses de Enero y Mayo pueden considerarse como meses de transición entre la época húmeda y seca del año, y por tal calidad en los años secos se presentan como secos, mientras que en los años normales y húmedos en general son húmedos.

Los aportes hídricos del río en el embalse Gallito Ciego durante el período de 1943/44 a 2002/03, de 60 años, han oscilado entre los límites de 87.90 MMC (de 1979/80), como mínimo, y 2701.10 MMC (de 1997/98), como máximo, resultando toda la serie en un promedio anual de 845.75 MMC.

En el periodo de 60 años, entre 1943/44 y 2002/03, según la clasificación hidrológica en base a los aportes hídricos totales anuales, han ocurrido 26 años promedio húmedos (43.3 %) y 34 años promedio secos (56.7 %), redistribuyéndose estas dos series en 8 años húmedos (13.3 %), 35 años normales (58.3 %) y 17 años secos (28.4 %). Este régimen hidrológico rige sólo hasta el embalse y represa Gallito Ciego.

En el tramo aguas abajo de la Represa hasta la desembocadura del río al Pacífico, este régimen está completamente modificado por el almacenamiento y regulación de las escorrentías de la cuenca en el embalse Gallito Ciego. Por el tramo del río hasta la Bocatoma Talambo-Zaña corren todas las descargas del Embalse, tanto para el riego del Valle, como las aguas excedentes. En el tramo entre la Bocatoma Talambo-Zaña y el Pacífico, fluyen sólo aguas de retorno y los de excesos hídricos del embalse Gallito Ciego.

El embalse Gallito Ciego se ha dimensionado y construido sólo para la regularización anual de los aportes hídricos del río Jequetepeque, es decir para almacenar los excedentes de la temporada de avenidas para su suministro posterior, durante la época de estiaje. Bajo las circunstancias indicadas al final del ciclo hidrológico de un año normal, y antes del inicio de la siguiente temporada de avenidas, el Embalse debería estar vacío.

Aguas abajo de la Represa, según las propiedades del régimen hidrológico se distinguen dos tramos diferentes del río Jequetepeque:

- (1) El primero ubicado entre la represa Gallito Ciego y la Bocatoma Talambo Zaña de unos 19 Km. de longitud, que dispone tanto con las escorrentías para el suministro de agua para el riego, con los caudales promedio mensuales que oscilan entre 7.70 y 35.00 m³/s, como con los caudales provenientes de las descargas de excesos hídricos del Embalse.

(2) El otro tramo, se extiende aguas abajo de la bocatoma Talambo Zaña hasta la desembocadura del río al Pacífico. Pese a que en este tramo además de la bocatoma Jequetepeque se ubican tres tomas, que suministran agua para el riego a las áreas agrícolas en la margen izquierda del río, estas descargas no tienen mayor incidencia sobre el régimen hidrológico del tramo y el desarrollo del cauce. Por lo tanto, para las propiedades del cauce sólo se considera imprescindible la incidencia de las descargas de excesos hídricos del embalse Gallito Ciego, que en general demarcan su régimen hidrológico.

2.4.1. Efecto de Remanso en el Embalse

La construcción de una represa provoca la elevación de los niveles de agua con respecto a los niveles naturales y como consecuencia la disminución de la velocidad de flujo. Además de crear el embalse e inundar temporal o permanentemente áreas próximas al río, la elevación de niveles tiene múltiples efectos e impactos sobre el medio físico y biológico.

2.5. Batimetría

El levantamiento batimétrico tiene como principal objetivo, la medición y determinación del calado del área que constituye el embalse Gallito Ciego, plasmarlos en forma gráfica, y servirán de base e información previa para la elaboración de las proyecciones mencionadas en este trabajo.

El Levantamiento Batimétrico se realizó a lo largo del área de interés, de acuerdo a los requerimientos solicitados en los términos de referencia. Las especificaciones técnicas para los trabajos de batimetría fueron las siguientes:

Líneas Principales	Perpendiculares al eje de la presa Gallito Ciego, separadas cada centímetro de acuerdo a la Escala del levantamiento. Para el presente trabajo las líneas fueron espaciadas cada 10 metros en la captación de servicios y cada 25 m. en el resto del embalse.
Registros de Ecosonda	Continuo en metros.
Calibración de Ecosonda	Al inicio y fin del sondaje.
Reducción de Sondajes	Son reducidos por inmersión de transducer y por variación de nivel del embalse.

2.5.1. Levantamiento Hidrográfico

Los levantamientos hidrográficos están experimentando cambios fundamentales en la tecnología de medición. Los sistemas acústicos multihaz y láser aerotransportados proveen ahora una cobertura y medición del fondo marino casi total comparada con el anterior muestreo por perfiles batimétricos. La capacidad de posicionar los datos con exactitud en el plano horizontal ha crecido enormemente gracias a la disponibilidad de sistemas de posicionamiento por satélite, en especial cuando se recurre a técnicas diferenciales.

Este avance en la tecnología ha sido particularmente significativo, ya que los sistemas de posicionamiento hoy disponibles permiten una exactitud mayor que los datos en los cuales se basan las cartas. Debe notarse, no obstante, que la precisión e integridad de un levantamiento hidrográfico nunca podrá alcanzar la de la cartografía terrestre. Los resultados óptimos se logran cuando se usan en conjunto procedimientos y equipos apropiados junto con la experiencia y el entrenamiento del hidrógrafo. A continuación se muestran los componentes del Sistema de medición Batimétrico usado en este estudio Batimétrico.

2.5.1.1 Sistema de Posicionamiento Satelital

El sistema de posicionamiento más recomendable hoy son los DGPS, permite ubicarse en cualquier lugar de la tierra en cualquier instante, aun bajo las condiciones climatológicas más adversas, y tener la posición de lugar con una precisión de centímetros.

Para el posicionamiento exacto de la embarcación hidrográfica, en el levantamiento batimétrico del embalse Gallito Ciego, se usó el Sistema de Posicionamiento Satelital DGPS CNAV 1010 con receptor de señal Omnistar Diferencial, este componente tiene una altísima precisión submétrica.

2.5.1.2 Medición y Registro de Profundidades

El sistema acústico monohaz es en gran medida la técnica más usada para la medida de la profundidad en proyectos de navegación de ríos, puertos y embalses.

Aunque los sistemas multihaz se están utilizando cada vez más para las investigaciones de los proyectos en el bosquejo de la profundidad, los sistemas monohaz todavía son utilizados por la mayoría de usuarios.

Para el registro de las profundidades en el levantamiento batimétrico del embalse Gallito Ciego se empleó una Ecosonda Digital Hidrográfica BATHY 500 MF, la que permite registrar en forma permanente la información de sondajes directamente a la computadora mediante el uso del Software HYPACK Max.

Las pruebas monohaz son corridas ya sea normales (por ejemplo de sección cruzado) o longitudinal con la alineación del canal.

Figura 7. Típicas Ecosondas Monohaz y Multihaz



2.5.1.3. Software de Levantamiento Hidrográfico

Para la recolección y procesamiento de los datos de campo en el levantamiento batimétrico del embalse Gallito Ciego, se utilizó el Software Hidrográfico HYPACK Max. El cual permite integrar diversos equipos y dispositivos para un levantamiento batimétrico automatizado eficiente.

2.5.2. Levantamiento Batimétrico

Una carta batimétrica es una representación de las características topográficas del lecho marino, del cauce de un río o del fondo de un lago. A diferencia de los levantamientos topográficos propiamente dichos, en los levantamientos batimétricos la determinación de la altura (profundidad) se hace utilizando equipos de tecnología diferente: ecosondas digitales. El sistema de posicionamiento, que se ha desarrollado vertiginosamente en los últimos años, es el sistema DGPS con una altísima precisión para este tipo de trabajo.

Para el procesamiento de la información se utilizó el Software HYPACK Max

Figura 8. Esquema de trabajos Batimétricos

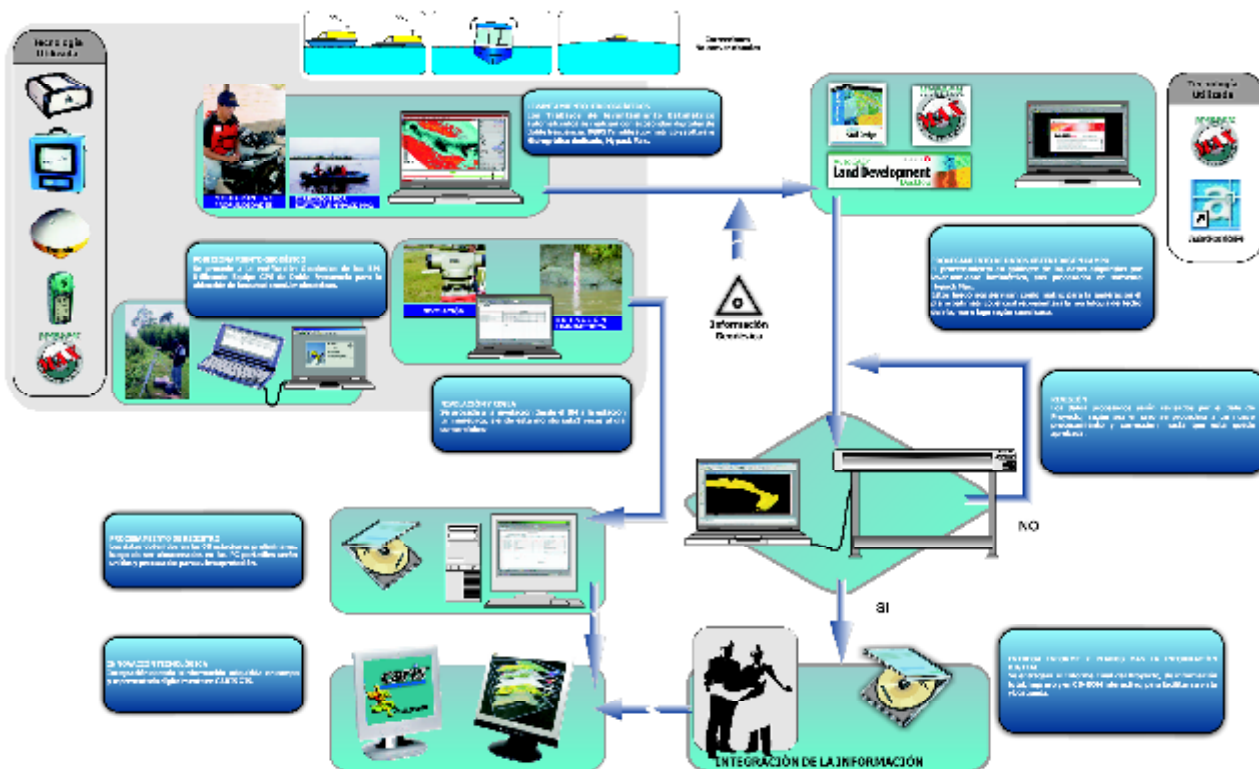
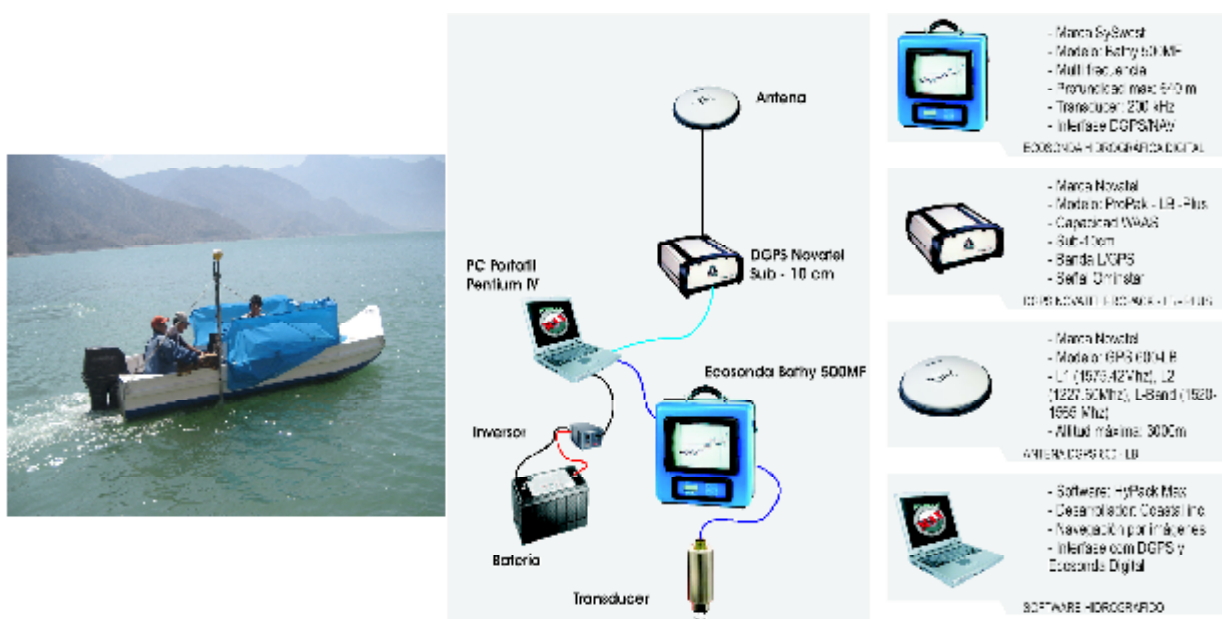


Figura 9. Esquema de integración de equipos



2.5.2.1. Posicionamiento de la Embarcación

Para el posicionamiento exacto de la embarcación hidrográfica se usó el Sistema de Posicionamiento Satelital DGPS CNAV 1010 con receptor de señal Omnistar Diferencial.

La señal satelital diferencial DGPS es enviada desde una estación en tierra por un satélite transportador a usuarios dentro de la vista de los satélites, mediante una cuenta específica por usuario, la cual permite la señal en tiempo real. Las señales son enviadas en formato que permite la elaboración de una corrección diferencial local aplicable a la cobertura total de la región.

Este sistema de posicionamiento DGPS, de avanzada tecnología, es activado por una señal encima del aire o un mensaje de activación codificado proporcionado por el propio Software del programa del CNAV 1010.

La señal satelital diferencial provee señales válidas por encima de una gran área, que proveen una corrección exacta aplicable a cualquier localidad dentro del área de la visibilidad de los satélites. Esto es logrado por un software de algoritmo para la generación de correcciones diferenciales a lo ancho de toda el área. Llamado también estación de referencia virtual (VRS) y estación base virtual (VBS); estas correcciones son constantemente actualizadas, en todo el movimiento del receptor alrededor de la cobertura de los satélites, dando correcciones más precisas.

El receptor CNAV 1010 usa diferencial GPS (DGPS) para mejorar la precisión submétrica la cual es menor a 3.28 ft. que es equivalente a 0.999 m. Esto quiere decir que tiene errores mínimos. De acuerdo a las precisiones exigidas para este tipo de trabajos y de acuerdo a la escala en que se presenta estos estudios, la precisión lograda es de muy alta calidad teniendo en cuenta que para la escala 1/1000 un centímetro es equivalente a 10 metros en la escala real, por lo que un milímetro es equivalente a 1 metro.

La precisión del equipo se consigue pagando una suscripción anual de una empresa quien brinda la señal y la precisión que se especifica. La exactitud de una posición es la exactitud en la posición de uno que debe ser situada en el marco de referencia geodésico.

Figura 10. Esquema de Trabajo para Posicionamiento con DGPS en Tiempo Real

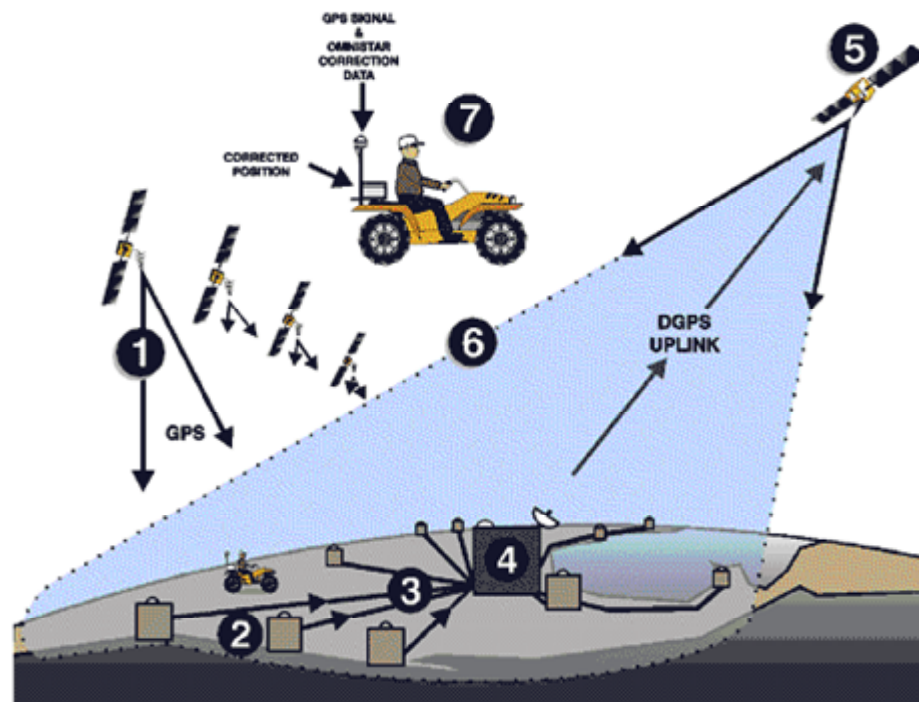
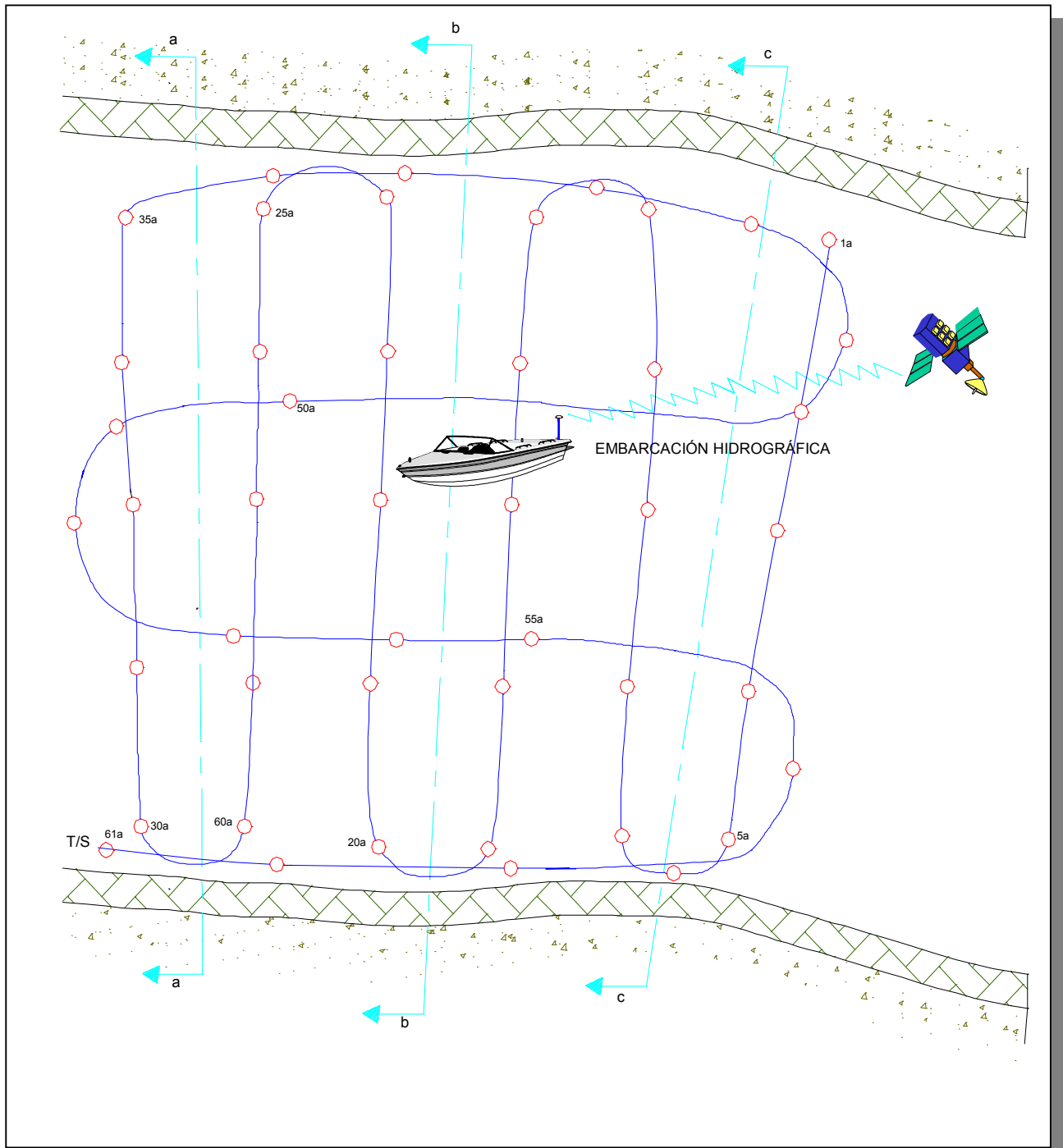


Figura 11. Posicionamiento de la Embarcación en el Levantamiento Batimétrico



2.5.2.2. Medición y Registro de Profundidades

Para el registro de las profundidades se empleó una Ecosonda Hidrográfica Digital SyQwest Bathy 500MF, la que permite registrar en forma permanente la información de sondaje directamente a la computadora mediante el uso del Software HYPACK Max.

Los sistemas acústicos de medida de profundidad miden el tiempo transcurrido que un pulso acústico lleva el recorrido de un transductor al fondo del canal y regresa. Esto se ilustra en la Figura 9, donde está la profundidad medida (D) entre el transductor y un cierto punto en el fondo acústico reflexivo. El tiempo del recorrido del pulso acústico depende de la velocidad de la propagación (v) en la columna del agua. Si la velocidad de propagación del sonido en la columna del agua se sabe, junto con la distancia entre el transductor y la superficie del agua de la referencia, la profundidad corregida (d) se puede calcular por el tiempo medido del recorrido del pulso. Esto es expresado por la fórmula general siguiente:

Profundidad corregida a la superficie referida del agua:

$$d = \frac{1}{2} (v \cdot t) + k + dr$$

Donde:

d = Profundidad corregida de la superficie del agua.

v = Velocidad media del sonido en la columna del agua.

t = Tiempo transcurrido medido de transductor al fondo y de regreso a transductor.

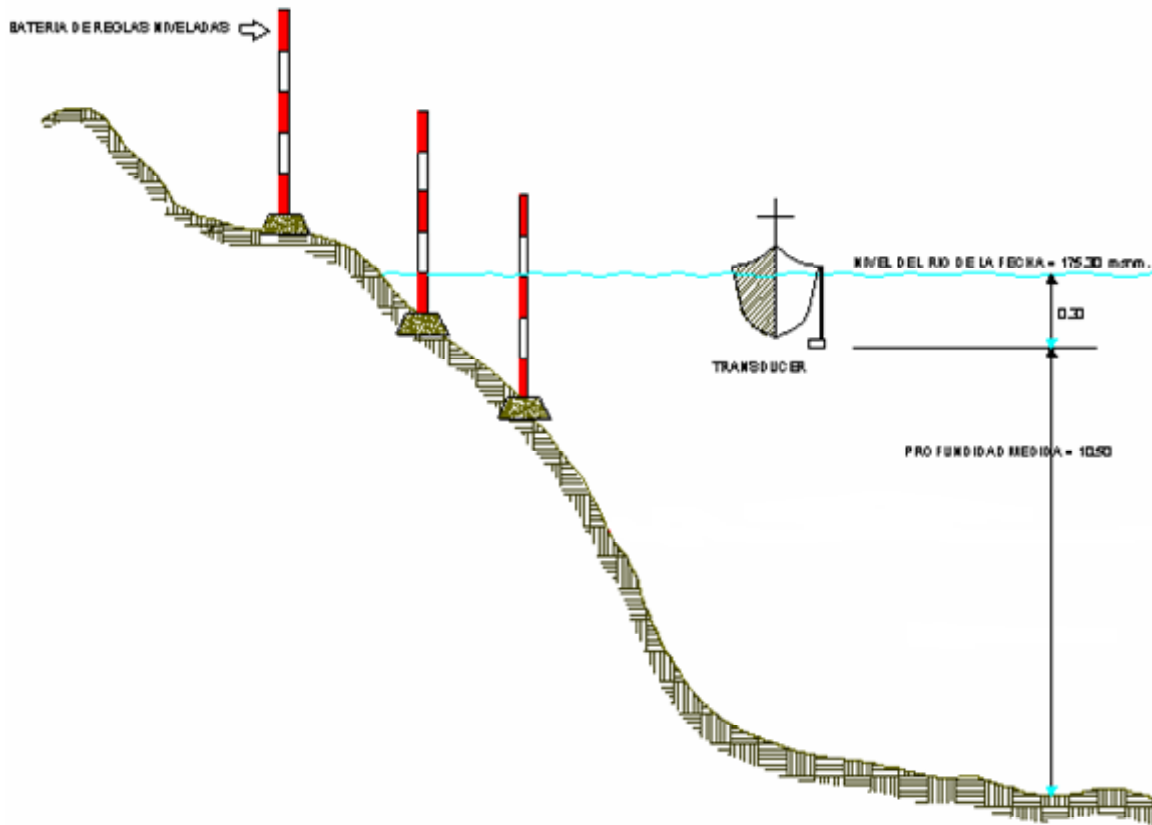
k = Constante del transductor.

dr = Distancia de la superficie del agua al transductor.

Los parámetros v , t , y dr no se pueden determinar perfectamente durante el proceso, y k se debe determinar de la calibración periódica del equipo. El tiempo transcurrido, t , es dependiente en la reflectividad del fondo y los métodos relacionados de procesamiento de la señal usados para discernir un regreso válido. La forma, o la agudeza, del pulso que vuelve desempeñará un papel importante en las capacidades de la exactitud y de la detección de la medida de la profundidad.

Una ecosonda opera basándose en el principio del eco, desde el transducer es emitido un pulso ultrasónico que se propaga en el agua a una velocidad de 1496 m/seg (para agua de río), al llegar al fondo se refleja en él, retornando a la unidad transreceptora la que mide automáticamente el tiempo que demoró el eco en ser recibido. Conociendo la velocidad de propagación y el tiempo que demora el recorrido, se determina la distancia recorrida por la onda. Como resultado se puede obtener una gráfica precisa del relieve del fondo por sobre el cual navega la embarcación.

Figura 12. Método para la determinación de la profundidad del embalse



MÉTODO PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD DEL EMBALSE

PROFUNDIDAD MEDIDA	10.50 mt.
CORRECCION POR INMERSION DE TRANSDUCER	+ 0.30 mt.
PROFUNDIDAD TOTAL	10.80 mt.

NIVEL DEL EMBALSE DE LA FECHA 402.30 m.s.n.m.m

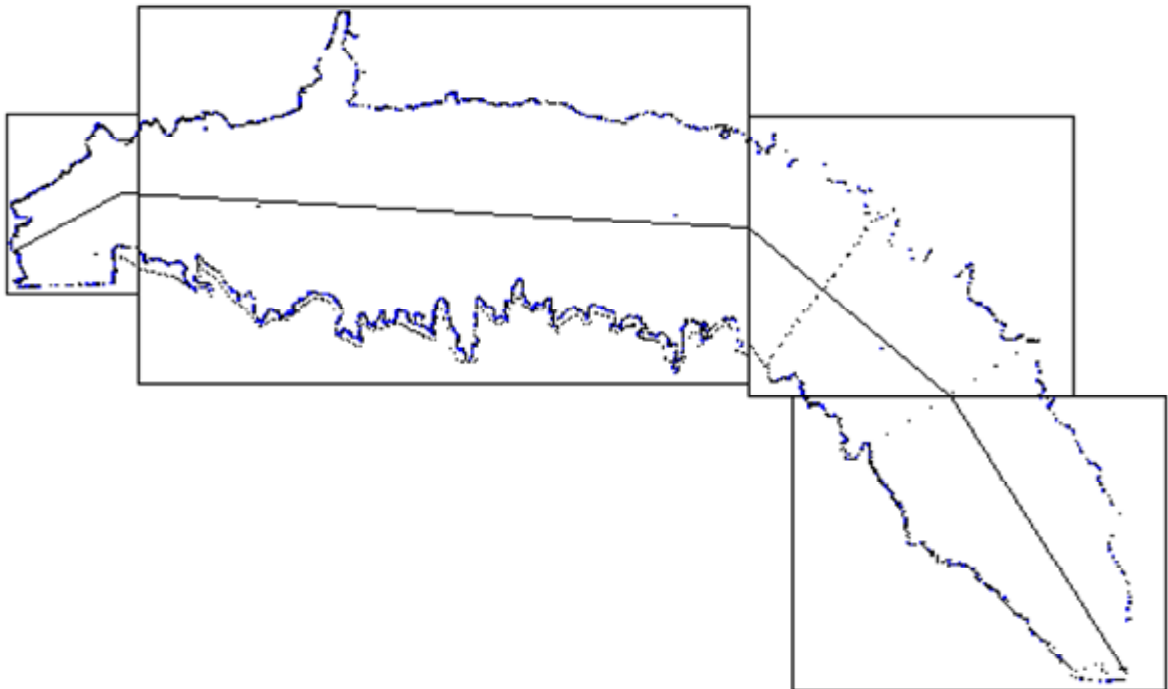
PROFUNDIDAD TOTAL -10.80 mt.

NIVEL PRESENTADA EN LA CARTA 391.50 m.s.n.m.m

2.5.2.3. Separación entre Líneas de Sondaje

Las líneas principales de sondaje para levantamientos hidrográficos se desarrollan tratando de que en cada línea levantada, quede graficado correctamente la profundidad medida de la embarcación. La separación entre líneas de sondajes para el embalse Gallito Ciego fue de cada 10 metros en la zona de la Captación de Servicios y cada 25 metros en el resto del embalse.

Figura 13. Líneas planificadas para el Embalse Gallito Ciego



2.5.2.4. Reducción de Sondajes

Se establecieron dos tipos de reducción: por inmersión del transducer y por variación del nivel del embalse.

i.- Por Transducer

Es la reducción debida a la posición del transducer en el momento de la medición. (en este estudio la reducción del transducer fue de 0.50 m.)

ii.- Por Variación Nivel de Embalse

Es la reducción que se hace debido a la variación del nivel del agua del embalse, durante el período de trabajo.

2.5.2.5. Niveles del Embalse

Se denomina nivel del agua en una corriente (río, arroyo, caño, quebrada, etc.) o en un cuerpo de agua (embalse, lago, etc.) a la elevación o altura de la superficie del agua en un punto determinado, el cual está referido a un origen de referencia identificado con una cota arbitraria o al nivel medio del mar (absoluta).

Los niveles de embalse se midieron mediante un limnómetro que viene a ser una regla graduada que se utiliza para medir las fluctuaciones de los niveles del agua en un punto determinado de una corriente o de un cuerpo de agua. Para la medición del Nivel del Embalse de Gallito Ciego se usó un limnómetro instalado en la zona del carril de izaje de la compuerta vagón y reja móvil de la casa de máquina. Las lecturas se realizaron a cada hora durante las 24 horas del día.

2.5.2.6. Del Levantamiento de Riberas

Para el Levantamiento de las riberas, se realizó mediante el Software de Levantamiento Hidrográfico Hypack Max, y su sub-programa Target, que nos permite determinar el espejo de agua de forma precisa en tiempo real. Además de permitirnos tomar notas de cada detalle que uno encuentre, obteniendo la posición real en cada instante, y adoptado el nivel de referencia que uno le asigne, permitiendo de esta manera obtener la configuración exacta y al detalle del área de embalse de la represa en estudio.

2.5.3. Levantamiento Topográfico en la Cola del Embalse

Para las zonas donde no estaba cubierta de agua ejecutó los levantamientos topográficos utilizando una Estación Total. El método de trabajo fue radial (medida de ángulos y distancias), del cálculo de las coordenadas planas y la altura correspondiente se encarga el software del equipo.

Partiendo de las Estaciones Geodésicas (poligonal topográfica de apoyo) se efectuó el levantamiento taquimétrico de los contornos del reservorio, cola del embalse y en la corona de la presa. Este levantamiento permitirá determinar la configuración del terreno existente en la cola del embalse (sedimentos acumulados) y detallar las obras Hidráulicas existentes en la corona de la presa.

En campo, la información almacenada fue transferida a la computadora para su revisión y proceso correspondiente dentro del Civil 3D.

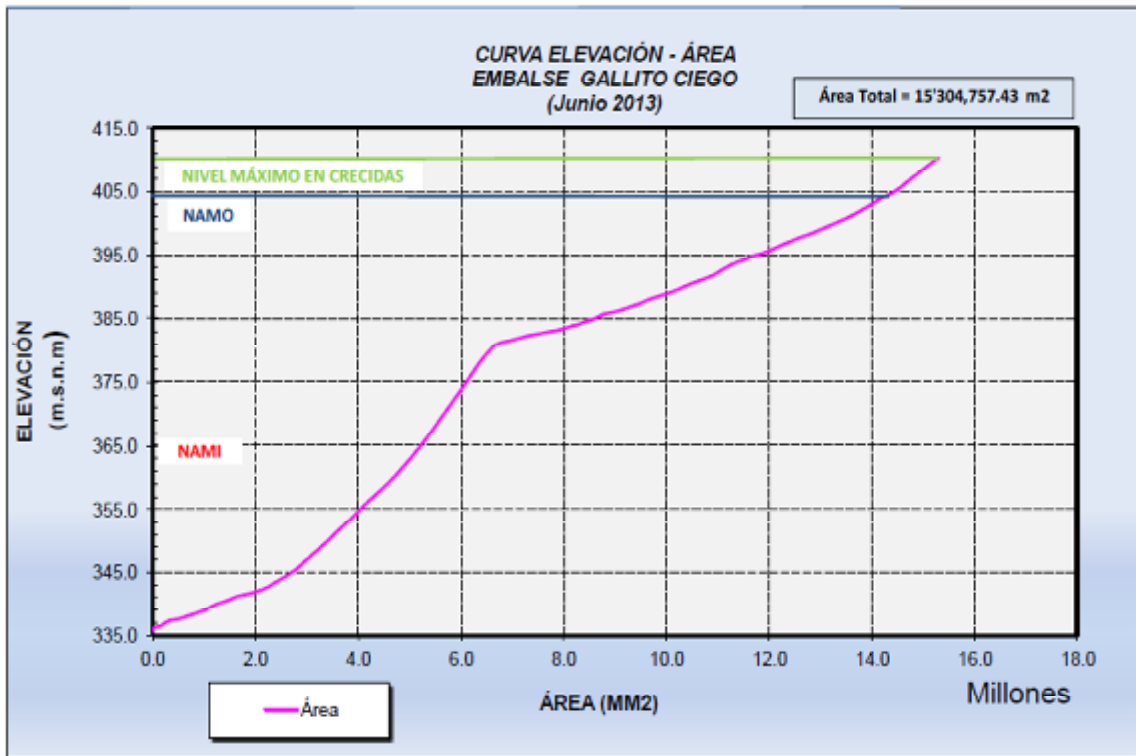
2.5.4. Áreas del Embalse

Tabla I. Áreas del embalse

ALTURA (m.s.n.m.)	ÁREA (m2)	ÁREA (Km2)
335	0	0.000
338	681,767.97	0.682
341	1,604,444.15	1.604
344	2,521,229.41	2.521
347	3,005,111.09	3.005
350	3,413,071.68	3.413
353	3,796,005.39	3.796
356	4,168,923.20	4.169
359	4,573,790.96	4.574
362	4,915,066.18	4.915
365	5,223,076.43	5.223
368	5,498,360.48	5.498
371	5,762,788.74	5.763
374	6,022,998.87	6.023
377	6,276,126.94	6.276
380	6,571,283.97	6.571
383	7,840,287.75	7.840
386	8,984,088.48	8.984
389	10,052,792.53	10.053
392	10,954,162.59	10.954
395	11,747,694.90	11.748
398	12,673,067.28	12.673
401	13,556,755.33	13.557
404	14,206,756.58	14.207
407	14,765,994.71	14.766
410	15,237,338.82	15.237
410.3	15,304,757.43	15.305

Estos datos se ven reflejados en (figura 14), es de suponerse que esta nueva curva tiene que tener una disminución de área, debido a la sedimentación que es el objeto de estudio.

Figura 14. Gráfica de área-elevación del embalse Gallito Ciego 2013



2.5.5. Volumen del Embalse

El Volumen Total en esta batimetría en el embalse es de 533'541,441.61 m³, para un nivel de 410.30 m.s.n.m.

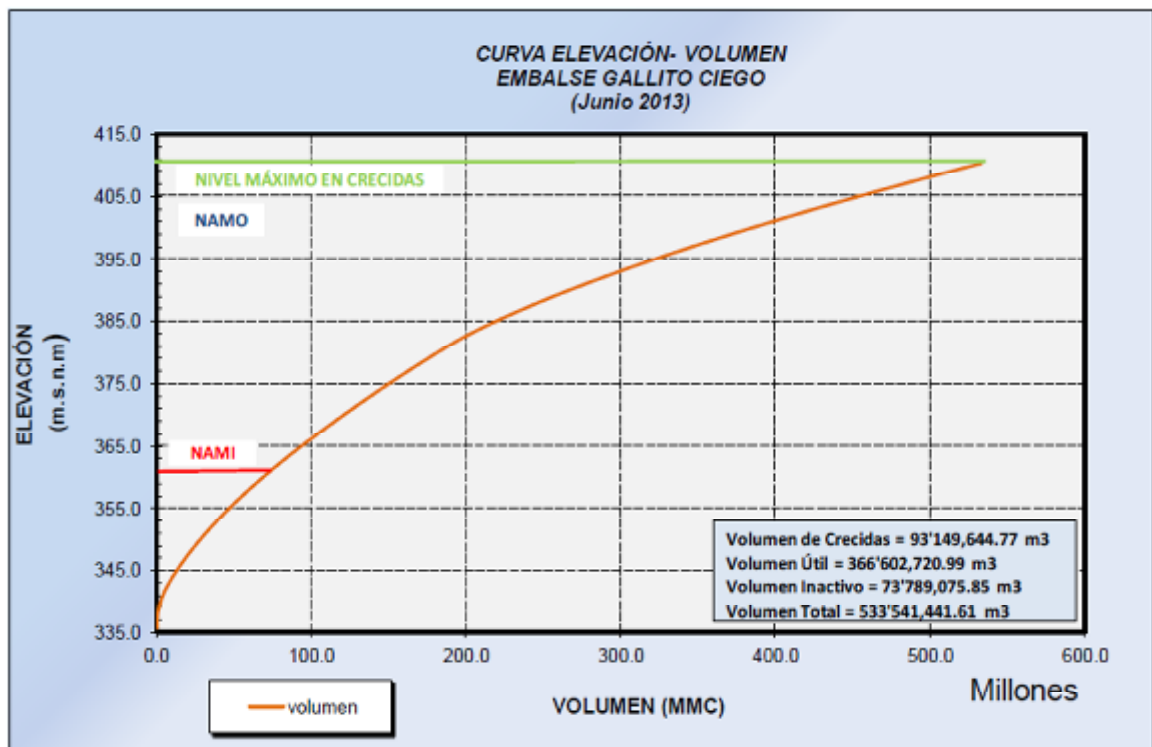
Tabla II. Volumen del embalse

ALTURA (m.s.n.m.)	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN ACUMULADO(m3)
335	0	0.00	0
338	681,767.97	610,006.96	610,006.96
341	1,604,444.15	3,469,245.17	4,079,252.13
344	2,521,229.41	6,463,319.30	10,542,571.43
347	3,005,111.09	8,353,333.37	18,895,904.80
350	3,413,071.68	9,627,143.38	28,523,048.18
353	3,796,005.39	10,798,880.49	39,321,928.67
356	4,168,923.20	11,955,857.36	51,277,786.03
359	4,573,790.96	13,123,223.37	64,401,009.40
362	4,915,066.18	14,250,320.95	78,651,330.35
365	5,223,076.43	15,223,498.91	93,874,829.26
368	5,498,360.48	16,090,710.35	109,965,539.61
371	5,762,788.74	16,886,593.84	126,852,133.45
374	6,022,998.87	17,680,083.25	144,532,216.70
377	6,276,126.94	18,452,472.39	162,984,689.09
380	6,571,283.97	19,245,676.44	182,230,365.53
383	7,840,287.75	21,126,854.23	203,357,219.76
386	8,984,088.48	25,259,904.85	228,617,124.61
389	10,052,792.53	28,580,935.58	257,198,060.19
392	10,954,162.59	31,540,294.19	288,738,354.38
395	11,747,694.90	33,921,470.75	322,659,825.13
398	12,673,067.28	36,664,166.59	359,323,991.72
401	13,556,755.33	39,401,580.10	398,725,571.82
404	14,206,756.58	41,666,225.02	440,391,796.84
407	14,765,994.71	43,561,005.71	483,952,802.55
410	15,237,338.82	45,003,549.79	528,956,352.34
410.3	15,304,757.43	4,585,089.27	533,541,441.61

Así como el área, el volumen tiene también una curva característica que hace único al embalse, esta se gráfica con volúmenes totales de las respectivas cotas; y ayuda a determinar el volumen que es posible almacenar en el embalse, por lógica, este sufre un decremento año con año debido al azolvamiento.

Para 2013, la gráfica del embalse es la que se presenta (figura 15).

Figura 15. Gráfica de volumen-elevación del embalse Gallito Ciego 2013



2.6. Sedimentos

El proceso de sedimentación en el embalse Gallito Ciego, situado en una cuenca afectada por un régimen hidrológico tropical, en la que la ocurrencia de eventos hidrológicos pasados tales como el Fenómeno del Niño producen efectos de gran magnitud en lo que respecta a la producción de sedimentos y, en consecuencia, su incidencia en la sedimentación en embalses resulta significativa.

El análisis de la problemática se ve fuertemente influenciado por la falta de información detallada relativa a la producción de sedimentos, ya que con los datos de batimetrías, es posible calibrar modelos de producción de sedimentos. También resulta aconsejable recurrir a la aplicación de técnicas sencillas, para la predicción del comportamiento de embalses en estas circunstancias.

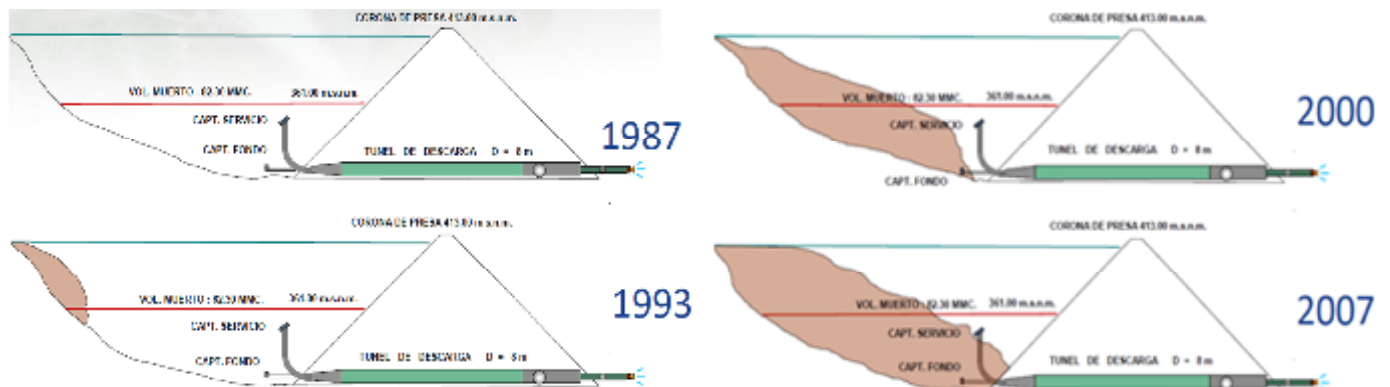
La estimación de la producción de sedimentos de una cuenca o conjunto de micro-cuencas puede realizarse a partir de la aplicación de técnicas empíricas que se basan en una serie de parámetros que dependen de las características fisiográficas de las cuencas y de los aspectos climáticos en donde se ubica. Las tasas de materiales sólidos que ingresan a los ríos y que pueden ser transportados por los mismos, pueden evaluarse a partir de varios años de estadística de caudales líquidos, edición de sedimentos en suspensión y arrastre de fondo en estaciones hidrométricas y sedimentométricas.

2.6.1. Método utilizado para el cálculo de sedimento

Prácticamente, la única información de mediciones sedimentológicas con que se cuenta, es la correspondiente a una serie de estudios batimétricos realizados en el embalse Gallito Ciego, en los años 1991, 1993, 1999, 2000, 2006, 2007, 2010 y 2013. Sobre esta última batimetría, se cuenta con información total.

Para determinar la sedimentación en el embalse Gallito Ciego, se utilizó un método directo, el cual se apoya en la última batimetría realizada. Esta ayudará a conocer cuál es el comportamiento del atrape de sedimentos del embalse. Este método consiste en comparar los resultados de la última batimetría con los resultados de las batimetrías anteriores

Figura 16. Reducción de volumen debido a la sedimentación



A partir de esta información, sería posible establecer relaciones funcionales entre caudales líquidos y sólidos que permitirían generar estimaciones de los volúmenes totales por unidad de tiempo de los sedimentos transportados. Esta información, en conjunto, con las características de los embalses y la granulometría de los sedimentos, permitiría estimar la cantidad de sedimentos que se depositarán en los vasos de almacenamiento durante intervalos de tiempos establecidos, generalmente asociados a la vida útil de las obras hidráulicas.

Desafortunadamente, y esta es una situación típica en los países en vías de desarrollo tales como Perú, no existen mediciones sistemáticas de los parámetros antes mencionados por parte de los organismos públicos y/o privados encargados de recolectar información básica de los sistemas hidráulicos. En ese caso, se hace necesario recurrir a técnicas empíricas estimativas para la valoración cuantitativa de la producción de sedimentos en cuencas, transporte de material sólido a través de los cauces y deposición en cuerpos de agua.

2.6.2. Transporte de Sedimentos

El transporte de sedimentos por un río lo podemos clasificar en función a dos criterios: según el método de transporte y según el origen del material.

- Según el método de transporte, éste puede ser en suspensión y de fondo. El material en suspensión está sostenido por la turbulencia del flujo y se traslada con el caudal de agua, haciendo una mezcla. El material de fondo se traslada mediante tres formas: rodando, deslizando y saltando.
- Según el origen del material, éste puede provenir del cauce y de la cuenca. Hay que aclarar que esta clasificación se refiere a un evento de lluvias y crecida fluvial, ya que, como es lógico, a largo plazo todo el material es proveniente de la cuenca. El material del cauce se transporta en suspensión y de fondo. El material de la cuenca es un material fino que también se conoce como material de lavado de cuenca, y el método de transporte es en suspensión. El material en suspensión suma material de los dos orígenes, y el de fondo es sólo del cauce.

Un criterio práctico para separar un origen de otro es por el tamaño de las partículas $D = 0.0625$ mm. Como mencionamos anteriormente, el material menor a este diámetro procede mayormente del lavado de la cuenca, mientras el tamaño superior proviene del cauce del río.

Tabla III. Transporte de sedimento

MODO DE TRASNPORTE	ORIGEN DEL MATERIAL
<p style="text-align: center;">EN SUSPENSIÓN</p> <p style="text-align: center;">DE FONDO</p>	<p style="text-align: center;">CUENCA</p> <p style="text-align: center;">LECHO</p>

El transporte en suspensión puede representar el 90% o más de todo el transporte sólido de un río, del cual el material de lavado puede ser una gran parte. El material de lavado está ligado a las características hidrológicas de la cuenca: litología, suelos, pendiente, vegetación, precipitación, escorrentía, etc.

El material en suspensión tiene gran repercusión en la formación de los deltas o en la colmatación de los embalses.

El transporte de fondo, aproximadamente el 10% restante, tiene una repercusión morfológica sobre el río mismo, pues es el causante de sus modificaciones y esto hace que sea de interés para la ingeniería fluvial. El transporte de fondo, como ya hemos mencionado, está ligado a las características del cauce: anchura, pendiente, granulometría, caudal, etc.

3. RESULTADOS

3.1. Cálculo del sedimento acumulado

El cálculo del volumen de sedimento acumulado en el período 1988-2013, que fue la última batimetría con la que se cuenta, más o menos 25 años, por lo que la estimación del volumen de sedimento en este período es de mucha importancia debido a los sucesos hidrológicos mencionados.

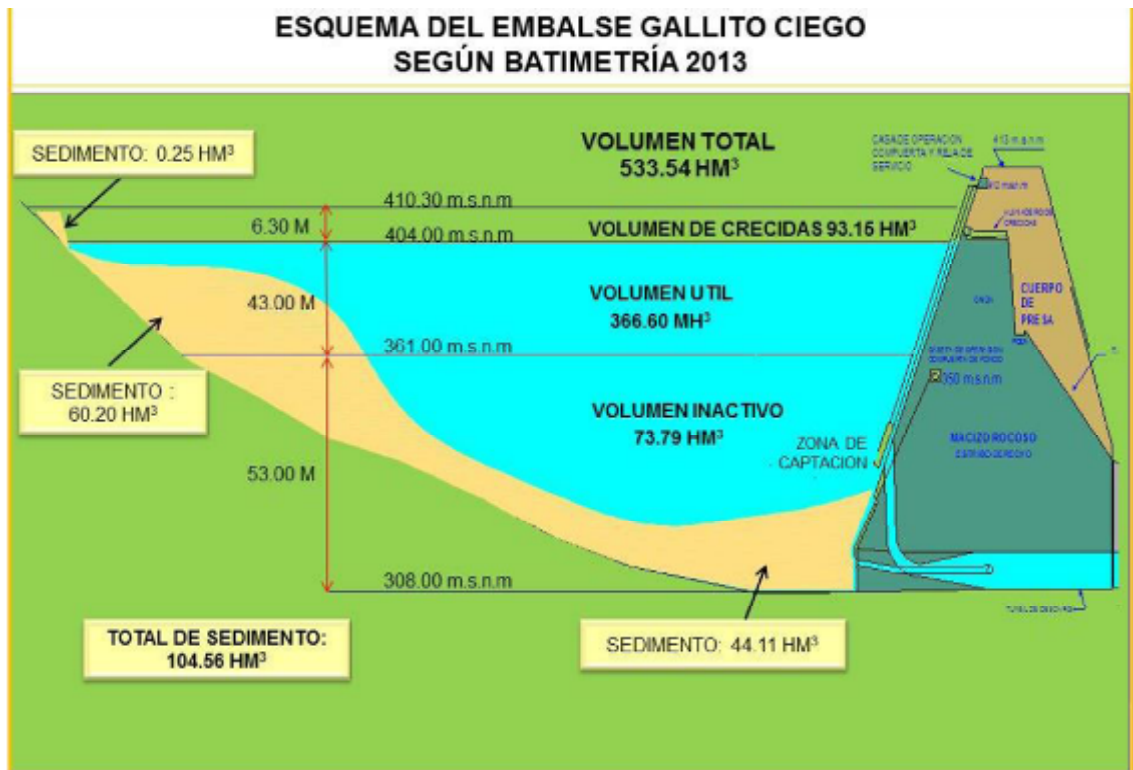
Tabla IV. Volumen de sedimento al 2013

DESCRIPCION	COTA (msnm)	ESTUDIO SALZGITTER 1991 (MMC)	BATIMETRIA 2013	
			CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO
			MMC	MMC
VOLUMEN DE CRECIDAS	410.3 - 404.0	93.40	93.15	0.25
VOLUMEN UTIL	404.0 - 361.0	426.80	366.60	60.20
VOLUMEN INACTIVO	Menor a 361.0	117.90	73.79	44.11
VOLUMEN TOTAL (MMC)	Menor a 410.30	638.10	533.54	104.56

En resumen, el contenido de la tabla III se interpreta como: el volumen de sedimento obtenido en el período 1988-2013 es de $104.56 \times 10^6 \text{ m}^3$, distribuidos en todo el embalse, claro está que estos fueron obtenidos en 25 años.

Esto quiere decir que el almacén de volumen muerto está decreciendo constantemente y por consiguiente la vida útil del embalse.

Figura 17. Reducción de volumen debido a la sedimentación



3.2 Proceso de sedimentación

El volumen del material sedimentado de la batimetría del año 2013 con respecto al estudio de Salzgitter es de 104.56×10^6 m³.

Hay que recordar que el cálculo de volúmenes de la batimetría de los años de 1999 y 2000 los realizó la empresa PEJEZA y el cálculo de volúmenes de la batimetría de los años 2006, 2007, 2010 y 2013 los realizó la empresa H&O INGENIEROS.

De la recolección de información de batimetrías anteriores se muestra la tabla IV.

Tabla V. Registro de sedimento acumulado en el embalse Gallito Ciego

Año de la batimetría	Volumen acumulado (MMC)
1993	17.22
1999	64.26
2000	64.48
2006	80.21
2007	82.17
2010	92.64
2013	104.56

Figura 18. Gráfica de acumulación de sedimentos



Tabla VI. Capacidad del embalse Gallito Ciego al 2013

DESCRIPCION	COTA (msnm)	ESTUDIO SALZGITTER 1991 (MMC)	BATIMETRIA 2013		
			CAPACIDAD MMC	VOLUMEN SEDIMENTADO	
				MMC	MMC
VOLUMEN DE CRECIDAS	410.3 - 404.0	93.40	93.15	0.25	0.27
VOLUMEN UTIL	404.0 - 361.0	426.80	366.60	60.20	14.10
VOLUMEN INACTIVO	Menor a 361.0	117.90	73.79	44.11	37.41
VOLUMEN TOTAL (MMC)	Menor a 410.30	638.10	533.54	104.56	16.39

Tabla VII. Sedimentación en el embalse Gallito Ciego

DESCRIPCION	COTA (msnm)	ESTUDIO SALZGITTER 1991 (MMC)	BATIMETRIA 2013		BATIMETRIA 2010		BATIMETRIA 2007		BATIMETRIA 2006		BATIMETRIA 2000		BATIMETRIA 1999		BATIMETRIA 1993			
			CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO	CAPACIDAD	VOLUMEN SEDIMENTADO
			MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC	MMC
VOLUMEN DE CRECIDAS	410.3 - 404.0	93.40	93.15	0.25	93.43	-0.03	93.73	-0.33	93.67	-0.27	94.42	-1.02	94.16	-0.76	93.40	0.00		
VOLUMEN UTIL	404.0 - 361.0	426.80	366.60	60.20	371.63	55.17	379.90	46.90	375.84	50.96	392.02	34.78	394.75	32.05	419.61	7.19		
VOLUMEN INACTIVO	Menor a 361.0	117.90	73.79	44.11	80.39	37.51	82.30	35.60	88.38	29.52	87.18	30.72	84.93	32.97	107.87	10.03		
VOLUMEN TOTAL (MMC)	Menor a 410.30	638.10	533.54	104.56	545.46	92.64	555.93	82.17	557.89	80.21	573.62	64.48	573.84	64.26	620.88	17.22		
AÑOS DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO			25		22		19		18		12		11		5			
PERDIDA DE VOLUMEN PROMEDIO POR AÑO			4.18		4.21		4.32		4.46		5.37		5.84		3.44			
VOLUMEN SEDIMENTADO			11.92		10.47		1.96		15.73		0.22		47.04					
RAZÓN DE VOLUMEN SEDIMENTADO			3.97		3.49		1.96		2.62		0.22		7.84					

Tabla VIII. Sedimentación en el embalse Gallito Ciego

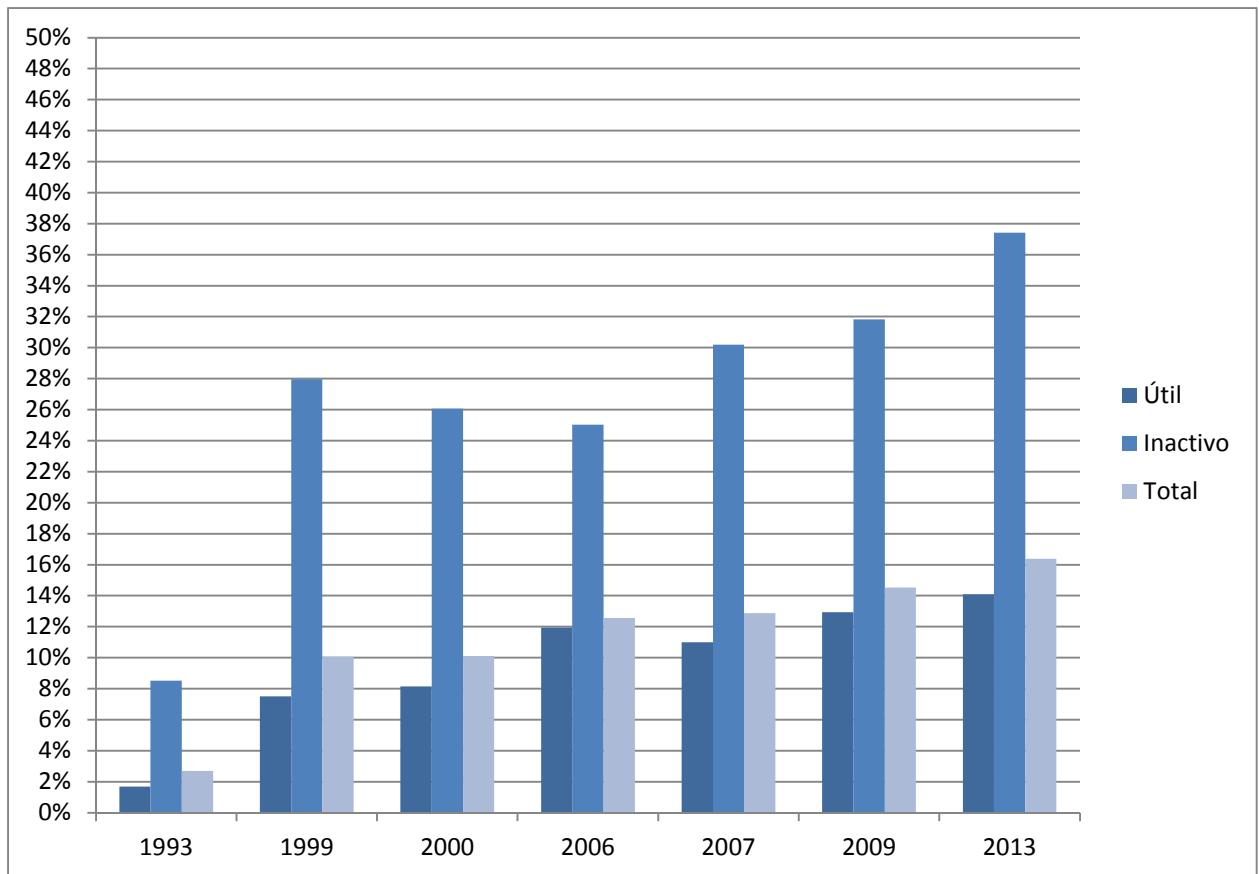
DESCRIPCIÓN	COTAS (m.s.n.m)	Estudio Salzgitter 1991	Estudio Topográfico Batimétrico			Estudio H&O 2006	Estudio H&O 2007	Estudio H&O 2010	Estudio H&O 2013
			1993 (*)	1999	2000				
Volumen de Crecidas	410.3-404.0	93.4	-	-0.76	-1.02	-0.27	-0.33	-0.03	0.25
Volumen Útil	404.0-361.0	426.8	7.19	32.05	34.78	50.96	46.90	55.17	60.20
Volumen Inactivo	Menor a 361.00	117.9	10.03	32.97	30.72	29.52	35.60	37.51	44.11
VOLUMEN TOTAL (MMC)	Menor a 410.30	638.1	17.22	64.26	64.48	80.21	82.17	92.64	104.56

Nota: Cuadro comparado con el estudio ejecutado por Salzgitter en el año 1991

Tabla IX. Proceso de Sedimentación en el embalse Gallito Ciego

DESCRIPCION	COTA (msnm)	ESTUDIO TOPOGRAFICO BATIMETRICO PEJEZA			ESTUDIO HyO INGENIEROS			
		1993	1999	2000	2006	2007	2010	2013
Volumen de Crecidas	410.3-404.0	0.00	-1.18	-1.58	-0.34	-0.40	-0.03	0.24
Volumen Util	404.0-361.0	41.75	49.88	53.94	63.53	57.08	59.55	57.57
Volumen Inactivo	Menor a 361.0	58.25	51.31	47.64	36.80	43.32	40.49	42.19
VOLUMEN TOTAL (MMC)	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Figura 19. Gráfica de porcentaje pérdida de capacidad



En estos casos, las tasas de pérdida del volumen indican un alto grado de erosión en las cuencas, asociado a una utilización inadecuada de la tierra y de los recursos naturales. Esto concuerda con las condiciones adversas relativas a la sedimentación: pendientes altas, escasa cobertura vegetal y precipitaciones intensas en eventos extremos. A partir de las mediciones batimétricas, se han realizado estimaciones de las producciones específicas de sedimentos en el embalse Gallito Ciego (Tabla VI).

De forma general, el comportamiento del fondo comparando los resultados de todas las batimetrías, determina que la distribución del sedimento es homogénea, al visualizar y comparar los fondos medidos.

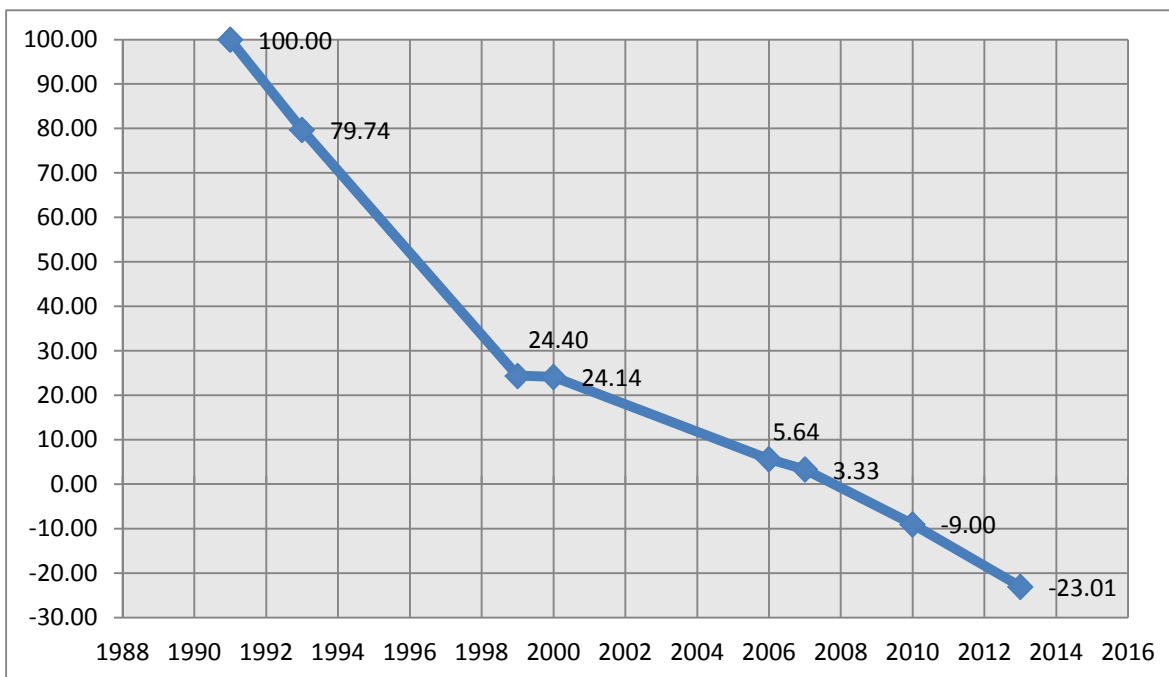
Como en todo comportamiento natural de lechos de agua, las corrientes, eventos naturales (derrumbes o alta escorrentía), otros, provocan que en ciertos puntos específicos se denoten comportamientos que se salen de la general arriba descrita.

3.2.1 Pérdida de volumen muerto

Si se tiene que el volumen muerto o capacidad de sedimentos es el volumen que debemos disponer en el embalse para almacenar los sedimentos transportados por el río, que con el tiempo se depositan en él. El período que tarda en colmarse esta capacidad, constituye la vida útil del embalse.

Si en 25 años hay acumulados un total de 104.56×10^6 m³ de sedimento, siendo diseñado para un volumen muerto de 85 MMC, entonces en el año 2008 ya se habría colmado la capacidad del volumen muerto, por lo tanto se llegó a la vida útil del embalse.

Figura 20. Decremento de volumen muerto



Con la cantidad acumulada de sedimentos, el volumen útil del reservorio, a la fecha, ha bajado. El volumen de colmatación, de acuerdo a los estudios, no estuvo dentro de lo previsto. Salzgitter estimaba que la colmatación al año iba a ser de 1.7 MMC. Pero esos estudios se hicieron sin tener todos los registros históricos del río; solo se disponía del año 40 hasta el 70 y durante ese periodo, no hubo caudales extraordinarios como en el 25 y ese registro no había. Se sabía que fue un año extraordinario pero no había datos cuantificables todos eran cualitativos. Salzgitter hace el estudio y determina la tasa de 1.7 que resultó totalmente baja. Ahora sabemos que el promedio es 4.18 MMC y el Fenómeno del 98 trajo algo de 39 MMC

3.3 Proyecciones de la sedimentación

Para la proyección de la sedimentación hay que tomar en cuenta la tendencia de ha tenido esta en el embalse Gallito Ciego, el Fenómeno del Niño marcó un antes y un después. Durante los primeros 11 años (1988-1999) el proceso de sedimentación ha sido muy acelerado debido al Fenómeno del Niño que se produjo en el año 1998, donde se estimó que ingresaron 39 millones de metro cúbicos (MMC) de sedimento, después de 1999 la sedimentación ya no ha sido tan pronunciada, pero si se mantenía una tendencia mayor con la que se diseñó.

Salzgitter estimaba que la colmatación al año iba a ser de 1.7 MMC. Pero esos estudios se hicieron sin tener todos los registros históricos del río; solo se disponía del año 40 hasta el 70 y durante ese periodo, no hubo caudales extraordinarios como en el 25 y ese registro no había. Se sabía que fue un año extraordinario pero no había datos cuantificables todos eran cualitativos, Salzgitter hace el estudio y determina la tasa de 1.7 que resultó totalmente baja.

Para los años venideros, se ha tomado en cuenta una proyección lineal manteniendo la razón anual que ha tenido en sus primeros 25 años, período 1988-2013, tendencia que se mantendrá por los 25 años siguientes hasta el final de su vida útil proyectada

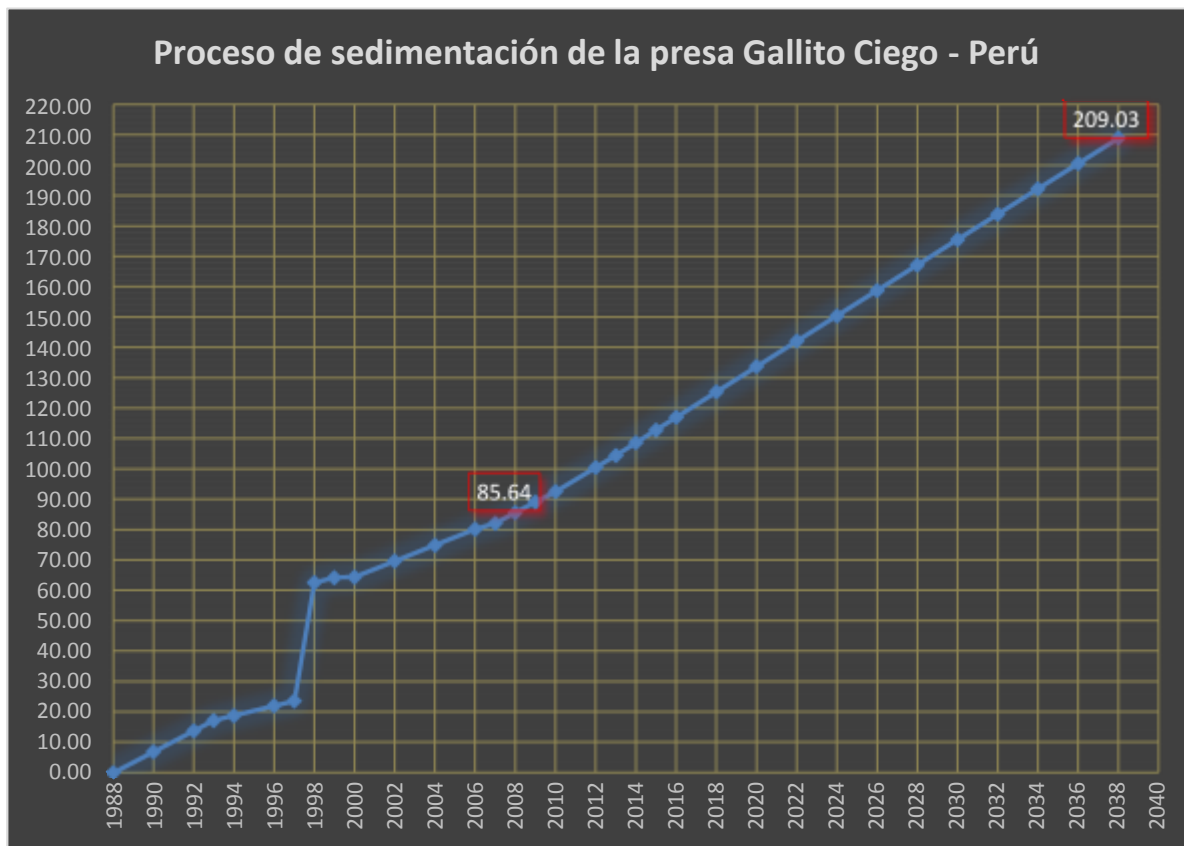
Tabla X. Proyección de Sedimentación en el embalse Gallito Ciego

AÑOS	TIEMPO DE VIDA (AÑOS)	VOLUMEN DE SEDIMENTOS (MMC)	VOLUMEN SEDIMENTADO ACUMULADO (MMC)	VOLUMEN MUERTO	OBSERVACIONES
1988	0	0.00	0.00		Inicio de operación del embalse
1990	2	6.88	6.88		
1992	4	6.88	13.76		
1993	5	3.44	17.20		
1994	6	1.61	18.81		
1996	8	3.22	22.03		
1997	9	1.61	23.64		
1998	10	39	62.64		
1999	11	1.61	64.25		
2000	12	0.22	64.47		
2002	14	5.24	69.71		
2004	16	5.24	74.95		
2006	18	5.24	80.19		
2007	19	1.96	82.15		
2008	20	3.49	85.64	> 85	Final prematuro de la vida útil
2009	21	3.49	89.13		
2010	22	3.49	92.62		
2012	24	7.94	100.56		
2013	25	3.97	104.53		
2014	26	4.18	108.71		
2015	27	4.18	112.89		
2016	28	4.18	117.07		
2018	30	8.36	125.43		
2020	32	8.36	133.79		
2022	34	8.36	142.15		
2024	36	8.36	150.51		
2026	38	8.36	158.87		
2028	40	8.36	167.23		
2030	42	8.36	175.59		
2032	44	8.36	183.95		
2034	46	8.36	192.31		
2036	48	8.36	200.67		
2038	50	8.36	209.03		Final de la vida útil proyectada

La tabla X presenta los volúmenes de sedimento para los años venideros expresados $1 \times 10^6 \text{ m}^3$, estas proyecciones variarán según el comportamiento de factores que inciden en el embalse, tales como: la precipitación, erosión, infiltración, etc. Todos estos factores llegarán a ser decisivos para alcanzar la vida útil del embalse, el análisis de volumen utiliza información topográfica de secciones a lo largo del embalse y de áreas entre curvas de nivel obtenidas antes del llenado del embalse.

Hasta el año 2038, se obtuvo el volumen de sedimento acumulado, ya que para este año llega al final de su vida útil proyectada y como se ve también, para el año 2008 ya cumplió con un final de vida útil prematura

Figura 21. Proyección de sedimentación de Gallito Ciego



4. CONCLUSIONES

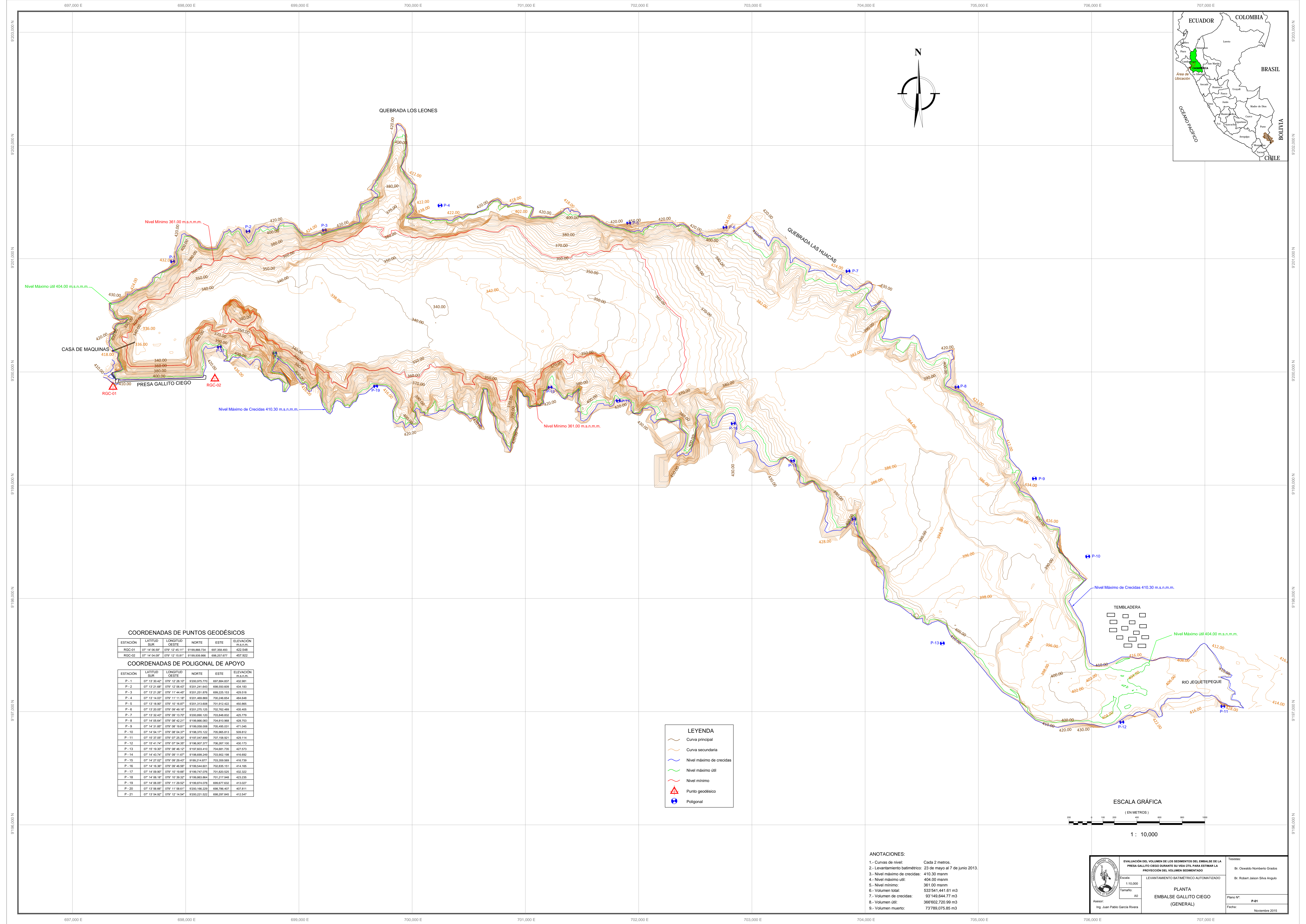
1. Los sedimentos acumulados en el embalse Gallito Ciego desde 1988 hasta 2013 son de $104.56 \times 10^6 \text{ m}^3$, los cuales han reducido en un 17.69% el volumen total del embalse.
2. La vida útil de la presa, proyectada a 50 años (horizonte económico), se ha visto reducida a menos de 2/5
3. Deficiencia del estudio hidrológico, en lo referente a sedimentología, al subestimar la tasa de diseño del volumen muerto. Esto, unido a la ausencia de programas de manejo de cuenca y de control de sedimentos, provocaron el colapso muy temprano de la presa.
4. Las cuencas del pacífico norte de Perú son altamente vulnerables a la erosión y transporte de sedimentos, por lo que no es razonable que se construyan grandes presas en las cuencas bajas de esta vertiente.
5. La vida útil del embalse llegó a su fin aproximadamente en el año 2008, en la actualidad hay 27 MMC de sedimento más de lo que fue diseñada.
6. En la última batimetría se puede observar que el 60% del volumen sedimentado se encuentra entre las cotas 404.0 - 361.0 m.s.n.m., es decir en el volumen útil, precisamente en la cola del embalse.

5. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sedimentológico para determinar los diferentes tipos de materiales encontrados en el fondo del embalse, ya que por el método utilizado para la determinación de las profundidades de los estratos, no se puede obtener esta característica.
2. Tomar muestras por medio de perforaciones para conocer los diferentes materiales que conforman esta capa de material blando.
3. Efectuar batimetrías anualmente para llevar un control y estadística de los volúmenes de sedimentación en el embalse, empleando para ello el diseño de levantamiento batimétrico sugerido, con líneas de sondeo espaciadas a cada 100 m en los ríos y de 25 m en ambas direcciones en el área del embalse principal. Todo esto, para conocer el rendimiento verdadero de la producción que la cuenca genera, verificando la correspondencia que debe existir con los programas de conservación de cuencas para establecer y ajustar los pronósticos establecidos de vida útil. Es importante que estas batimetrías se realicen más o menos consistentes en fecha, pero sobre todo, consistentes en la cota de nivel de agua

6. Efectuar estudios de estimación de la erosión en las cuencas y compararlos con los volúmenes sedimentados, estableciendo análisis cruzados que permitan predecir el comportamiento de estos últimos.
7. Establecer análisis cruzados entre variables de porcentaje de cobertura, cantidad de precipitación, intensidad de precipitación, erosión acumulación de sedimentos.
8. Para tratar de evacuar parte de los sedimentos, se plantea que cuando se tuviese plenamente confirmada la presencia de un nuevo fenómeno de El Niño, lo que debe ocurrir a fines de este año o a inicios del 2016, debe empezar a laminarse, es decir bajar el embalse para esperar al Niño con el embalse lo más bajo posible por dos motivos: 1) Para que la corriente del agua arrastre el sedimento hacia la zona de las válvulas a fin de evacuar parte de lo acumulado en la cola del embalse, y el resto que se quede en la zona del volumen muerto; 2) formar un colchón de espera que permita recibir caudales grandes porque si la presa estuviera llena, se corre el riesgo de que el aliviadero no tenga la capacidad de evacuar todo ese caudal extraordinario.

ANEXOS



COORDENADAS DE PUNTOS GEODÉSICOS

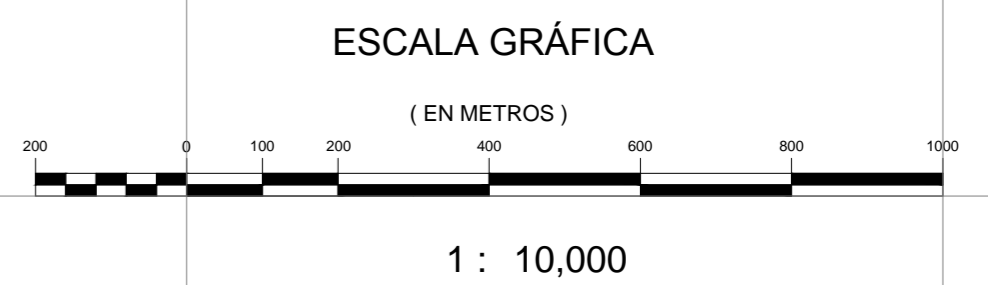
ESTACION	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACION m.s.n.m.
RGC-01	07° 14' 06.89"	079° 12' 28.11"	9199.866.734	487.358.493	422.548
RGC-02	07° 14' 04.09"	079° 12' 15.91"	9199.859.965	498.257.877	457.922

COORDENADAS DE POLIGONAL DE APOYO

ESTACION	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACION m.s.n.m.
P-1	07° 13' 30.42"	079° 12' 28.10"	9200.975.770	697.884.637	432.981
P-2	07° 13' 31.08"	079° 12' 05.43"	9201.241.642	696.559.629	424.183
P-3	07° 13' 21.28"	079° 11' 44.45"	9201.251.876	696.525.153	429.518
P-4	07° 13' 14.03"	079° 11' 11.18"	9201.469.889	700.246.654	484.648
P-5	07° 13' 18.90"	079° 10' 16.87"	9201.313.628	701.912.422	450.805
P-6	07° 13' 20.00"	079° 09' 48.10"	9201.275.125	702.762.489	436.405
P-7	07° 13' 22.43"	079° 09' 13.78"	9200.981.100	703.848.832	425.779
P-8	07° 14' 05.64"	079° 08' 42.21"	9199.866.083	704.910.988	428.753
P-9	07° 14' 31.85"	079° 08' 19.81"	9199.058.028	705.495.031	471.045
P-10	07° 14' 54.17"	079° 08' 04.31"	9198.370.122	705.968.813	509.812
P-11	07° 15' 37.00"	079° 07' 25.20"	9197.047.899	707.158.021	429.114
P-12	07° 15' 31.74"	079° 07' 14.25"	9196.507.377	706.387.100	426.173
P-13	07° 15' 19.30"	079° 06' 46.12"	9197.603.410	704.681.735	427.573
P-14	07° 14' 43.74"	079° 06' 11.67"	9196.899.249	703.902.198	416.692
P-15	07° 14' 27.02"	079° 05' 28.43"	9199.214.877	703.359.589	416.739
P-16	07° 14' 26.36"	079° 05' 46.26"	9199.044.691	702.835.151	414.185
P-17	07° 14' 09.30"	079° 05' 19.65"	9199.147.076	701.620.565	432.322
P-18	07° 14' 06.18"	079° 05' 29.32"	9199.883.864	701.217.940	423.226
P-19	07° 14' 06.05"	079° 05' 20.52"	9199.874.078	699.877.632	413.027
P-20	07° 13' 56.86"	079° 05' 08.61"	9200.166.229	698.786.407	407.811
P-21	07° 13' 34.92"	079° 04' 14.64"	9200.221.522	698.257.845	412.547

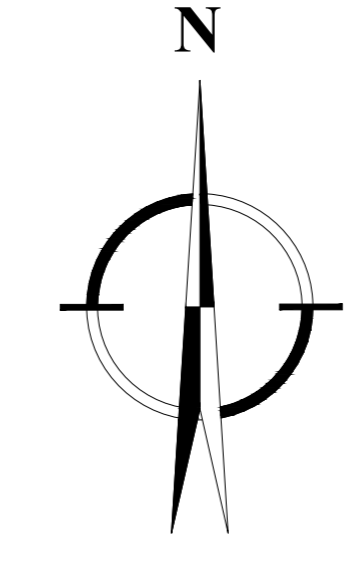
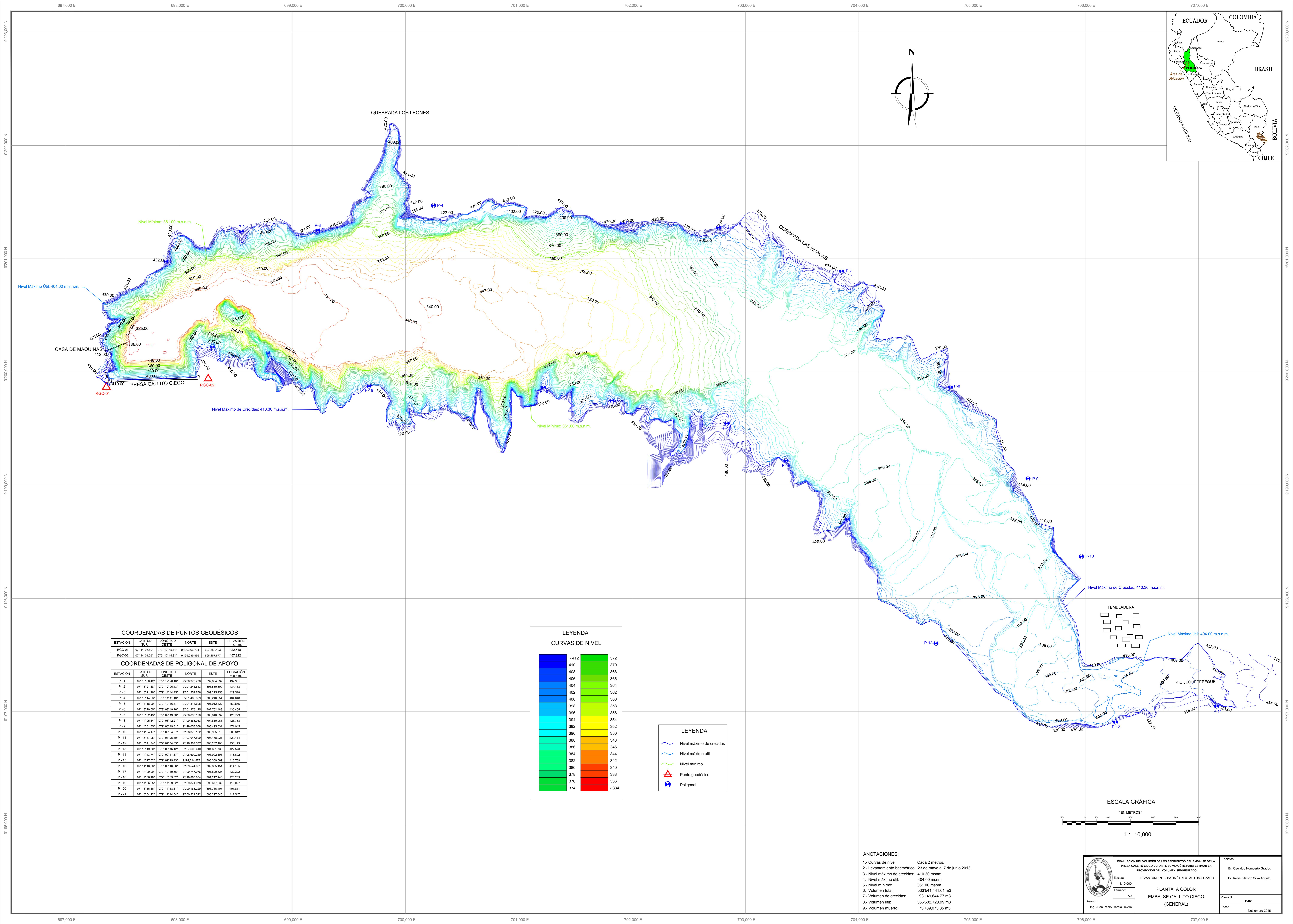
LEYENDA

- Curva principal
- Curva secundaria
- Nivel máximo de crecidas
- Nivel máximo útil
- Nivel mínimo
- Punto geodésico
- Poligonal



- ANOTACIONES:**
- Curvas de nivel: Cada 2 metros.
 - Levantamiento batimétrico: 23 de mayo al 7 de junio 2013.
 - Nivel máximo de crecidas: 410.30 msnm
 - Nivel máximo útil: 404.00 msnm
 - Nivel mínimo: 361.00 msnm
 - Volumen total: 533 541,441.61 m³
 - Volumen de crecidas: 93 149,644.77 m³
 - Volumen útil: 366 052,720.96 m³
 - Volumen muerto: 73 789,075.85 m³

	EVALUACION DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCION DEL VOLUMEN SEDIMENTADO	Tesis: Br. Oswaldo Nomberto Grados
	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO AUTOMATIZADO	Br. Robert Jilson Silva Angulo
Escala: 1:10,000 Tamaño: A0	PLANTA EMBALSE GALLITO CIEGO (GENERAL)	Plano N°: P-01 Fecha: Noviembre 2015
Asesor: Ing. Juan Pablo Garcia Rivera		

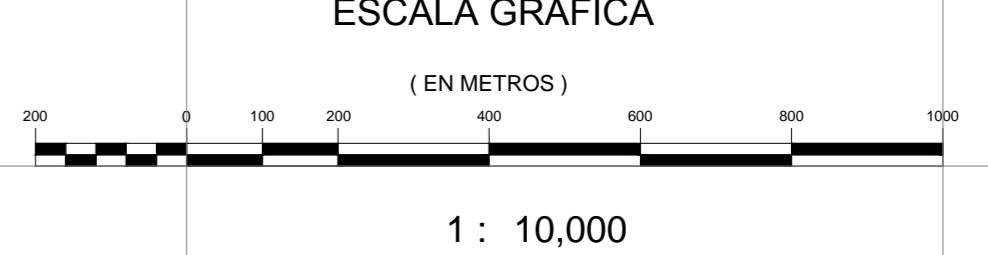
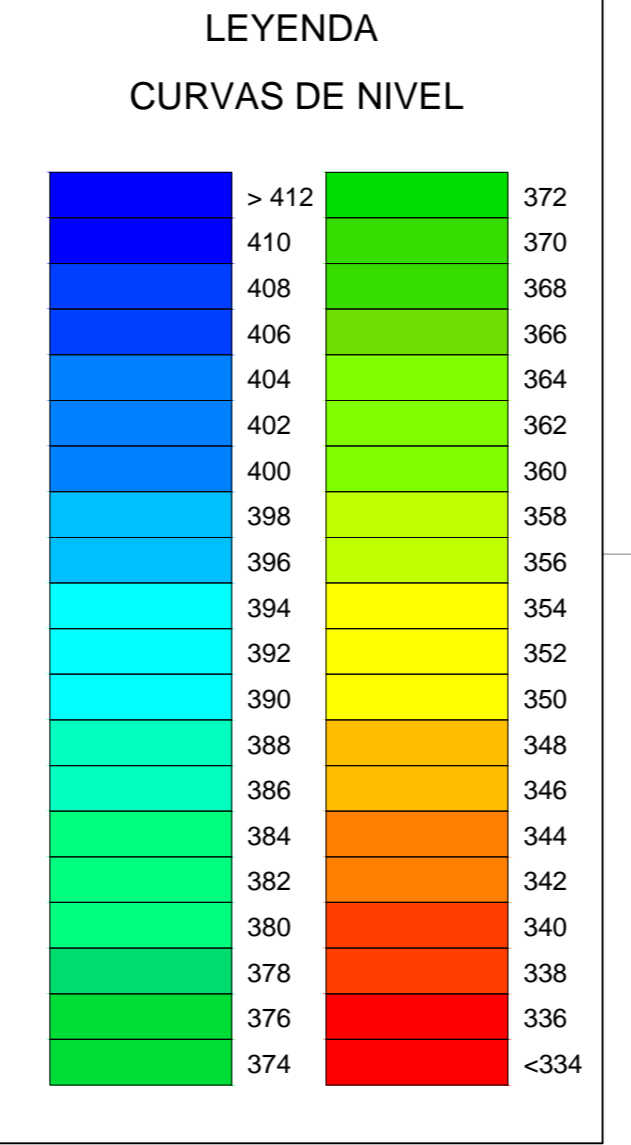


COORDENADAS DE PUNTOS GEODÉSICOS

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.
RGC-01	07° 14' 06.99"	079° 12' 46.11"	9199.866.734	487.358.493	422.548
RGC-02	07° 14' 04.09"	079° 12' 15.91"	9199.939.965	498.257.277	457.922

COORDENADAS DE POLIGONAL DE APOYO

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.
P-1	07° 13' 30.42"	079° 12' 28.10"	9200.975.770	697.884.637	432.981
P-2	07° 13' 31.69"	079° 12' 00.43"	9201.241.642	696.559.629	424.193
P-3	07° 13' 21.28"	079° 11' 44.45"	9201.251.626	696.525.153	429.518
P-4	07° 13' 14.03"	079° 11' 11.18"	9201.469.889	700.246.654	484.648
P-5	07° 13' 18.90"	079° 10' 16.87"	9201.313.628	701.912.422	450.805
P-6	07° 13' 20.05"	079° 09' 49.10"	9201.275.125	702.762.469	435.405
P-7	07° 13' 22.43"	079° 09' 13.79"	9200.991.100	703.848.822	425.779
P-8	07° 14' 05.64"	079° 08' 42.21"	9199.866.083	704.910.968	428.753
P-9	07° 14' 31.85"	079° 08' 19.81"	9199.058.028	705.495.031	471.045
P-10	07° 14' 54.17"	079° 08' 04.37"	9198.370.122	705.969.813	509.812
P-11	07° 15' 37.05"	079° 07' 25.20"	9197.547.899	707.158.021	429.114
P-12	07° 15' 31.74"	079° 07' 14.25"	9196.707.377	706.387.100	426.173
P-13	07° 15' 19.30"	079° 06' 46.12"	9197.603.410	704.691.735	427.573
P-14	07° 14' 43.74"	079° 06' 11.67"	9196.699.249	703.902.198	416.692
P-15	07° 14' 27.02"	079° 05' 28.47"	9199.214.877	703.359.589	416.739
P-16	07° 14' 26.36"	079° 05' 46.26"	9199.544.691	702.835.151	414.165
P-17	07° 14' 09.30"	079° 05' 19.65"	9199.147.076	701.620.565	432.322
P-18	07° 14' 06.18"	079° 05' 29.32"	9199.863.864	701.217.940	423.226
P-19	07° 14' 06.05"	079° 05' 29.52"	9199.874.078	699.877.632	413.027
P-20	07° 13' 56.86"	079° 05' 11.61"	9200.166.229	698.786.407	407.811
P-21	07° 13' 54.92"	079° 05' 14.64"	9200.221.522	698.257.845	412.547



- ANOTACIONES:**
- Curvas de nivel: Cada 2 metros.
 - Levantamiento batimétrico: 23 de mayo al 7 de junio 2013.
 - Nivel máximo de crecidas: 410.30 msnm
 - Nivel máximo útil: 404.00 msnm
 - Nivel mínimo: 361.00 msnm
 - Volumen total: 533 541,441.61 m³
 - Volumen de crecidas: 93 149,644.77 m³
 - Volumen útil: 366 022,720.96 m³
 - Volumen muerto: 73 789,075.85 m³

EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO

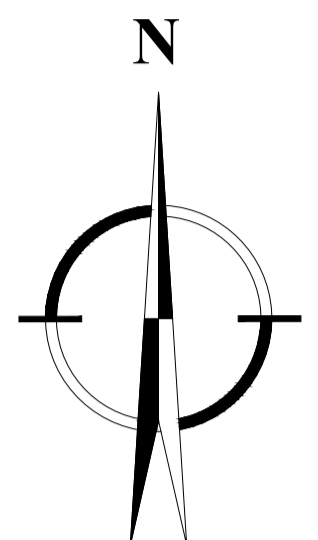
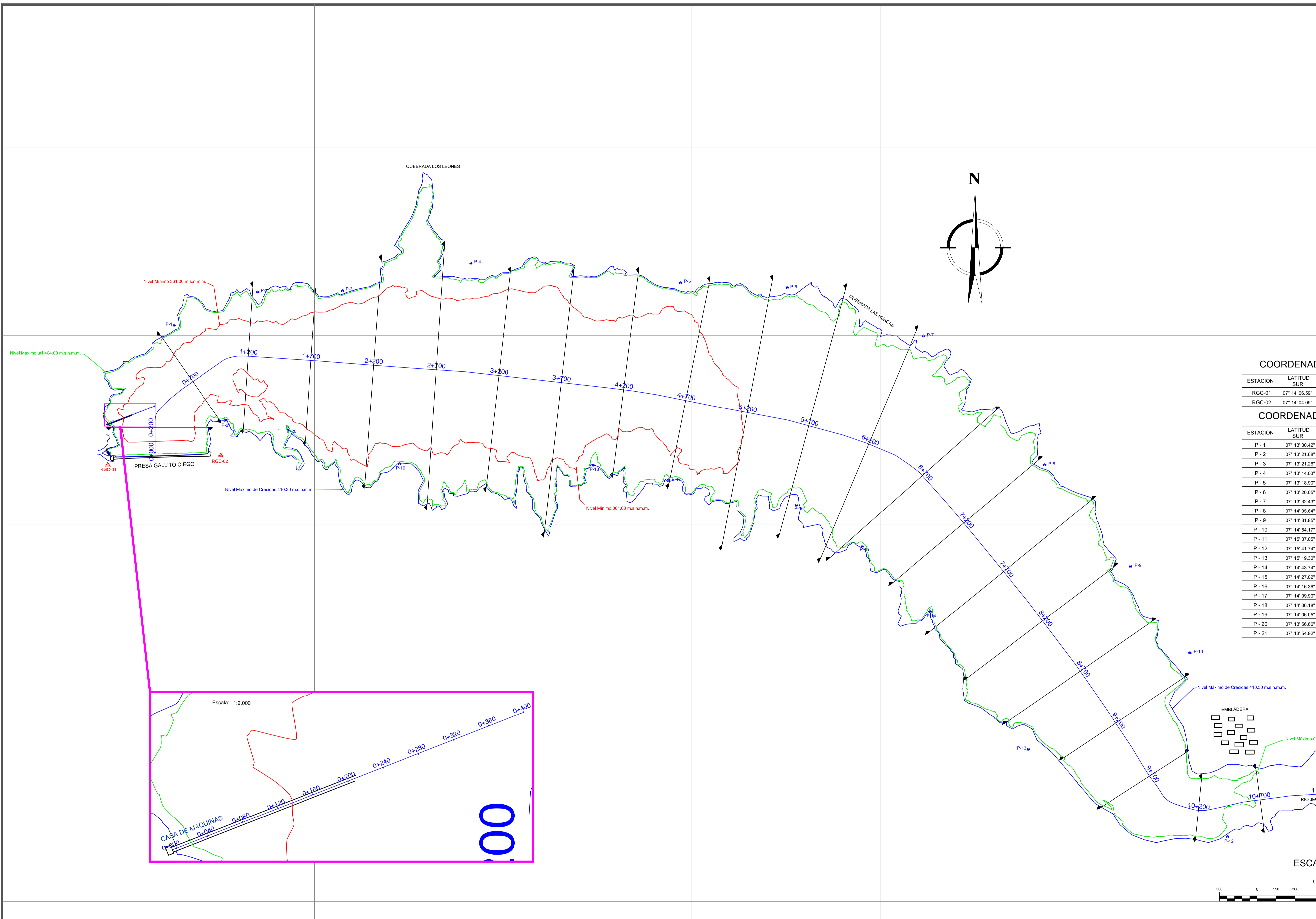
Escala: 1:10,000
Tamaño: A0

PLANTA A COLOR EMBALSE GALLITO CIEGO (GENERAL)

Asesor: Ing. Juan Pablo García Rivera

Trabajo: Sr. Oswaldo Nomberto Criados
Sr. Robert Jasson Silva Angulo

Plano N°: P-02
Fecha: Noviembre 2015

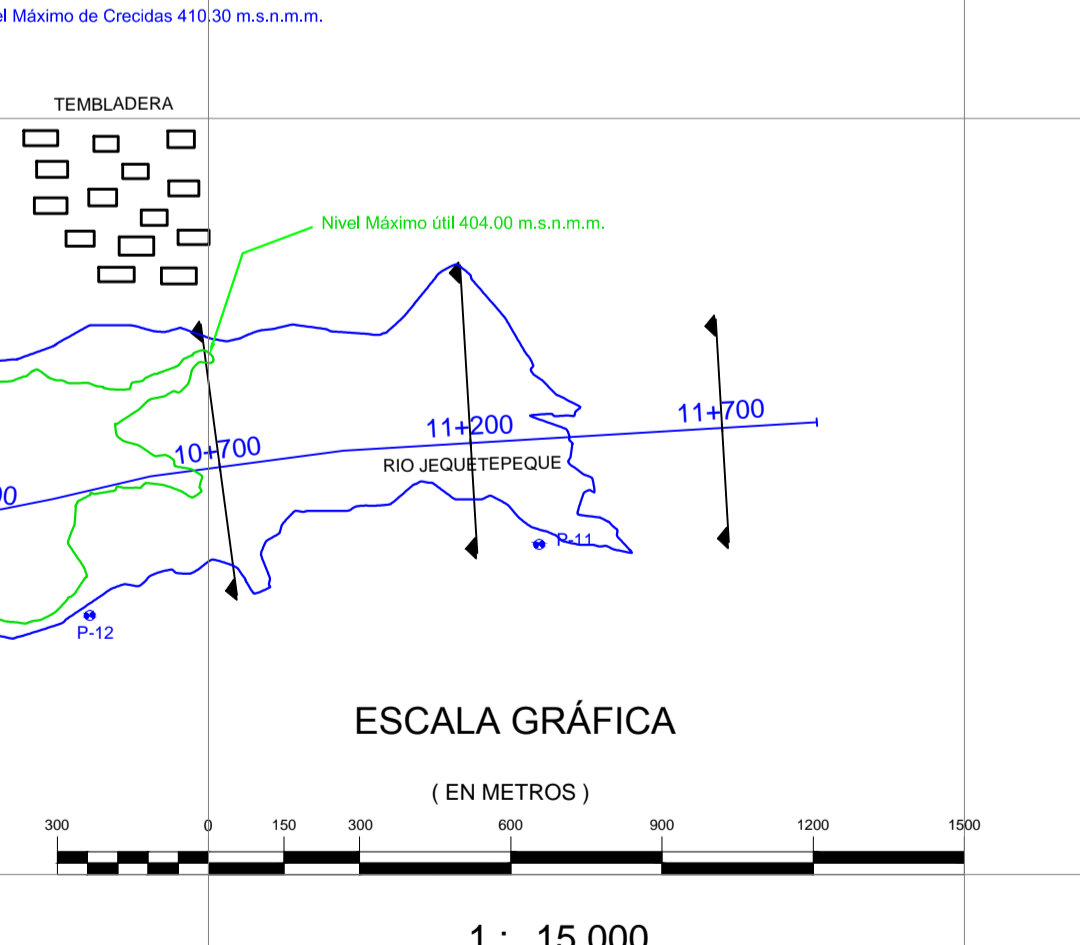
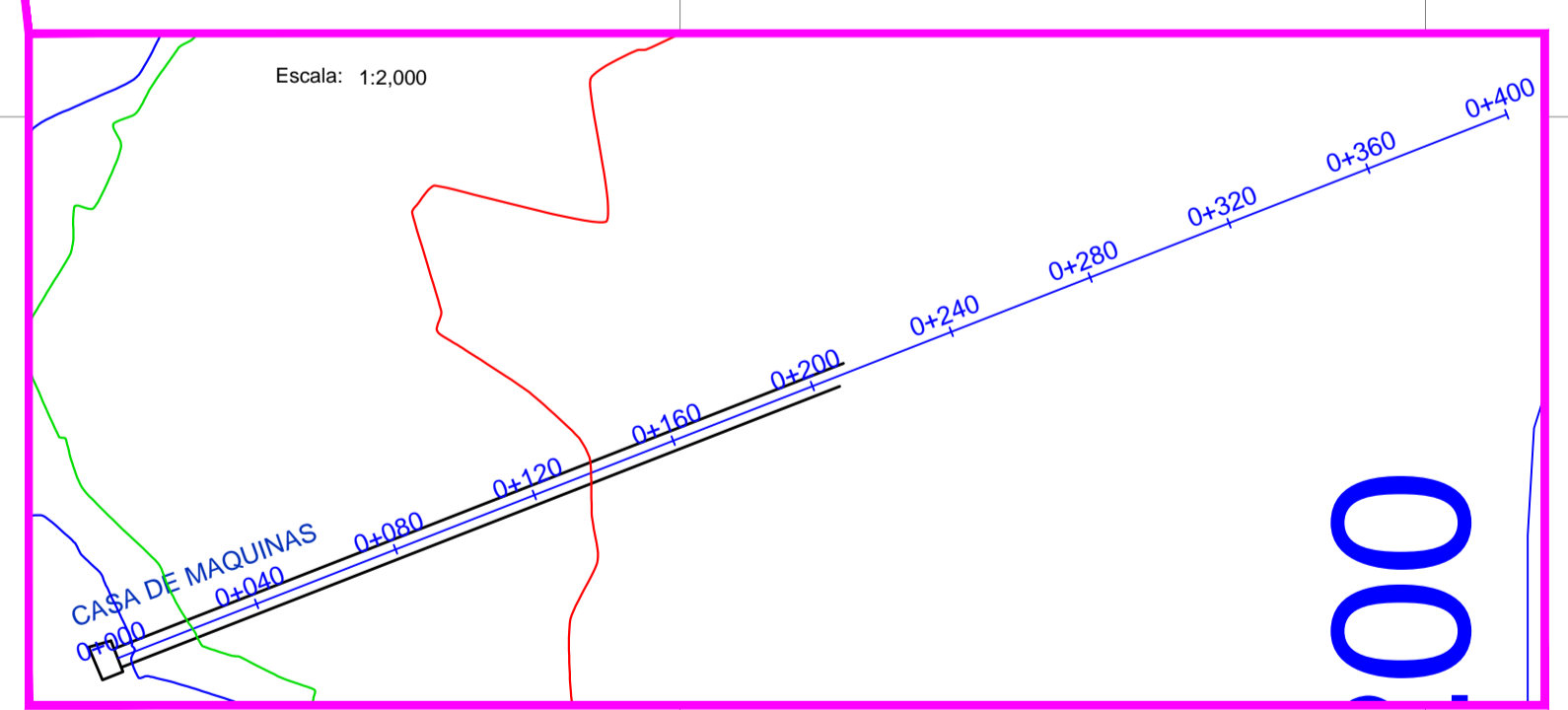


COORDENADAS DE PUNTOS GEODÉSICOS

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.
RGC-01	07° 14' 06.59"	079° 12' 45.11"	9'199,866.734	697,358.493	422.548
RGC-02	07° 14' 04.09"	079° 12' 15.81"	9'199,939.866	698,257.677	457.922

COORDENADAS DE POLIGONAL DE APOYO

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.
P-1	07° 13' 30.42"	079° 12' 28.10"	9'200,975.770	697,884.837	432.981
P-2	07° 13' 21.68"	079° 12' 06.43"	9'201,241.643	698,550.609	434.183
P-3	07° 13' 21.26"	079° 11' 44.45"	9'201,251.876	699,225.153	429.518
P-4	07° 13' 14.03"	079° 11' 11.18"	9'201,469.869	700,246.654	484.648
P-5	07° 13' 18.90"	079° 10' 16.87"	9'201,313.608	701,912.422	450.865
P-6	07° 13' 20.05"	079° 09' 49.10"	9'201,275.125	702,762.489	435.405
P-7	07° 13' 32.43"	079° 09' 13.70"	9'200,890.120	703,848.832	425.779
P-8	07° 14' 05.64"	079° 08' 42.21"	9'199,866.083	704,810.968	428.763
P-9	07° 14' 31.85"	079° 08' 19.81"	9'199,058.008	705,495.031	471.045
P-10	07° 14' 54.17"	079° 08' 04.37"	9'198,370.122	705,955.813	509.812
P-11	07° 15' 37.05"	079° 07' 25.30"	9'197,047.899	707,158.921	429.114
P-12	07° 15' 41.74"	079° 07' 54.35"	9'196,907.377	706,267.100	430.173
P-13	07° 15' 19.30"	079° 08' 46.12"	9'197,603.410	704,681.735	427.573
P-14	07° 14' 43.74"	079° 09' 11.67"	9'198,699.249	703,902.198	416.892
P-15	07° 14' 27.02"	079° 09' 29.43"	9'199,214.877	703,359.569	416.739
P-16	07° 14' 16.36"	079° 09' 46.58"	9'199,544.601	702,835.151	414.165
P-17	07° 14' 09.90"	079° 10' 19.66"	9'199,747.076	701,820.525	432.322
P-18	07° 14' 06.18"	079° 10' 39.32"	9'199,863.864	701,217.948	423.235
P-19	07° 14' 06.05"	079° 11' 29.52"	9'199,874.078	699,677.632	413.027
P-20	07° 13' 56.66"	079° 11' 58.61"	9'200,166.229	698,786.407	407.811
P-21	07° 13' 54.92"	079° 12' 14.54"	9'200,221.522	698,297.845	412.547



LEYENDA

- Nivel máximo de crecidas
- Nivel máximo útil
- Nivel mínimo
- Punto geodésico
- Poligonal

- ANOTACIONES:**
- Curvas de nivel: Cada 2 metros.
 - Levantamiento batimétrico: 23 de mayo al 7 de junio 2013.
 - Nivel máximo de crecidas: 410.30 msnm
 - Nivel máximo útil: 404.00 msnm
 - Nivel mínimo: 361.00 msnm
 - Volumen total: 533'541,441.61 m³
 - Volumen de crecidas: 93'149,644.77 m³
 - Volumen útil: 366'602,720.99 m³
 - Volumen muerto: 73'789,075.85 m³

Asesor:
Ing. Juan Pablo García Rivera

EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO AUTOMATIZADO

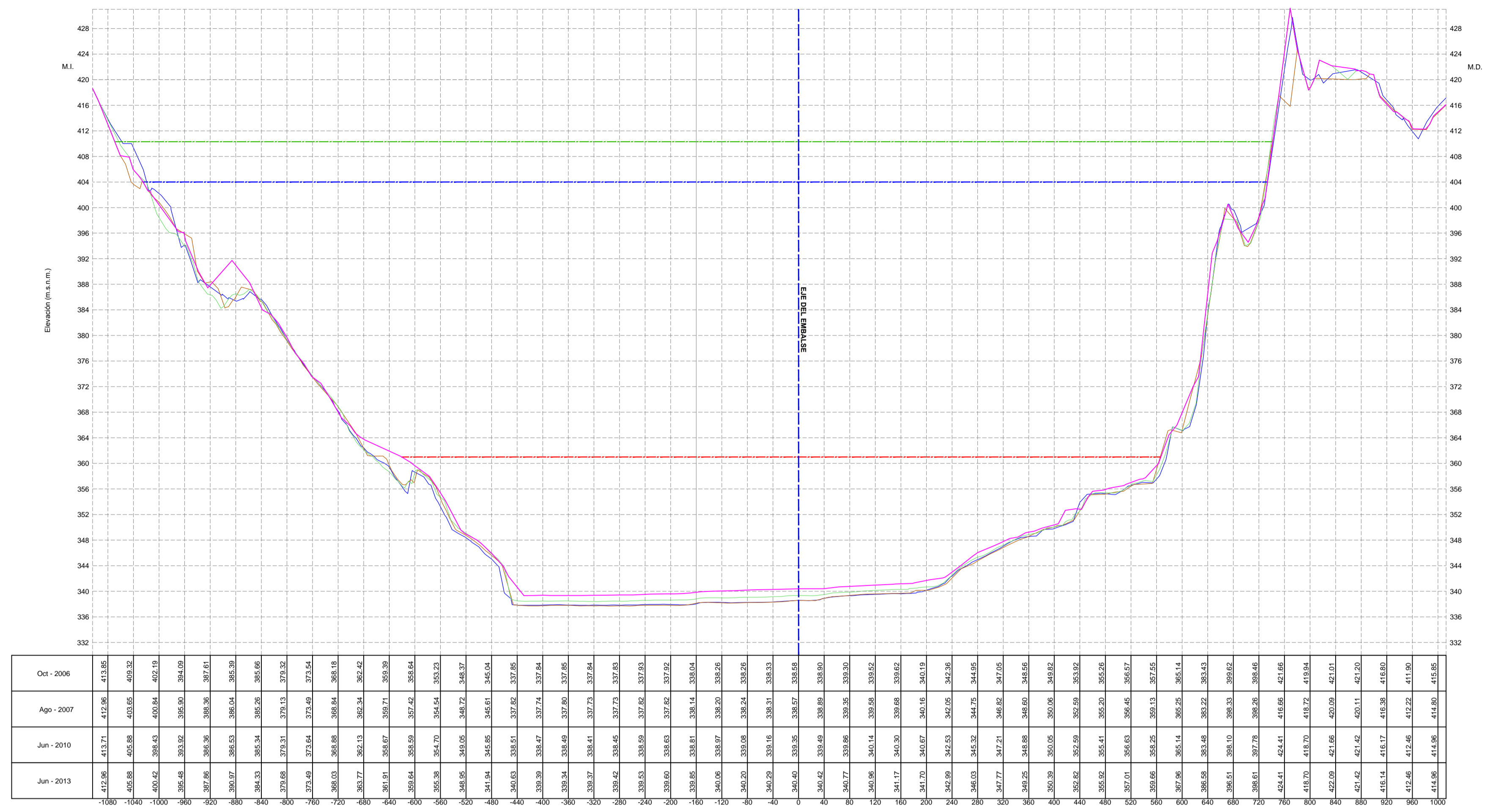
UBICACIÓN DE PERFILES Y SECCIONES TRANSVERSALES EMBALSE GALLITO CIEGO

Tesistas:
Br. Oswaldo Nomberto Grados
Br. Robert Jaison Silva Angulo

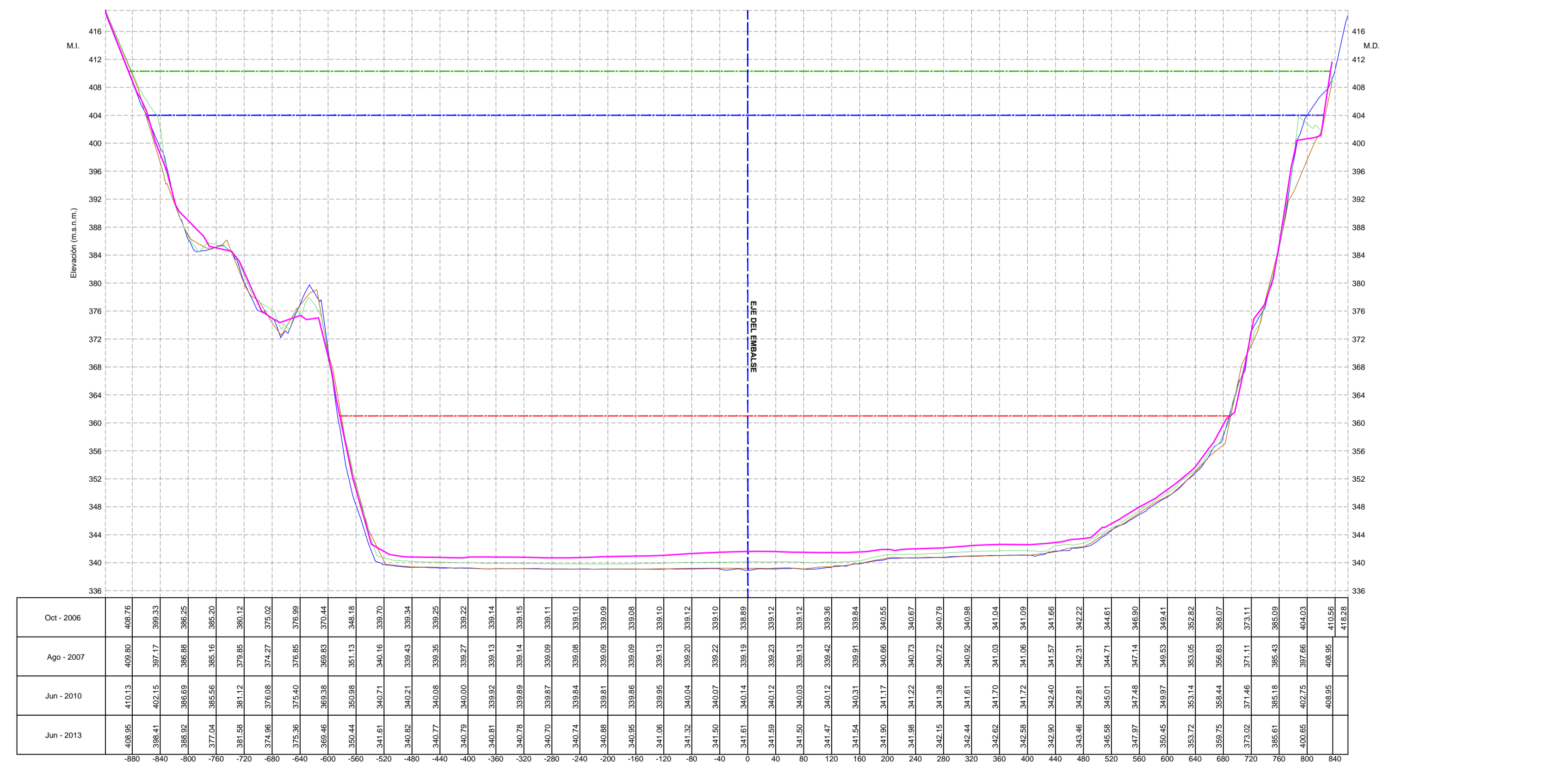
Plano N°: **P-03**

Fecha: **Noviembre 2015**

SECCION 2+700



SECCION 3+200

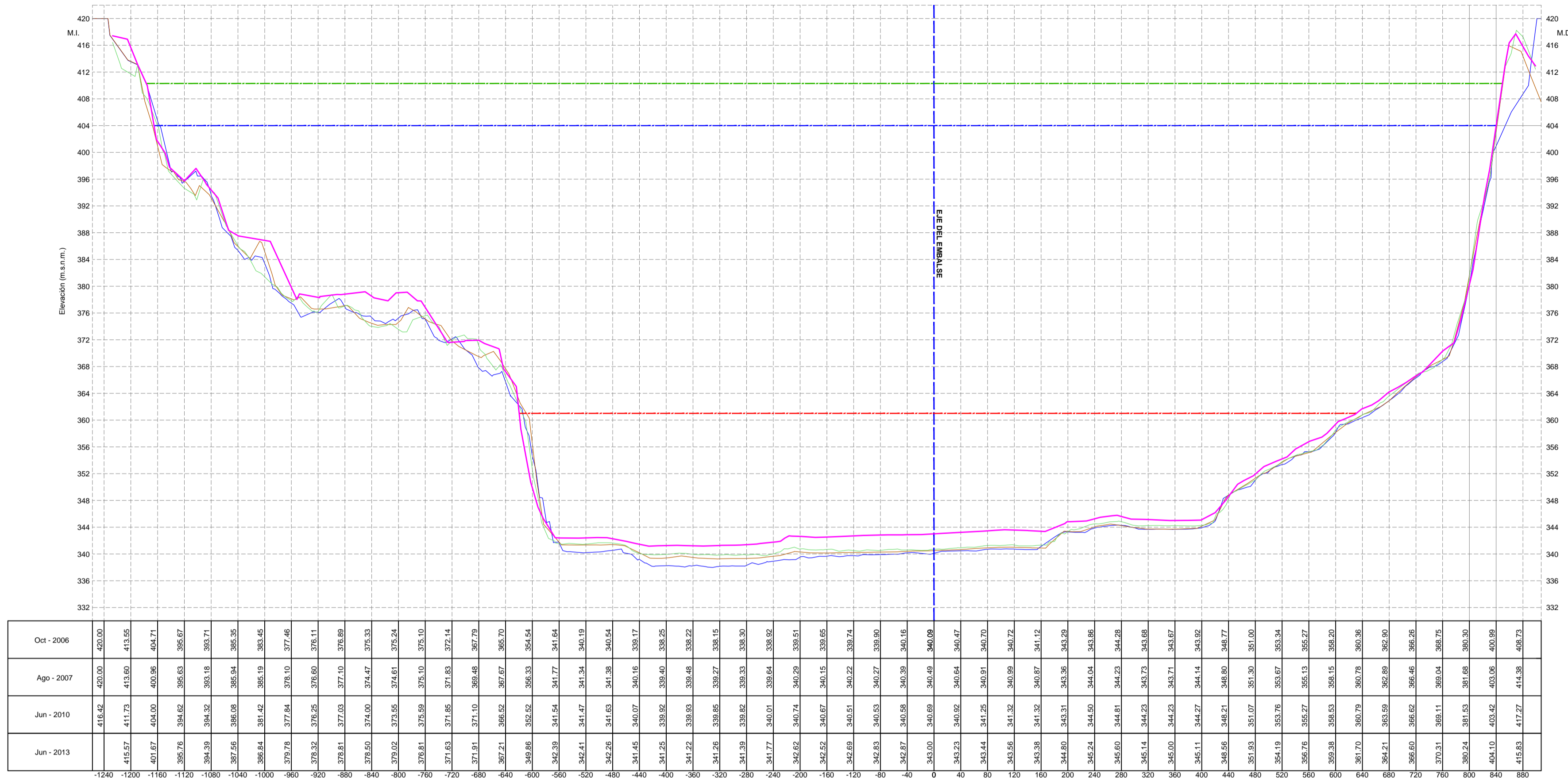


LEYENDA

- Sección 2013
- Sección 2010
- Sección 2007
- Sección 2006
- Nivel máximo en crecidas (401.30 msnm)
- Nivel máximo de embalse útil (404.00 msnm)
- Nivel mínimo de explotación (361.00 msnm)

	EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO	Testistas: Br. Oswaldo Nomberto Grados Br. Robert Jaison Silva Angulo
	Escala: H: 1/5,000 V: 1/500 Tamaño: A1	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO AUTOMATIZADO SECCIONES TRANSVERSALES EMBALSE GALLITO CIEGO (2+700 - 3+200)
Asesor: Ing. Juan Pablo García Rivera		

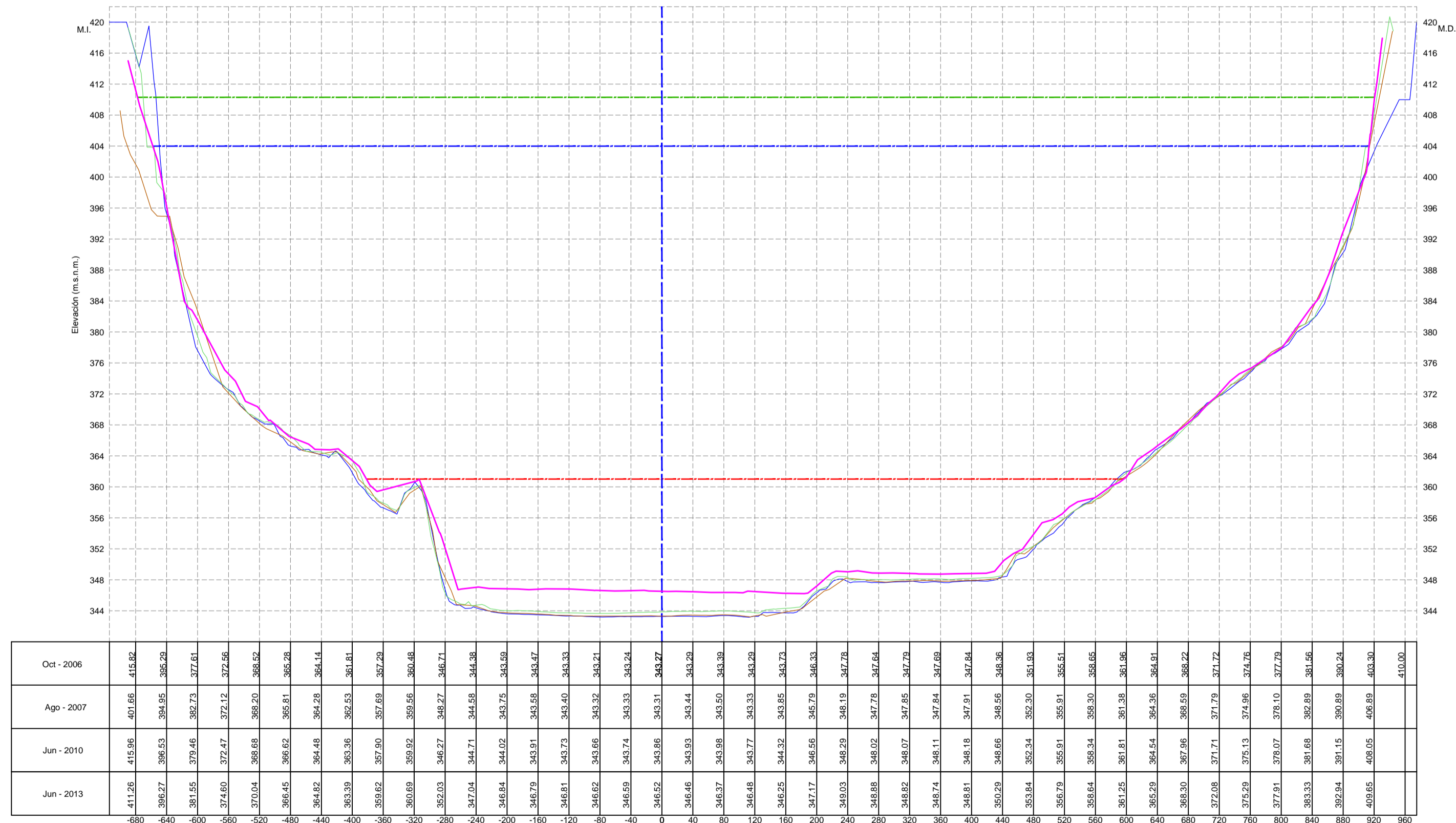
SECCION 3+700



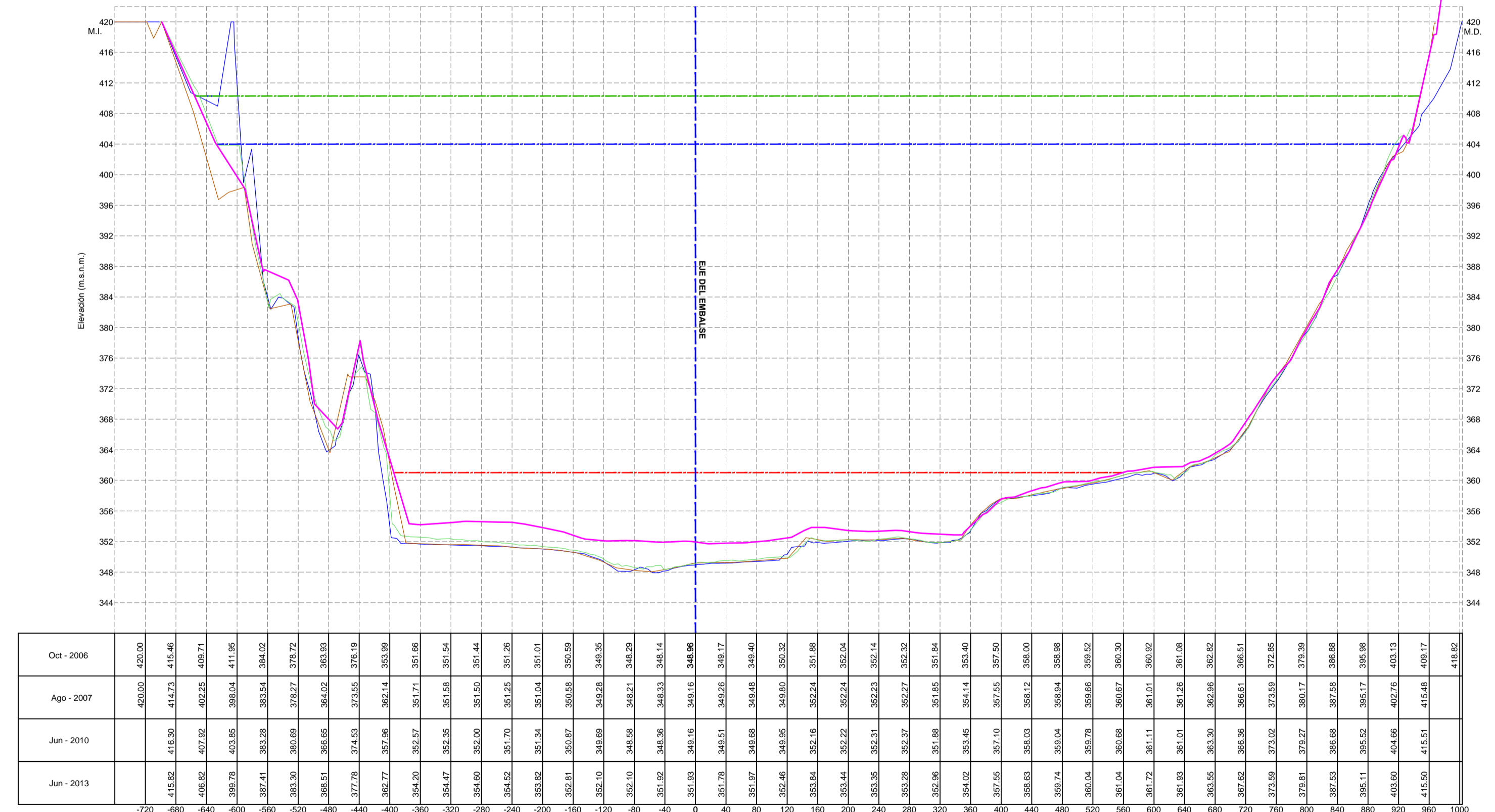
LEYENDA


- Sección 2013
- Sección 2010
- Sección 2007
- Sección 2006
- Nivel máximo en crecidas (401.30 msnm)
- Nivel máximo de embalse útil (404.00 msnm)
- Nivel mínimo de explotación (361.00 msnm)

SECCION 4+200



SECCION 4+700





EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO

Escala: H: 1/5.000
V: 1/500

Tamaño: A1

Asesor: Ing. Juan Pablo García Rivera

LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO AUTOMATIZADO

SECCIONES TRANSVERSALES

EMBALSE GALLITO CIEGO

(3+700 - 4+700)

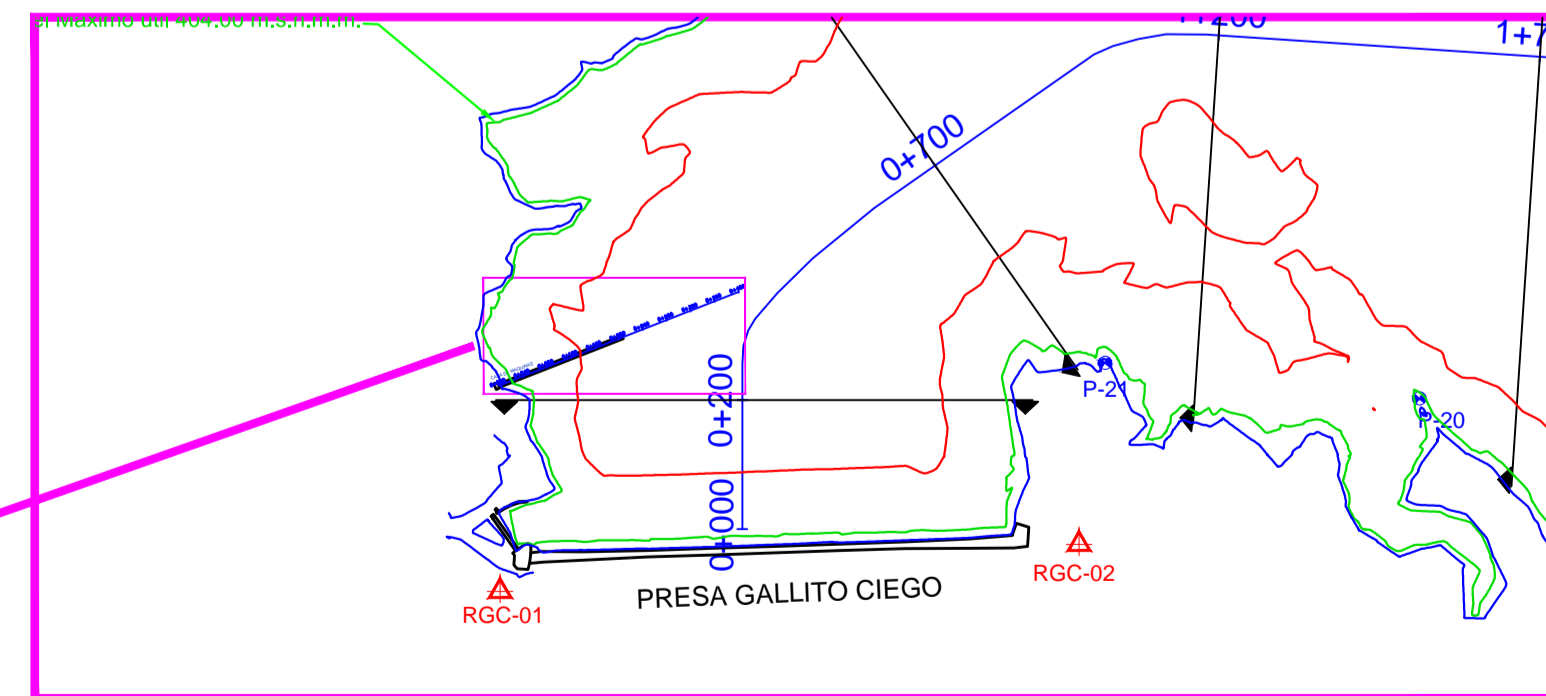
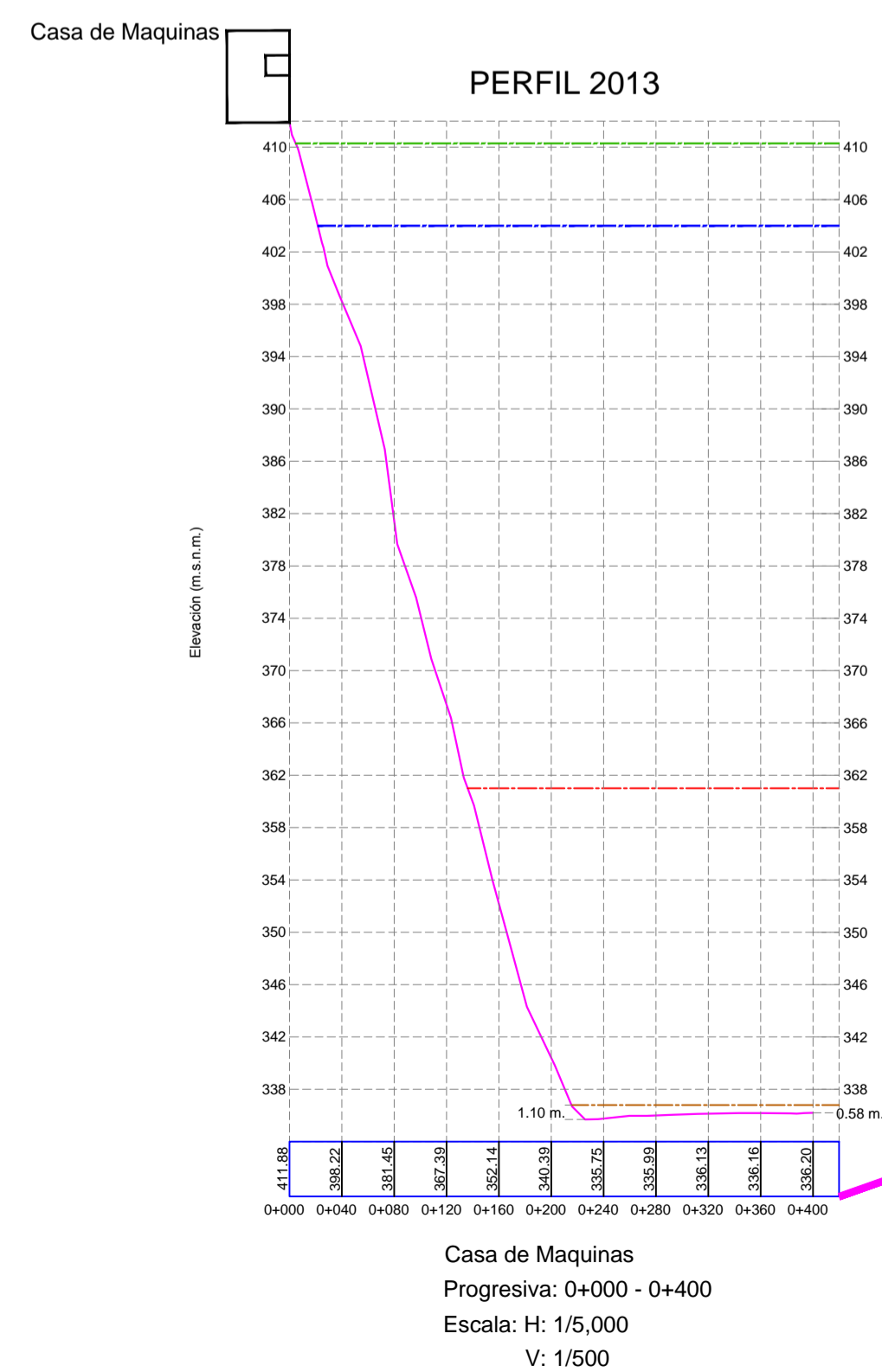
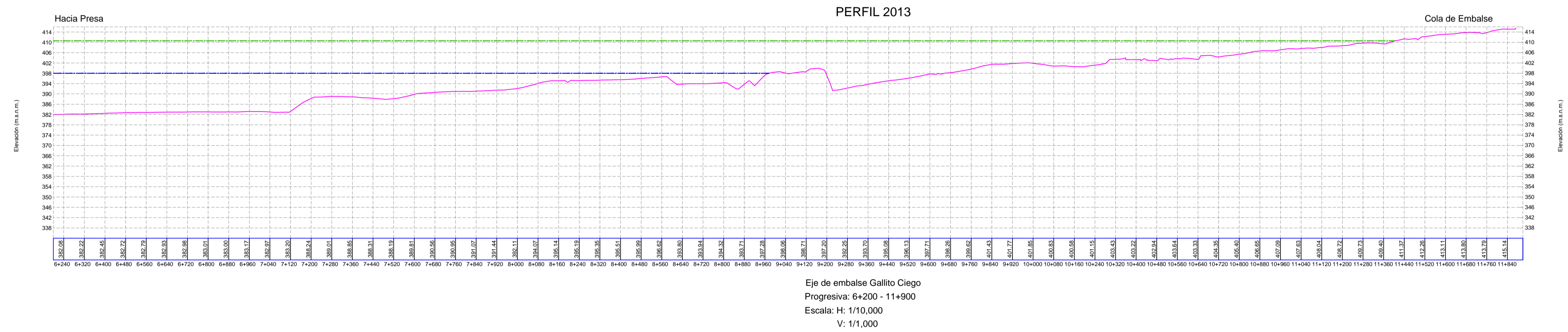
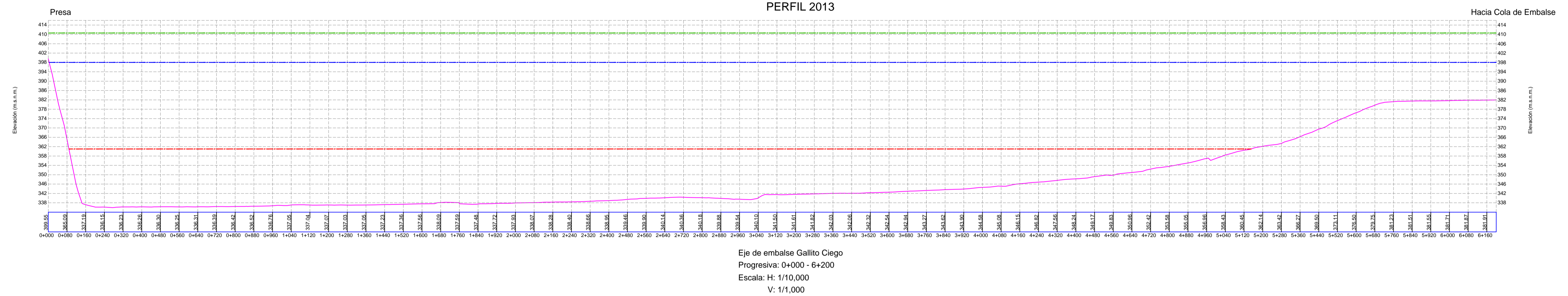
Testistas:

Br. Oswaldo Nomberto Grados

Br. Robert Jaison Silva Angulo

Piano N°: **P-06**

Fecha: **Noviembre 2015**



LEYENDA	
	Perfil 2013
	Nivel máximo en crecidas (401.30 msnm)
	Nivel máximo de embalse útil (404.00 msnm)
	Nivel mínimo de explotación (361.00 msnm)
	Nivel de captación de servicio (336.78 msnm)

 Asesor: Ing. Juan Pablo García Rivera	EVALUACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS SEDIMENTOS DEL EMBALSE DE LA PRESA GALLITO CIEGO DURANTE SU VIDA ÚTIL PARA ESTIMAR LA PROYECCIÓN DEL VOLUMEN SEDIMENTADO	Tesisistas: Br. Oswaldo Nomberto Grados Br. Robert Jaison Silva Angulo
	Levantamiento Batimétrico Automatizado	Plano N°: P-10
Escala: Varios Tamaño: A1	PERFIL LONGITUDINAL EMBALSE GALLITO CIEGO (Eje y Casa de Máquinas)	Fecha: Noviembre 2015