

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
Máster Oficial de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente



TESINA DE MÁSTER

PARAMETRIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO VINCULADO A LOS POTENCIALES MODOS DE FALLO DE LAS PRESAS DE HORMIGÓN DE “EL VAL” Y “GUIAMETS”, PERTENECIENTES A LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL EBRO

Valencia, Octubre de 2009

Autor: Luis Antonio García Kabbabe

Director: Dr. Ignacio Escuder Bueno

A MIS PADRES, CON TODO MI CARIÑO

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

- Mis padres, por brindarme todo su apoyo, ustedes son ejemplo y soporte de mi vida.
- Mi hermano, por alegrarme con su música las horas de trabajo.
- Bárbara, por entenderme, apoyarme y estar siempre a mi lado.
- Toda mi familia: a Los García y a Los Kabbabe, por estar tan pendientes de mí, a pesar de la distancia.
- Luis Chaparro, mi gran amigo, por todos los momentos compartidos dentro y fuera de la universidad.
- Ignacio Escuder, amigo y director de esta tesina, por darme la oportunidad de formarme a su lado.
- Mis amigos y colegas del Grupo ipresas: Armando Serrano, Javier Fluixa, José Carrillo, Ana Vilaplana, José Rosales y Carlos Riera, por su valiosa cooperación.
- A los profesores y personal del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- A la empresa OFITECO, S.A. y a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

RESUMEN

Es por todos conocido que las presas proporcionan grandes beneficios a la sociedad, pero no se debe olvidar que estas infraestructuras tienen un riesgo intrínseco sobre las personas y los bienes económicos aguas abajo; en este sentido, la presente Tesina de Máster busca realizar un aporte a la seguridad de los sistemas presa – embalse.

Específicamente, el objetivo general de este trabajo es analizar y parametrizar el comportamiento de las presas de hormigón de “El Val” y “Guiamets” y vincular el sistema de auscultación a los modos de fallo identificados en estas infraestructuras, con la finalidad de detectar alguna anomalía e impedir el desarrollo de los potenciales mecanismos de rotura. Para este fin, se utilizaron herramientas que permiten estudiar el comportamiento de las presas de hormigón y se expusieron las metodologías actuales utilizadas en España y el resto del mundo con respecto al análisis de modos de fallo en sistemas presa – embalse. Además, se desarrolló un protocolo para facilitar el análisis cualitativo de modos de fallo y se diseñó una herramienta complementaria para identificar, estructurar y vincular con la instrumentación los modos de fallo en presas de hormigón.

Como complemento del trabajo, se elaboraron los informes anuales de comportamiento de las dos presas estudiadas y se identificaron los modos de fallo que fueron vinculados al sistema de auscultación instalado en las presas.

La aplicación de las metodologías fueron satisfactorias en las dos presas analizadas, porque se logró parametrizar el comportamiento de las mismas con ayuda de la modelación estadística y el juicio ingenieril; y además, fue posible determinar los instrumentos fiables que capturarían la eventual evolución o desarrollo de los modos de fallo identificados.

Para finalizar, se puede decir que la elaboración del protocolo y de la herramienta complementaria representa una valiosa contribución en materia de seguridad de presas, ya que su aplicación a los casos analizados demuestra que es viable establecer una vinculación entre los modos de fallo y la capacidad de detección de los mismos, siendo esto fundamental en la toma de decisiones del propietario.

SUMMARY

It is for all known that dams provide great benefits to society, but we must not forget that these infrastructures have an intrinsic risk on persons and economic assets downstream; in this way, the current thesis of master seeks to make a contribution to security on dam-reservoir systems.

Specifically, the purpose of this paper is to analyze and parameterize the behaviour of the "El Val" and "Guiamets" concrete dams and link the monitoring system to the failure modes identified in these infrastructures in order to detect any anomaly and prevent the development of potential mechanisms break. For this reason, there were used tools that studied the behaviour of the concrete dams and also were exposed the current methodologies used in Spain and the rest of the world on the analysis of potential failure modes of dam – reservoir systems. In addition, a protocol to facilitate qualitative analysis of potential failure modes was developed and a complementary tool was designed to identify, structure and link the Instrumentation to concrete dams potential failure modes.

In addition to the work, the annual reports of the behaviour of the two dams studied were made and the potential failure modes were identified and linked with the monitoring system installed in the dams.

The application of the methodologies was successful in both analysed dams because the parameterization of the behaviour of both of them was achieved with help from the statistical modelling and engineering knowledge. It was also possible to determine the reliable instruments that could capture the eventual evolution or development of the identified potential failure modes.

Finally, we can conclude that the elaboration of the protocol and the complementary tool represent a valuable contribution to dam safety, since its application to the analyzed cases shows that it is feasible to establish a link between potential failure modes and the capability of detection of these, becoming an elemental tool when taking decisions by the owner.

RESUM

És per tots conegut que les preses proporcionen grans beneficis a la societat, però no s'ha d'oblidar que estes infraestructures tenen un risc intrínsec sobre les persones i els béns econòmics aigües avall; en este sentit, la present Tesina de Màster busca realitzar una aportació a la seguretat dels sistemes presa – embassament.

Específicament, l'objectiu general d'este treball és analitzar i donar paràmetres el comportament de les preses de formigó de “El Val” i “Guiamets” i vincular al sistema d'auscultació als modes de fallida identificada en estes infraestructures, amb la finalitat de detectar alguna anomalia i impedir el desenrotllament dels potencials mecanismes de ruptura. Per a este fi, es van presentar ferramentes que permeten estudiar el comportament de les preses de formigó i es van exposar les metodologies actuals utilitzades a Espanya i la resta del món amb respecte a l'anàlisi de modes de fallida en sistemes presa – embassament. A més, es va desenrotllar un protocol per a facilitar l'anàlisi qualitativa de modes de fallida i es va dissenyar una ferramenta complementària per a identificar, estructurar i vincular amb la instrumentació els modes de fallida en preses de formigó.

Com a complement del treball, es van elaborar els informes anuals de comportament de les dos preses estudiades i es van identificar els modes de fallida que van ser vinculats al sistema d'auscultació instal·lat en les preses.

L'aplicació de les metodologies van ser satisfactòries en les dos preses analitzades, perquè es va aconseguir donar paràmetres al comportament de les mateixes amb ajuda de la modelación estadística i el juí enginyeril; i a més, va ser possible determinar els instruments fiables que capturarien l'eventual evolució o desenrotllament dels modes de fallida identificada.

Per a finalitzar, es pot dir que l'elaboració del protocol i de la ferramenta complementària representa una valuosa contribució en matèria de seguretat de preses, ja que la seua aplicació als casos analitzats demostra que és viable establir una vinculació entre els modes de fallida i la capacitat de detecció dels mateixos, sent açò fonamental en la presa de decisions del propietari.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS PRESAS DE HORMIGÓN.....	4
2.1 Comportamiento y Auscultación de las Presas de Hormigón	4
2.1.1 Introducción y Definiciones	4
2.1.2 Objetivos e Importancia de la Auscultación	5
2.1.3 Evaluación del Comportamiento	6
2.2 Parametrización del Comportamiento de las Presas de Hormigón a partir de los Datos de Auscultación	7
2.3 Informes Anuales de Auscultación y Comportamiento de las Presas.....	11
2.3.1 Estructura de los Informes Anuales	13
2.4 Tendencia Mundial sobre el Análisis del Comportamiento	14
3. ANÁLISIS CUALITATIVO DE MODOS DE FALLO EN PRESAS DE HORMIGÓN.....	16
3.1 Modos de Fallo en Sistemas Presa - Embalse	16
3.2 Metodologías Actuales para el Análisis Cualitativo de Modos de Fallo	17
3.2.1 Federal Energy Regulatory Commission (FERC). <i>Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects. Chapter 14. Dam Safety Performance Monitoring Program. 2005.</i>	18
3.2.2 Membrillera M. <i>Contribución a la Aplicación del Análisis y Declaración de Riesgos en Presas Españolas, Incluyendo Priorización de Inversiones. Capítulo 5. Propuesta para el desarrollo de un programa complementario de seguridad en el contexto español basado en el análisis de riesgos. 2007.</i>	19
3.3 Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa – Embalse y su Vinculación con la Instrumentación	21
3.3.1 Estructura del Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa – Embalse	22

3.4	Herramienta Complementaria para Estructurar Modos de Fallo, en Presas de Hormigón, y Vincularlos con el Sistema de Auscultación	25
3.4.1	Estructuración y Codificación de Modos de Fallo Utilizando la Herramienta Complementaria	28
4. CASOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO VINCULADO A LOS MODOS DE FALLO DE LAS PRESAS DE HORMIGÓN DE “EL VAL” Y “GUIAMETS”		30
4.1	Preámbulo a los Casos de Estudio	30
4.2	Análisis de la Presa de El Val	32
4.2.1	Memoria del Informe Anual de Auscultación de la Presa de El Val	32
4.2.2	Identificación Personal de Modos de Fallo de la Presa de El Val y su Vinculación con el Sistema de Auscultación	91
4.3	Análisis de la Presa de Guiamets	103
4.3.1	Memoria del Informe Anual de Auscultación de la Presa de Guiamets	103
4.3.2	Identificación Personal de Modos de Fallo de la Presa de Guiamets y su Vinculación con el Sistema de Auscultación	146
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		166
5.1	Conclusiones.....	166
5.1.1	Conclusiones relacionadas con la modelación estadística y la parametrización del comportamiento	166
5.1.2	Conclusiones referentes al protocolo para el análisis de modos de fallo en sistemas presa – embalse.....	167
5.1.3	Conclusiones respecto a la Herramienta para Estructurar los Modos de Fallo en Presas de Hormigón.....	167
5.1.4	Conclusiones relacionadas con el Informe Anual de Auscultación y el Análisis de Comportamiento de la presa de El Val	168
5.1.5	Conclusiones relacionadas con los modos de fallo identificados en la presa de El Val y su vinculación con el sistema de auscultación.....	172
5.1.6	Conclusiones relacionadas con el Informe Anual de Auscultación y el análisis de comportamiento de la presa de Guiamets.....	174
5.1.7	Conclusiones relacionadas con los modos de fallo identificados en la presa de Guiamets y su vinculación con el sistema de auscultación....	178

5.2	Recomendaciones.....	180
5.2.1	Recomendaciones relacionadas con la herramienta para estructurar modos de fallo	180
5.2.2	Recomendaciones referidas a la presa de El Val	180
5.2.3	Recomendaciones referidas a la presa de Guiamets	181
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	183
7.	APÉNDICES.....	185

ÍNDICE DE APÉNDICES

A	Protocolo para el análisis de modos de fallo en sistemas presa - embalse	A-A
B	Anejos del Informe Anual de Auscultación de la Presa de Val	A-B
	Anejo 1. Planos de la Presa de El Val	A-B1
	Anejo 2. Gráficos de las variables auscultadas de la presa de El Val	A-B2
	Anejo 3. Datos de auscultación de la presa de El Val	A-B3
	Anejo 4. Documentación Fotográfica de la presa de El Val	A-B4
	Anejo 5. Estado del Sistema de Auscultación de la presa de El Val	A-B5
	Anejo 6. Modelación Estadística de los datos de Auscultación	A-B6
	Anejo 7. Visita a la presa de El Val	A-B7
	Anejo 8. Documentación Relativa a la Auscultación de la presa de Val	A-B8
C	Anejos del Informe Anual de Auscultación de la Presa de Guiamets	A-C
	Anejo 1. Planos de la Presa de Guiamets	A-C1
	Anejo 2. Gráficos de las variables auscultadas de la presa	A-C2
	Anejo 3. Datos de auscultación de la presa de Guiamets	A-C3
	Anejo 4. Documentación Fotográfica de la presa de Guiamets	A-C4
	Anejo 5. Estado del Sistema de Auscultación de la presa de Guiamets	A-C5
	Anejo 6. Modelación Estadística de los datos de Auscultación	A-C6
	Anejo 7. Visita a la presa de Guiamets	A-C7
	Anejo 8. Documentación Relativa a la Auscultación de la presa	A-C8

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Resultados obtenidos del modelo estadístico Ausmodel	11
2.2	Estructura de la seguridad de presas y embalses	12
3.1	Relaciones básicas entre el PCAR y los documentos del archivo técnico de la presa	21
3.2	Secuencia para realizar el análisis de modos de fallo, propuesto en el protocolo	22
3.3	Herramienta para estructurar modos de fallo, en presas de hormigón, y vincularlos con el sistema de auscultación	26
3.4	Ejemplo de la estructuración de un modo de fallo, utilizando la herramienta	29
5.1	Modo de fallo identificado en la presa de Val	173
5.2	Modos de fallo identificados en la presa de Guiamets	179

ÍNDICE DE TABLAS

3.1	Resumen de los principales instrumentos instalados en las presas de hormigón y la finalidad de los mismos	26
3.2	Definición de cada mecanismo último de rotura, según la herramienta de modos de fallo	27
5.1	Operatividad y fiabilidad del sistema de auscultación de la presa de El Val, al 31-12-2008	173
5.2	Instrumentos a seguir exhaustivamente en la presa de El Val	171
5.3	Vinculación entre el modo de fallo identificado y el sistema de auscultación de la presa de El Val	174
5.4	Operatividad y fiabilidad del sistema de auscultación de la presa de Guiamets, al 31-12-2008	175
5.5	Instrumentos a seguir exhaustivamente en la presa de Guiamets	177
5.6	Vinculación entre los modos de fallo identificados y el sistema de auscultación de la presa de Guiamets	180

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida, por ello el ser humano se la ha ingeniado para conseguirla, transportarla y almacenarla, derivándose de estas actividades, mecanismos constructivos que han ido evolucionando a lo largo de la historia hasta desarrollar las tecnologías actuales de: diseño, construcción, explotación, auscultación y mantenimiento, de una de las infraestructuras más complejas de la ingeniería civil, como lo son las grandes presas.

Es por todos conocido que las presas son estructuras que proporcionan beneficios a la sociedad ya que aseguran el abastecimiento de recursos hídricos a poblaciones, protegen zonas urbanas de avenidas, permiten el desarrollo de la agricultura, proporcionan electricidad, facilitan la navegación interior, ayudan al desarrollo de actividades turísticas, entre otros. No obstante, los beneficios mencionados están íntimamente acompañados de un riesgo, sobre las personas y los bienes económicos aguas abajo, razón por la cual la seguridad de las presas siempre ha sido una preocupación constante de los ingenieros e instituciones que se relacionan con ellas.

La historia de las presas nos enseña que las roturas han sido muy esporádicas pero, en ocasiones, gravosas en extremo para las vidas humanas y la economía en su conjunto.

La seguridad absoluta es un concepto límite inalcanzable. De ninguna obra se puede asegurar su inalterabilidad y resistencia en cualquier circunstancia: siempre puede darse una inesperada que cause el deterioro o su ruina. (Vallarino, 2001).

Actualmente, la seguridad de presas y embalses es un concepto complejo que abarca múltiples aspectos e implica la unión entre el enfoque tradicional de la seguridad, basado en la realización de actividades de forma sistemática y periódica, y una metodología moderna y robusta apoyada en el reconocimiento explícito de los riesgos y al estudio de los mismos, para lograr esto es indispensable una buena auscultación del comportamiento.

En pocas palabras, la evaluación de la seguridad de presas y embalses está íntimamente relacionada a una adecuada auscultación del comportamiento y al análisis del mismo, como también a la identificación y vigilancia de los potenciales modos de fallo del sistema. Esta idea es la que da inicio al trabajo que se desarrolla en el presente documento.

Más detalladamente se puede decir que, el objetivo general de esta Tesina de Máster es el de analizar y parametrizar el comportamiento de dos presas de hormigón y vincular los registros de auscultación a los potenciales modos de fallo identificados, utilizando modelos estadísticos y el juicio ingenieril para definir y estimar la capacidad de detección y el tiempo de intervención, con la finalidad de impedir el desarrollo de los mecanismos de rotura.

En particular, los objetivos específicos que persigue esta investigación son los siguientes:

- Realizar los Informes Anuales de Auscultación y Comportamiento de las presas de hormigón de “El Val” y “Guiamets”.
- Analizar y parametrizar el comportamiento de las dos presas de hormigón, con la ayuda de la modelación estadística de los datos de auscultación y el juicio ingenieril.
- Desarrollar un protocolo para el análisis de los modos de fallo en sistemas presa – embalse.
- Proponer una herramienta para identificar, estructurar y vincular con la instrumentación los modos de fallo en presas de hormigón.
- Identificar los modos de fallo de las presas de “El Val” y “Guiamets”.
- Vincular el comportamiento parametrizado y el sistema de auscultación de las presas con los modos de fallo significativos.

En definitiva, esta Tesina de Máster ha sido dividida en cinco capítulos tal y como se describe a continuación. El documento inicia con el, presente, Capítulo 1 donde se expone la introducción, los objetivos y la estructuración del trabajo.

En el Capítulo 2, se describen los conceptos de Comportamiento y Auscultación en las presas de hormigón, también se presentan las herramientas para parametrizar el comportamiento de las mismas a partir de los datos de auscultación, además se expone la metodología y estructura para la elaboración de los Informes Anuales.

Seguidamente, en el Capítulo 3 se define coherentemente lo que es un potencial modo de fallo en sistemas presa-embalse, se describen las metodologías más recientes para realizar un análisis cualitativo de los mismos y se plantea un protocolo que facilita la elaboración de mencionado análisis. Además, se propone una herramienta complementaria que permite estructurar y vincular con la auscultación los modos de fallo en presas de hormigón.

Posteriormente, en el Capítulo 4 se muestran los casos de estudio, aquí se elaboran los Informes Anuales de Auscultación de las presas de hormigón de “El Val” y “Guiamets”, se realiza la parametrización del comportamiento de ambas presas, se identifican los modos de fallo y se realiza la vinculación de los mismos con el sistema de auscultación, es decir, se determinan cuales son los instrumentos que se deben seguir para detectar la evolución o desarrollo de los mecanismos de rotura.

Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones más importantes derivadas de toda la Tesina de Máster, estas se dividen de la siguiente manera: conclusiones sobre la modelación estadística y la parametrización del comportamiento, sobre la aplicación del protocolo para analizar modos de fallo, conclusiones sobre la herramienta complementaria para identificar modos de fallo y, finalmente, sobre los casos prácticos de aplicación realizados a las dos presas de hormigón. Por último se muestran unas recomendaciones generales de cara a las herramientas planteadas y a la seguridad de las presas analizadas.

CAPÍTULO 2

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS PRESAS DE HORMIGÓN

2.1 Comportamiento y Auscultación de las Presas de Hormigón

2.1.1 Introducción y Definiciones

En el ámbito de seguridad de presas, los conceptos de *comportamiento* y *auscultación* están íntimamente relacionados y es imposible desvincular uno del otro, debido a que los sistemas de instrumentación tienen como finalidad principal explorar y conocer el estado de las presas.

En este orden de ideas, se define el *comportamiento de una presa de hormigón* como la respuesta que tiene esta infraestructura y su cimiento a la acción de las variables exteriores con las que interactúa, estas variables son: el nivel de embalse, la temperatura del medio ambiente y la precipitación.

El Comité Nacional Español de Grandes Presas, en la Guía Técnica N°.7 denominada AUSCULTACIÓN DE LAS PRESAS Y SUS CIMIENTOS (CNEGP, 2006), entiende el término *auscultación* como el “*Conjunto de actividades destinadas a conocer el comportamiento real de una presa, durante una determinada época o a lo largo de toda su vida útil, que se llevan a cabo mediante técnicas especiales de medición, con aparatos o sensores determinados y que, con un posterior proceso de depuración y análisis de los datos obtenidos, permiten profundizar en la seguridad global de una presa*”.

Teniendo en cuenta estos dos conceptos, los autores (Escuder et al, 2004) plantean que los registros obtenidos mediante los sistemas de auscultación de presas son fundamentales para poder analizar su comportamiento y evaluar su seguridad. Sin olvidar que existen factores que pueden afectar la calidad del dato medido, originando ciertas incertidumbres.

Por consiguiente se puede afirmar que el comportamiento real de una presa y su cimiento está condicionado por un gran número de factores y parámetros de mayor o menor incertidumbre. La calidad de la evaluación de su seguridad dependerá en gran medida del diseño adecuado de su sistema de auscultación, la bondad y calidad de los datos suministrados por él y del análisis numérico e ingenieril de los mismos.

2.1.2 Objetivos e Importancia de la Auscultación

La seguridad de una presa no depende sólo de un buen proyecto y de la correcta ejecución de las obras, sino también hay que considerar todo tipo de circunstancias e incidencias que se producen en las diferentes etapas, especialmente durante los primeros años de explotación. (Pérez et al, 2008).

Una buena y adecuada auscultación permite, no sólo cumplir su fin principal de conocer el estado de seguridad de la presa evitando accidentes, sino también obtener información que enriquezca el conocimiento sobre el comportamiento real de la infraestructura y, a fin de cuentas, afina las técnicas experimentales y los métodos de cálculo para lograr una mejor concepción de las mismas. En definitiva los objetivos específicos que debe cumplir un sistema de auscultación son:

- Prevenir con suficiente antelación detectando lo más rápidamente posible cualquier anomalía, y por tanto, evitar que una situación futura pueda acarrear roturas, accidentes e incidencias no deseadas. Entendiendo por anomalía a las diferencias entre:
 - El comportamiento supuesto en el diseño y el comportamiento real de la estructura, o
 - El comportamiento presente de la presa y el comportamiento pasado de la misma.
- Controlar ciertos parámetros que tengan una influencia importante en el comportamiento y seguridad de la presa, para de esta manera tomar decisiones y acciones correctas.
- Reducir las incertidumbres sobre las hipótesis simplistas realizadas, de forma que pueda aumentar la confianza sobre el comportamiento futuro.
- Economizar, o al menos racionalizar, la construcción y/o explotación partiendo de datos reales medidos in situ.

- Conocer, a partir de una información real, el comportamiento satisfactorio o no de la presa en explotación.

La auscultación por instrumentación tiene sus limitaciones, porque sólo puede revelar ciertos aspectos de los fenómenos involucrados en la presa, por ello es imprescindible realizar la inspección visual con una frecuencia determinada para poder detectar, en caso de que existiesen, otros mecanismos que pusieran en peligro la integridad de la presa.

Teniendo en cuenta esta última premisa, (Lombardi, 2001) plantea los siguientes pasos a seguir para supervisar el comportamiento de una presa y su cimiento:

- Efectuar inspecciones visuales.
- Instrumentar y realizar mediciones
- Analizar e interpretar los registros
- Tomar las decisiones competentes
- Archivar los datos medidos

Es importante comprender, que la información que proporciona la auscultación es valiosa únicamente, si es confiable, exacta e inmediatamente disponible. En caso contrario no sólo es inútil sino que también puede ser peligrosa, ya sea por ocultar un riesgo real o por crear falsas alarmas que conlleven a perder la confianza en la presa o en el titular responsable de la misma.

La combinación entre la auscultación por instrumentación y la inspección visual resulta clave en la observación y diagnóstico del comportamiento de las presas, de esta manera ayuda en el establecimiento de un conjunto de umbrales preventivos para los diferentes controles durante la construcción y explotación; además constituye una herramienta importante para ayudar a prevenir y detectar el desarrollo de los modos de fallo en sistemas presa – embalse. En pocas palabras, la auscultación y la inspección son la base para la evaluación periódica de la seguridad de la presa y su cimiento.

2.1.3 Evaluación del Comportamiento

En la evaluación de la seguridad de los sistemas presa-embalse es primordial atender el comportamiento: deformacional, tensional e hidráulico de todos los

componentes del conjunto (cerrada, cuerpo de presa, órganos de desagüe y tomas, y laderas). Estos aspectos están ligados a datos provenientes de:

- Sistema de auscultación de la presa (instrumentación de control).
- Observaciones de las inspecciones.
- Y en caso de ser necesario, ensayos de caracterización de materiales.

Los aspectos para acometer la evaluación del comportamiento de las presas de hormigón se relacionan principalmente con las subpresiones, las deformaciones unitarias del cuerpo de la presa y del cimiento, el nivel de tensiones medido, las propiedades del hormigón y la susceptibilidad térmica que se traduce en: izamientos, asentamientos, apertura - cierre de juntas y movimientos horizontales.

Para analizar y evaluar el comportamiento de la presa y su cimiento, existen herramientas como la modelación estadística de los datos de auscultación y la elaboración de modelos deterministas de comportamiento estructural.

En el Capítulo 4 de la presente Tesis se muestra el análisis de comportamiento, realizado a partir de los datos de auscultación, de las presas de gravedad de: “El Val” (hormigón compactado con rodillo) y “Guiamets” (hormigón en masa convencional) pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

2.2 Parametrización del Comportamiento de las Presas de Hormigón a partir de los Datos de Auscultación

Generalmente, se conoce como *parametrización* a la representación de una curva o superficie como una función matemática. Su importancia radica en que permite tratar como funciones a curvas que no lo son (siempre que se les considere dentro de un sistema de coordenadas) como por ejemplo una circunferencia o, más ingenierilmente, la evolución de las subpresiones en la cimentación de una presa.

En el ámbito de la ingeniería de presas, se puede definir *parametrización del comportamiento* como el proceso en el cual se obtienen los parámetros de una ecuación empírica que rige el comportamiento de una variable de control de la presa (filtraciones, subpresiones, desplazamientos, etc.) en función de: el tiempo transcurrido desde una fecha origen, los niveles de embalse, las temperaturas medidas en sitio y, en algunos casos, la precipitación.

El valor de obtener estas ecuaciones reside en proporcionar un sistema de control de las distintas variables medidas en la presa, poniendo de manifiesto los fenómenos anómalos que produzcan desviaciones respecto de lo esperado.

Como se comentó anteriormente, las herramientas más utilizadas para interpretar el conjunto de datos de auscultación consiste en la elaboración de modelos deterministas de comportamiento estructural y en la modelación estadística de las variables de control.

Los deterministas suelen ser modelos de elementos finitos que consideran las leyes de elasticidad de los materiales del cimiento y del cuerpo de presa, estos sirven para verificar que el comportamiento observado se corresponde con el esperado según la hipótesis de proyecto y generalmente su elaboración suele ser muy compleja. En cambio, la modelación estadística, utilizada cada vez más a lo largo de los últimos años por su facilidad y robustez, permite analizar el comportamiento de la estructura y su cimiento relacionando las variables de control (medidas in situ) con los factores externos.

En el caso que compete a este trabajo, se tratará únicamente la modelación estadística ya que las presas estudiadas se encuentran en período de explotación y se dispone de registros de auscultación, lo que permite basar los resultados de los modelos en datos reales.

En definitiva, el objetivo de los modelos estadísticos es intentar parametrizar el comportamiento de las variables de control, para de esta manera, interpretar la evolución de las mismas y facilitar las previsiones de comportamientos futuros para distintos estados de carga.

La metodología seguida por los modelos estadísticos se fundamenta sobre la consideración de las siguientes tres componentes básicas aditivas en la variable de control (OFITECO, 2000):

- La correspondiente a la parte irreversible derivada de las deformaciones y otros fenómenos progresivos debidos a la evolución de las propiedades del hormigón, cimentación, etc. o a fenómenos más o menos bruscos de acomodación, función todo ello del tiempo cronológico transcurrido desde una fecha origen.
- La correspondiente al efecto del nivel de embalse, que podría llamarse "componente elástica" en el caso de tratarse de los movimientos sufridos por la presa de obra de fábrica, aunque esta componente también afecta a otro

tipo de fenómenos, tales como caudales drenados, temperaturas del hormigón, etc.

- La correspondiente al efecto del ciclo térmico anual.

Por último, el proceso para obtener un modelo estadístico es habitualmente la siguiente:

- Creación del modelo.
- Identificación de los parámetros.
- Contraste del modelo.
- Establecimiento de tolerancias y análisis del modelo.
- Obtención de tendencias en valores acumulados en el tiempo.

La parametrización del comportamiento de las dos presas analizadas en esta Tesina de Máster se realizó con ayuda del programa informático denominado Ausmodel, esta herramienta de modelación estadística de datos de auscultación está especialmente concebida para el tratamiento de los datos históricos, el control y la previsión de los fenómenos relacionados con las presas. (OFITECO, 2000).

Como apoyo a la modelización de las variables de control, Ausmodel permite aislar los distintos efectos que intervienen en la modelación, estos son: efecto térmico, efecto del nivel de embalse y efecto temporal o irreversible. También es capaz de aislar los fenómenos que dependen exclusivamente del tiempo y de los sucesos no contemplados en la modelización, realizando un tratamiento específico de los mismos, que consiste en la obtención de las tendencias que siguen las variables de control por estos motivos.

La Figura N° 2.1 muestra, a manera de ejemplo, los resultados obtenidos al parametrizar el comportamiento de un piezómetro de la presa de Guiamets, además se presenta el efecto de la carga hidrostática sobre la subpresión, la componente de acumulados en el tiempo y la tabla de resultados.

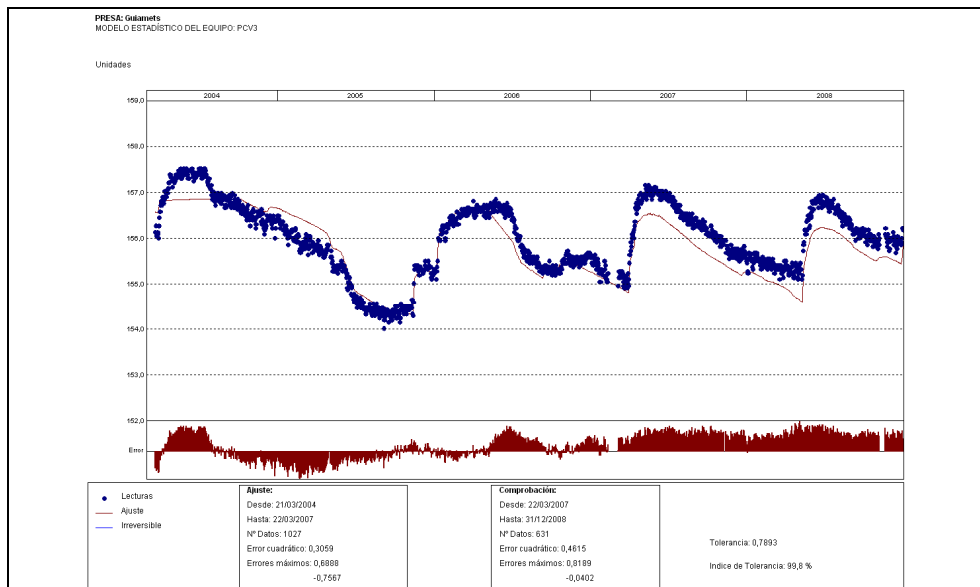


Gráfico. Ajuste Estadístico

PRESA: Gabanes. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV3

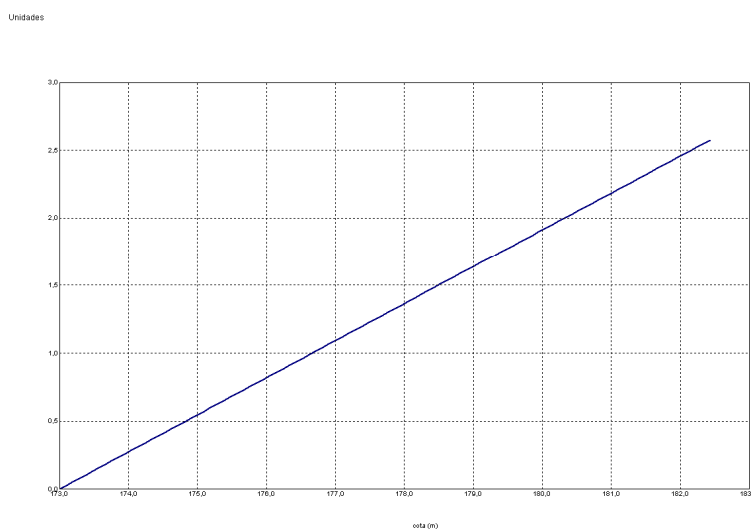


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Gabanes
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PCV3

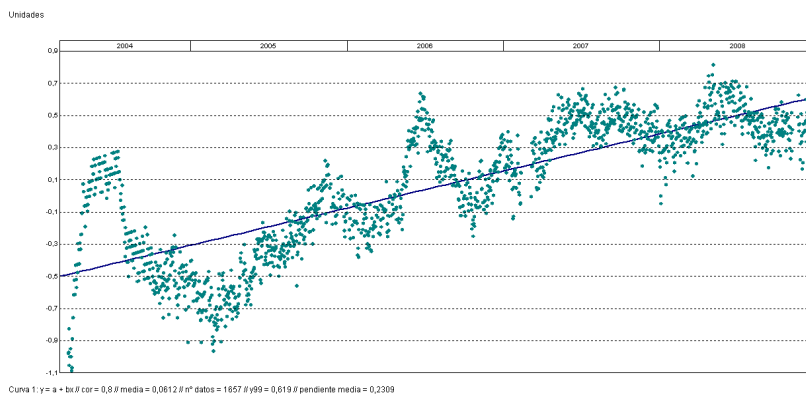


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV3		Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002
Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	21/03/2004 al 22/03/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 1027
1-e ^{-(tiempo/365)}	2,536	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC	2,926	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,3059479
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,6888275
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,7566681
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7893456
cos(2*PT)	0,000	Período de Comprobación
TD-TDC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 631
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Error cuadrático: 0,4614919
sen(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo positivo: 0,8188629
cos(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo negativo: -4,020691E-02
LL	0,000	Indice de Tolerancia: 99,84152 %
LLMM	0,000	
T. independiente	151,879	

Tabla. Resumen de resultados

Figura Nº 2.1

Resultados obtenidos del modelo estadístico Ausmodel

2.3 Informes Anuales de Auscultación y Comportamiento de las Presas

Los informes de auscultación quedan implícitamente recogidos en el articulado del Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses (RTSPE, 1996) aprobado en Orden Ministerial el 12 de marzo de 1996 por el entonces Ministerio de Obras Públicas de Transportes y Medio Ambiente, que concretamente, en el Artículo 33.2 establece que *“El Director de explotación redactará un Informe Anual en el que se recogerá los resultados de las inspecciones realizadas y de la auscultación... Este informe se incorporará al Archivo Técnico de la presa...”*.

Debido a que no existe una guía técnica que indique el contenido de los informes anuales, los autores (Nuñez et al, 2008) establecen unos parámetros para la redacción de los mismos en las presas de La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Esta metodología ha sido planteada desde el entendimiento de las partes que integran la seguridad de presas así como de las interrelaciones entre las mismas, esquematizadas en la Figura Nº 2.2.

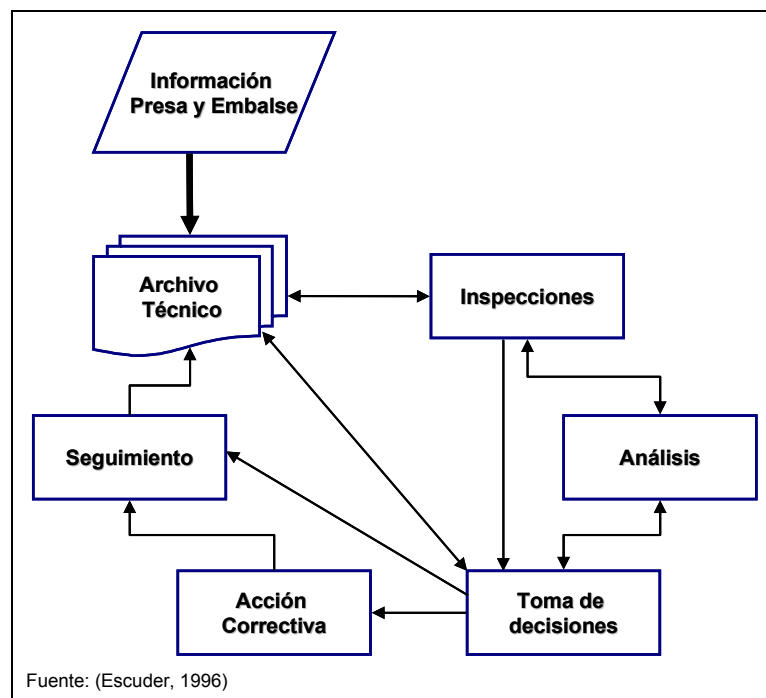


Figura Nº 2.2

Estructura de la seguridad de presas y embalses

Como se observa, cuando la presa analizada dispone de Archivo Técnico, el estudio de los documentos del mismo constituye el punto de partida para identificar las necesidades de inspección de manera que, junto con los resultados de las mismas, pueda determinarse la conveniencia de:

- Realizar campañas adicionales de investigación.
- Analizar con detalle determinados aspectos relacionados con la seguridad.
- Establecer una metodología del seguimiento del comportamiento o, en caso justificado, acometer de inmediato alguna acción correctora.

La metodología seguida por la CHE ha consistido en:

- Estudio minucioso del Archivo Técnico.
- Revisión de la documentación referente desde el punto de vista de la auscultación y comportamiento de la presa.
- Fase de recogida y análisis de los registros de auscultación realizada por recopilación de información preexistente.
- Inspecciones realizadas a la presa en estudio, junto con personal de la CHE, en las que se examina el sistema de auscultación y la obra civil.

- Estudios de modelación estadística de las variables de control, intentando parametrizar el comportamiento de las mismas, con ayuda de la herramienta informática Ausmodel.
- Interpretación ingenieril de los resultados modelados.
- Identificación de las necesidades de inspección y análisis.
- Fase de elaboración de los documentos.

2.3.1 Estructura de los Informes Anuales

La estructura de Informes Anuales que se expone a continuación es la propuesta por (Riera, 2008) en su Proyecto Final de Carrera, y es la que actualmente utiliza la CHE. Este documento consta de una memoria y de una serie de anexos que se detallan a continuación.

2.3.1.1 Memoria

La memoria del documento de Informe Anual se ha organizado conforme a los siguientes apartados:

- a.) Introducción y objeto.
- b.) Descripción de la presa.
- c.) Características geológicas de la cerrada y el vaso del embalse.
- d.) Observaciones especiales.
- e.) Descripción del sistema de auscultación instalado.
- f.) Situación actual del sistema de auscultación instalado.
- g.) Metodología para el análisis global del comportamiento de la presa.
- h.) Análisis del comportamiento de la presa.
- i.) Conclusiones.
- j.) Programa de lecturas recomendado.
- k.) Recomendaciones.

2.3.1.2 Anexos

Además, se han elaborado una serie de Anexos según el siguiente detalle:

1. Anexo N° 1. Planos.

2. Anexo N° 2. Gráficos de las variables auscultadas.
3. Anexo N° 3. Base de datos de los registros de auscultación, en formato digital.
4. Anexo N° 4. Documentación fotográfica.
5. Anexo N° 5. Informe de estado actual del sistema de auscultación.
6. Anexo N° 6. Modelización estadística de los datos de auscultación.
7. Anexo N° 7. Visita a la presa.
8. Anexo N° 8. Documentación relativa a la auscultación.

Los casos de aplicación que se desarrollan en esta Tesina de Máster, contemplan, en una primera instancia, la elaboración de Informes Anuales de Auscultación y Comportamiento de dos presas de hormigón pertenecientes a la CHE, estos documentos se han realizado siguiendo la metodología y estructura planteada en los apartados anteriores.

2.4 Tendencia Mundial sobre el Análisis del Comportamiento

A principios de la década de los noventa, el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (USBR, 2004), se embarcó en un programa denominado de identificación, estudio y documentación del comportamiento de sus presas clasificadas como de altas consecuencias potenciales, de manera que esta tarea sirviese para reforzar la efectividad y la eficiencia de las tareas de monitorización y auscultación en seguridad de presas, así como la propia evaluación de dicha seguridad. El proceso requirió de los siguientes pasos en su desarrollo:

- a.) Identificación de los modos de fallo de las presas (este concepto será explicado detalladamente en el siguiente capítulo).
- b.) Identificación de los instrumentos fundamentales a monitorizar en aras a disponer de los mejores indicadores posibles del potencial desarrollo de dichos modos de fallo y la definición del programa de adquisición de datos necesario.
- c.) Definición de rangos de comportamiento esperado en virtud del programa de auscultación y de inspecciones visuales así como las medidas a llevar a cabo en caso de que se identifique un comportamiento anormal.

Esta tendencia implantada por el USBR sirvió de base para definir el segundo objetivo general que persigue esta Tesina de Máster, que es identificar los

instrumentos clave a monitorizar, después de parametrizar el comportamiento de los mismos, y vincularlos con los modos de fallo reconocidos en cada una de las presas analizadas.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS CUALITATIVO DE MODOS DE FALLO EN PRESAS DE HORMIGÓN

3.1 Modos de Fallo en Sistemas Presa - Embalse

Actualmente, la seguridad de presas y embalses abarca múltiples aspectos técnicos, económicos y legales, e implica la unión del enfoque tradicional de la seguridad, basado en la realización de actividades de forma sistemática, con una metodología moderna y robusta apoyada en el análisis de riesgos, siendo en este último planteamiento donde la identificación de los modos de fallo es el paso primordial.

Se entiende por modo de fallo, a la secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado del sistema presa – embalse o una parte del mismo. Esta serie de sucesos debe estar asociada a un determinado escenario de sollicitación y tendrá una secuencia lógica; la cual constará de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culminará por la rotura de la presa.

En principio, se analiza cualquier modo de fallo con potencial para producir un vertido incontrolado de caudales y, por tanto, con potencial para causar daños sobre la vida humana, aunque también se consideran mecanismos que provoquen desastres aguas abajo o que originen consecuencias económicas por pérdida de misión. Así mismo, el análisis de los modos de fallo no se ciñe exclusivamente a las estructuras de retención de un embalse, sino que tiene en cuenta cualquier infraestructura incluida en el sistema presa – embalse.

Para la identificación de los modos de fallo es necesario realizar una revisión rigurosa del estado de los componentes del sistema presa–embalse con la finalidad de conocer detalladamente la forma en que se encuentra la cerrada, la estructura de hormigón, los órganos de desagüe y tomas, y el vaso de almacenamiento. Esta comprensión global del sistema debe estar basada en la documentación disponible

del archivo técnico, las inspecciones realizadas a campo, los datos de auscultación y, si es posible, en la parametrización del comportamiento.

Teniendo en cuenta la última idea, es importante destacar la necesidad y utilidad de vincular los sistemas de auscultación con los modos de fallo identificados, porque esta unión permite:

- Identificar los síntomas que permiten controlar la respuesta del sistema y detectar posibles anomalías con tiempo suficiente de reacción.
- Definir las necesidades de inspección, vigilancia y auscultación necesaria para la detección y seguimiento del modo de fallo.

3.2 Metodologías Actuales para el Análisis Cualitativo de Modos de Fallo

Durante los últimos 5 años los ingenieros especialistas en presas han desarrollado metodologías específicas para complementar los programas de seguridad de presas y embalses (basados en los principios tradicionales) con nuevas técnicas apoyadas en el análisis cualitativo de modos de fallo, con la finalidad de mejorar la efectividad en la seguridad, estudiando el comportamiento de la presa en la totalidad de los escenarios de sollicitación posibles. A raíz de estas investigaciones han surgido dos documentos relevantes que engloban el planteamiento mencionado anteriormente, uno de los más importantes data del año 2005 y fue efectuado por La Comisión Federal Reguladora de Energía de los Estados Unidos de América en inglés Federal Energy Regulatory Commission y, el otro es una Tesis Doctoral realizada por Manuel G. de Membrillera en la Universidad Politécnica de Valencia. Año 2007.

Estas metodologías, que se describen a continuación, sirvieron de base para la elaboración de un protocolo que analiza cualitativamente los modos de fallo en sistemas presa-embalse.

3.2.1 Federal Energy Regulatory Commission (FERC). *Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects. Chapter 14. Dam Safety Performance Monitoring Program. 2005.*

La Agencia Federal Reguladora de Energía Norteamericana, que se encarga de reglamentar, normalizar y regular la distribución energética en los Estados Unidos, plantea en este documento una técnica para desarrollar un programa de auscultación y comportamiento de presas que han aplicado en sus centrales hidroeléctricas, éste se denomina “Dam Safety Performance Monitoring Program”. Dicha metodología propone procedimientos para evaluar la seguridad de la presa y su funcionamiento basándose en el análisis de modos de fallo.

El programa contiene las siguientes fases principales:

- La redacción de un informe técnico sobre la presa, elaborado a partir de la documentación técnica disponible.
- El análisis de los potenciales modos de fallo de la presa.
- Desarrollar un plan de vigilancia y auscultación.

La FERC respalda esta metodología argumentando que la integración entre el análisis de modos de fallo vinculado a los planes de auscultación y vigilancia, junto con la redacción del informe técnico, da lugar a un programa de seguridad de presas más eficiente. Además, expresa que el valor agregado que se incorpora a la gestión de seguridad incluye:

- La recopilación de la distinta información relacionada con la presa.
- Archivar los documentos técnicos claves y significativos que ayuden a la evaluación de la presa.
- Identificar los modos de fallo del sistema presa-embalse.
- Determinar alternativas para reducir el riesgo.
- Elaborar un programa de inspección, vigilancia y auscultación que proporcione información sobre la evolución de los modos de fallo identificados.

A continuación se enumeran las partes fundamentales que conforman el “Dam Safety Performance Monitoring Program”:

1. Formación de un grupo de trabajo para realizar el análisis de modos de fallo.

2. Recopilar la documentación y los datos de la presa para que sean revisados por el grupo de trabajo formado.
3. Entrevistarse con el personal que más conoce la presa: encargados, vigilantes, y de ser posible, con los que hayan participado en la construcción de la misma.
4. Revisión exhaustiva y comprensión integral de la documentación disponible de la presa.
5. Realizar la sesión de identificación de modos de fallo y asignar a cada uno de ellos una valoración cualitativa, según la siguiente gradación:
 - Grado I: Modos de fallo que claramente se consideren factibles al existir alguna condición o estado sintomático detectado, resultar la serie de eventos probables e implicar consecuencias potenciales importantes.
 - Grado II: Modos de rotura considerados igualmente factibles, aunque con menores posibilidades de ocurrir o consecuencias reducidas.
 - Grado III: Modos de fallo para los que la información disponible resulta, a todas luces, insuficiente aunque se estiman factibles y con consecuencias potenciales de magnitud elevada. Requieren una campaña de investigación urgente.
 - Grado IV: Modos de rotura descartados y cuya aparición no se considera razonable.
6. Considerar las necesidades de vigilancia y auscultación, y las medidas reductoras de riesgo para los modos de fallo identificados.
7. Elaborar un documento que englobe la totalidad del trabajo realizado.

Todos estos pasos se realizan con la ayuda de un ingeniero que hace el papel de facilitador o guía del grupo de trabajo durante todo el proceso.

3.2.2 Membrillera M. *Contribución a la Aplicación del Análisis y Declaración de Riesgos en Presas Españolas, Incluyendo Priorización de Inversiones. Capítulo 5. Propuesta para el desarrollo de un programa complementario de seguridad en el contexto español basado en el análisis de riesgos. 2007.*

Membrillera en este capítulo de su tesis doctoral propone una herramienta de naturaleza cualitativa que gravita sobre el estudio de los modos de rotura y que

incorpora los elementos del análisis de riesgo, dicha técnica se denomina Programa Complementario basado en Análisis de Riesgos y de forma abreviada PCAR.

El objetivo general del PCAR es conocer la manera en la cual una presa puede romper. Implica un proceso de identificación, análisis y descripción que aporta conocimiento sobre las sollicitaciones, la potencial respuesta de la presa como estructura y cualquier evento que justifique la inclusión de un determinado modo de rotura. Además, se analiza la repercusión de cada modo de fallo en términos de inspección, auscultación, investigaciones, modificación de la explotación y actuaciones estructurales.

A continuación se presentan las partes fundamentales que conforman el Programa Complementario de seguridad basado en Análisis de Riesgos:

- Designación y cometidos del grupo de trabajo responsable del PCAR.
- Recopilación, organización y entrega de la información necesaria.
- Análisis de los modos de rotura potenciales.
 - Identificación de los modos de rotura potenciales.
 - Asignación de grados a todos los modos de rotura identificados, a partir de la escala establecida por la FERC.
- Trabajos de gabinete subsiguientes.
 - Realización de informes sobre los modos de rotura potenciales y, las necesidades de inspección, vigilancia y auscultación (IVA)
- Comunicación de aspectos fundamentales y resultados.
- Integración de los resultados del PCAR en los documentos que, en relación con la seguridad, contempla el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses. La Figura N° 3.1 muestra las fases esenciales del PCAR y como es su relación con cada documento específico del archivo técnico de la presa.

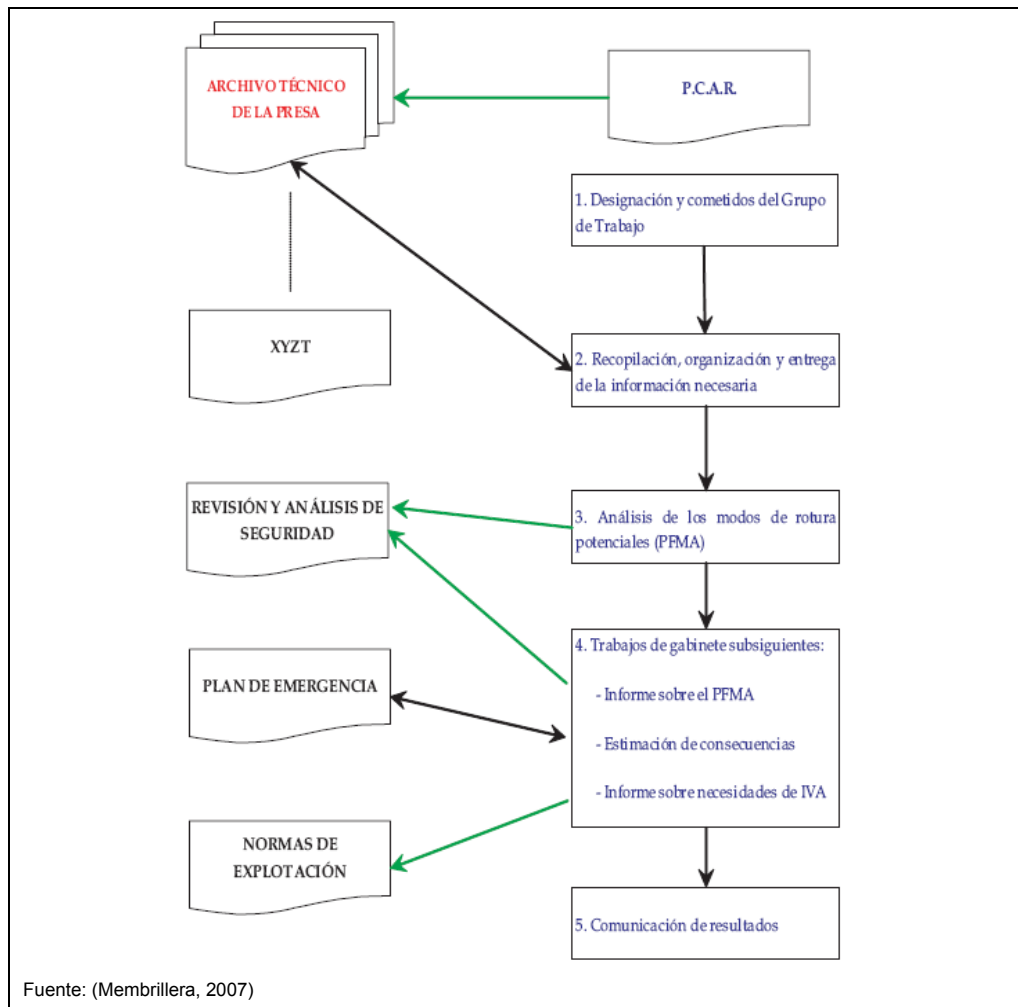


Figura Nº 3.1

Relaciones básicas entre el PCAR y los documentos del archivo técnico de la presa

3.3 Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa – Embalse y su Vinculación con la Instrumentación

El protocolo que se presenta a continuación ha sido elaborado por el autor de la presente Tesina de Máster en conjunto con Chaparro Carrasquel L. y la estructura del mismo está basada en las metodologías planteadas por la FERC en el documento Dam Safety Performance Monitoring Program, y por Membrillera M. en el PCAR. Éste pretende servir de ayuda en las sesiones que realizará el grupo de trabajo para la identificación y análisis de los modos de fallo en sistemas presa-embalse.

El apéndice A del presente trabajo, muestra el cuaderno de Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa-Embalse.

3.3.1 Estructura del Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa – Embalse

La finalidad principal del protocolo es guiar a los participantes, mediante el uso de un cuaderno que contiene prácticas planillas y cuestionarios, en las pautas que se deben seguir para realizar el proceso de análisis cualitativo de modos de fallo.

La Figura N° 3.2 muestra un diagrama de flujo donde se presenta la secuencia de pasos a seguir para realizar mencionado análisis.

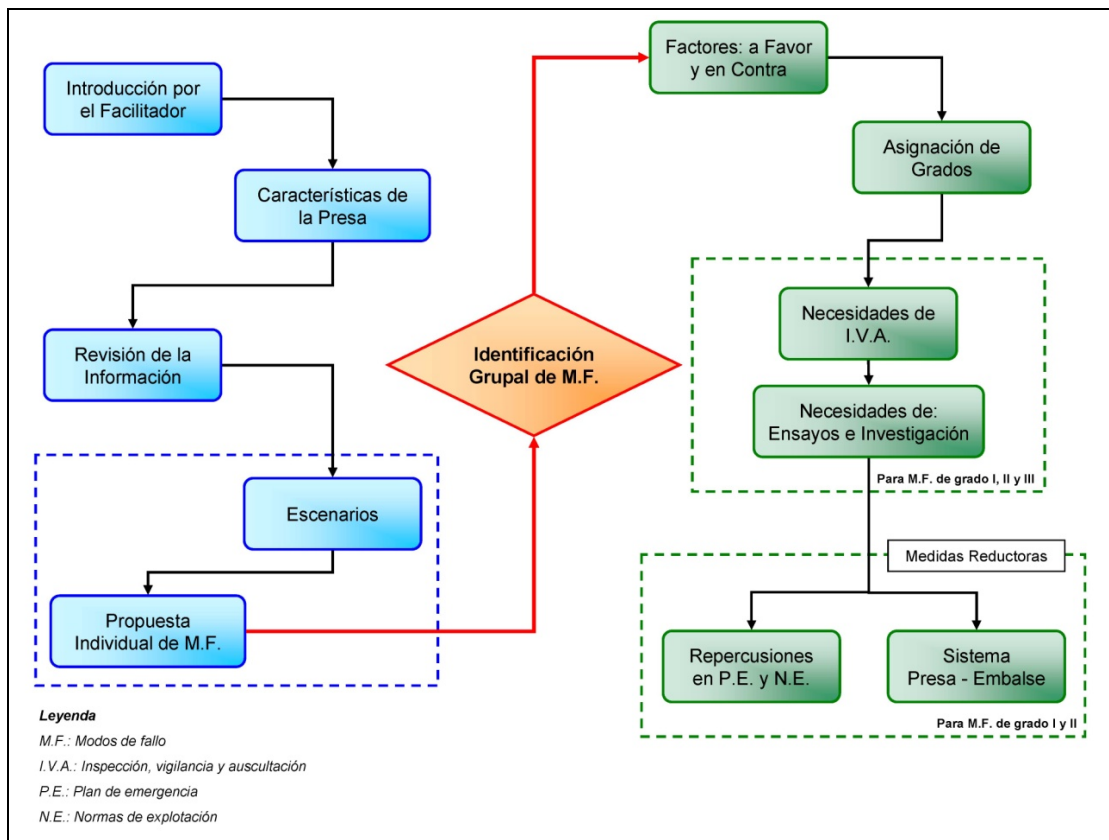


Figura N° 3.2

Secuencia para realizar el análisis de modos de fallo, propuesto en el protocolo.

El protocolo plantea una secuencia de trabajo individual, representada por las casillas de color azul de la Figura N° 3.2, y otra que debe ser discutida en grupo, simbolizada por las casillas de color verde.

Antes de detallar la estructura del Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa-Embalse, es importante recordar que para realizar un análisis eficaz se debe conformar un grupo de trabajo multidisciplinario compuesto por personas que conozcan la presa a fondo y que tengan experiencia en seguridad,

comportamiento, construcción o explotación de presas, con la finalidad de develar y razonar toda la información posible en relación al sistema en estudio. También, cabe mencionar que estas sesiones de análisis que desempeña el grupo de trabajo están dirigidas por un facilitador, que es un ingeniero con experiencia en seguridad de presas y que no tiene relación directa con la presa analizada, además es la persona que guiará al grupo de trabajo durante todo el proceso.

A continuación se define la estructura general del protocolo para el análisis de modos de fallo en sistemas presa-embalse:

1. Introducción por el facilitador

Al comienzo de la sesión de trabajo el facilitador explica los pasos que se deben seguir para el análisis cualitativo de modos de fallo y, define los conceptos claves que se utilizaran durante el proceso para asegurar que todos los participantes del grupo tengan un entendimiento común de los mismos.

2. Ficha técnica de la presa

Ésta es la primera planilla que se debe rellenar individualmente y constituye un resumen de los aspectos más relevantes del sistema presa-embalse, tales como: características estructurales, hidráulicas, hidrológicas, geológicas, entre otras.

3. Revisión y análisis de la información

En este punto se realiza un análisis exhaustivo de la información disponible en el archivo técnico de la presa, enfocando la búsqueda hacia los aspectos vulnerables del sistema presa – embalse, destacando cuáles son los documentos relevantes y si existe alguna carencia en la información existente.

4. Propuesta individual de modos de fallo

Es la parte fundamental del protocolo, ya que se considera que cada participante conoce perfectamente los componentes del sistema presa – embalse y cada uno es capaz de identificar los puntos vulnerables y propensos a fallo del conjunto, proponiendo modos de fallo que se debatirán con el grupo de trabajo hasta lograr un consenso denominado en el protocolo “identificación grupal de modos de fallo”. Esta planilla consta de: una zona para describir la propuesta individual de modos de fallo, un espacio para realizar un esquema gráfico del mismo, una tabla que permite la codificación y vinculación con la auscultación del modo de fallo identificado (según la

herramienta para estructurar modos de fallo, que se presentará en el apartado siguiente) y un sector para argumentar los factores a favor o en contra de la aparición del mismo.

5. Factores a favor y en contra de la aparición de los modos de fallo grupales

Después de identificar los modos de fallo grupales tras el debate realizado, se procede a argumentar lógicamente los factores a favor o en contra de la ocurrencia de los mismos. Esta fase del proceso tiene un peso significativo en la evaluación cualitativa.

6. Clasificación de los modos de fallo grupales

En esta planilla se realiza la evaluación cualitativa, que consiste en realizar un análisis basado en el juicio ingenieril para ponderar cuales modos de fallo grupales resultan más o menos probables que sucedan. Aquí cada participante asigna una valoración personal (según la clasificación de grados I a IV planteada por la FERC) y después de que todos los miembros del grupo de trabajo hayan votado, se promedian los resultados hasta crear un consenso final, estableciéndose de esta manera una priorización en la factibilidad de ocurrencia de cada modo de fallo.

7. Necesidades de actuación sobre los modos de fallo grupales

Después de la asignación de grados, el grupo de trabajo propondrá para los modos de fallo significativos el tipo, forma y frecuencia en que se debe realizar la inspección, vigilancia y toma de datos de auscultación, para de esta manera conocer la evolución de los modos de fallo; además y de ser necesario, el grupo de trabajo recomendará investigaciones o ensayos.

8. Necesidades de reducción de vulnerabilidad

Tras las actividades grupales anteriores, en este apartado se plantean las medidas reductoras de riesgo, estas pueden ser estructurales o no estructurales, es decir, acciones constructivas sobre el sistema presa – embalse o repercusiones sobre las normas de explotación y el plan de emergencia, respectivamente.

9. Notas y/o comentarios

Como última planilla del cuaderno se presenta una hoja, para ser llenada por notas o comentarios importantes durante el análisis desarrollado.

3.4 Herramienta Complementaria para Estructurar Modos de Fallo, en Presas de Hormigón, y Vincularlos con el Sistema de Auscultación

La herramienta que se presenta a continuación ha sido elaborada por el autor de la presente Tesina de Máster con la finalidad de crear un instrumento conciso y de fácil manejo que sea capaz de ayudar a la identificación de los modos de fallo en presas de hormigón.

Además, esta herramienta es un complemento importante al protocolo de análisis de modos de fallo en sistemas presa – embalse descrito en el apartado anterior. También es importante comentar que la mencionada herramienta ha sido utilizada en Proyectos Final de Carrera de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, y en siete presas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Como se ha comentado anteriormente el proceso de identificación de modos de fallo requiere un conocimiento global del sistema presa – embalse, siendo esencial entender y visualizar el comportamiento de cada uno de los componentes del conjunto, para así detectar la manera en que estos elementos puedan dejar de desempeñar su función, considerando todas las solicitaciones posibles.

Actualmente y en la mayoría de los casos, al definirse un modo de fallo se hace referencia exclusivamente al mecanismo último de rotura, por ejemplo deslizamiento del bloque central de la presa, sin tener en cuenta la forma en que se inició el proceso y como fue el desarrollo del mismo. Esta situación sirvió de partida para desarrollar una herramienta complementaria que ayuda a estructurar, codificar, describir detalladamente y vincular con la auscultación los potenciales modos de fallo en presas de hormigón.

La descripción detallada que se propone en la herramienta, está basada en la metodología planteada por (Fell et al, 2004) que consiste en describir por completo el mecanismo de fallo, partiendo por identificar la zona y el fenómeno de inicio desencadenante, seguidamente la continuación y progreso del mismo hasta llegar a la rotura final de la presa.

Además, la herramienta vincula de forma directa los fenómenos de inicio y desarrollo de los modos de fallo, con las variables auscultables más influyentes y con la instrumentación que permite detectar y medir la evolución del mecanismo de

rotura. Por último, se plantea una tabla resumen elaborada a partir de las recomendaciones de la Guía Técnica N° 7 (CNEGP, 2006), con los principales instrumentos instalados en las presas de hormigón y la finalidad de la medición de los mismos. En la Figura N° 3.3 se presenta la herramienta complementaria para estructurar los modos de fallo y en la Tabla N° 3.1 se muestra la instrumentación utilizada en las presas de hormigón.

La herramienta está conformada por las siguientes categorías:

1. Escenarios

Se entiende por escenarios a las fuerzas que pueden actuar o incidir sobre el sistema presa – embalse debido a sollicitaciones externas. De forma general suele definirse tres escenarios de sollicitación partiendo de: eventos de naturaleza hidrológica, eventos de naturaleza sísmica y condiciones de explotación normal del embalse; aunque no se descartan otras acciones naturales o antrópicas que puedan incidir sobre el correcto funcionamiento del sistema.

2. Componentes y Sub-Componentes del Sistema Presa-Embalse

Esta categoría identifica los elementos susceptibles a fallo donde se desencadena el mecanismo de rotura. Los componentes del sistema están definidos de la siguiente manera:

- Cerrada: contempla la cimentación y los estribos del emplazamiento de la presa, es decir, todo aquello de origen natural y geológico que puede fallar en este sector. Es muy importante analizar este componente intensivamente, porque tal y como expone (Alonso, 2003) en las presas de hormigón los problemas en la cimentación constituyen la causa de rotura más frecuente, un 42 % del total de fallos, estos tienen relación directa con la erosión interna y la resistencia insuficiente al esfuerzo cortante.
- Estructuras: se refiere a la infraestructura de retención como tal, e incluye todo lo construido por el hombre, es decir, el cuerpo de presa, los sistemas de drenaje y la impermeabilización del cimientto.
- Órganos de toma y desagüe: este componente contempla toda la obra civil encargada de aliviar y también hace referencia a los equipos oleo-electro-mecánicos entre los cuales están las compuertas, válvulas, turbinas, etc.
- Vaso de almacenamiento: este elemento incluye el sistema montañoso y las laderas del embalse.

HERRAMIENTA PARA ESTRUCTURAR MODOS DE FALLO, EN PRESAS DE HORMIGÓN, Y VINCULARLOS CON EL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

1	2	3	3a	3b	4
ESCENARIOS	COMPONENTES DEL SISTEMA PRESA-EMBALSE	FENÓMENOS DE INICIO O DESARROLLO	VARIABLES AUSCULTABLES MÁS INFLUYENTES	INSTRUMENTOS	MECANISMO ÚLTIMO DE ROTURA
H HIDROLÓGICO 1. Incremento de niveles de agua y empujes hidrostáticos 2. Aumento de subpresiones 3. Aumento de vertidos o alivio	C CERRADA	1. Erosión interna 2. Grietas de tracción 3. Licuefacción 4. Desplazamiento	Filtraciones, subpresiones y turbidez del agua Tensiones Presiones intersticiales en cimentación Movimientos y deformaciones en la cimentación	Aforadores, piezómetros, turbidímetros e inspección visual Extensómetros eléctricos (rosetas extensométricas), células de presión total, inclusiones rígidas e inspección visual Piezómetros abiertos, manométricos o de cuerda vibrante Extensómetros de varillas, nivelación y colimación topográfica, y triangulación geodésica	I. DESLIZAMIENTO Agotamiento de la resistencia al corte en una determinada superficie (hormigón o roca) o composición de superficies, provocando el desplazamiento hacia aguas abajo de la presa o parte de ella. II. HUNDIMIENTO Agotamiento de la resistencia, desplazamiento de discontinuidades, colapso de cavidades o excesiva deformabilidad del cimiento provocando el desplazamiento sub-vertical de la presa o parte de ella. III. AGRIETAMIENTO Agotamiento resistente del hormigón provocando fisuras y grietas del mismo. IV. OTROS Cualquier otro mecanismo incluyendo a aquellos que no conlleven a la rotura de la presa, pero sí provoquen daños aguas abajo o consecuencias económicas por pérdida de misión.
S SÍSMICO 1. Aparición de aceleraciones y de frecuencias asociadas a la vibración intersticiales 2. Presencia de sobre presiones intersticiales 3. Generación de sobre empujes dinámicos	E ESTRUCTURAS	1. Fisuración 2. Degradación interna del hormigón 3. Meteorización del hormigón 4. Reacciones expansivas del hormigón 5. Degradación de elementos de estanqueidad 6. Movimientos	Tensiones en la estructura de hormigón Variaciones de las características del hormigón Variaciones de las características del hormigón Variaciones volumétricas y de las características del hormigón Filtraciones Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales y, giros	Extensómetros eléctricos (rosetas extensométricas), células de presión total, inclusiones rígidas, termómetros embudidos en el hormigón, sonotopos e inspección visual Extracción de muestras, análisis en laboratorio y termómetros embudidos Extracción de muestras y análisis en el laboratorio e inspección visual Termómetros y extensómetro corrector, extracción de muestras y análisis en el laboratorio e inspección visual Aforadores e inspección visual Medidor interno o externo de juntas, péndulos directos e inversos, colimación y nivelación topográfica, triangulación geodésica, plomada óptica, hilos de cimentación, péndulos con hilo de Invar, clinómetros e inspección visual	GUÍA PARA UTILIZAR LA HERRAMIENTA Para utilizar la herramienta se deben seguir los siguientes pasos: 1. Identificar el Escenario de sollicitación que activa y dónde se desarrolla el modo de fallo. 2. Especificar los Componentes y Subcomponentes del sistema presa-embalse donde ocurre el Fenómeno de inicio o Desarrollo. 3. Describir el mecanismo inicial, asociarlo y codificarlo según la categoría Fenómeno de inicio o Desarrollo. 3.a. Asociar dicho mecanismo con la categoría Variables Auscultables más Influyentes. 3.b. Vincular el Fenómeno de inicio o Desarrollo con la Instrumentación. 4. Repetir los pasos 2, 3.a. y 3.b. según se desencadenen o propaguen los eventos hasta establecer el Mecanismo Último de Rotura.
N EXPLOTACIÓN NORMAL 1. Variaciones en el nivel de embalse 2. Variaciones térmicas 3. Operaciones de explotación 4. Operaciones de mantenimiento	D ÓRGANOS DE DESAGÜE Y TOMAS	1. Erosión remontante a pie de presa 2. Sobrevertido de cajeros 3. Sobrevertido en coronación 4. Degradación del material 5. Degradación de elementos de estanqueidad	Socavación a pie de presa Calado en el aliviadero Nivel de embalse Variaciones de las características del hormigón y oxidación Filtraciones	Piezómetros abiertos, manométricos o de cuerda vibrante, aforadores Piezómetros abiertos, manométricos o de cuerda vibrante, inspección visual Inspección visual (*) Limnógrafo, balanza neumática e inspección visual Extracción de muestras y análisis en laboratorio e inspección visual Aforadores e inspección visual	EJEMPLO DE ESTRUCTURACIÓN DETALLADA DE UN MODO DE FALLO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA En escenario hidrológico, se produce un aumento de empuje hidrostático y de subpresiones (1) capaz de provocar una grieta de tracción (2) en el pie del contacto presa-cimiento, que a su vez incrementa el gradiente hidráulico al que está sometido el relleno de una serie de juntas sub-horizontales de la cimentación próximas al plano de contacto presa-cimiento, desencadenando una erosión del material (3) y el posterior agotamiento de la resistencia a cortante resultando el deslizamiento de un bloque de la presa y su rotura.
O OTROS 1. Acciones naturales (volcanismo, incendios, etc.) 2. Acciones antrópicas	V VASO DE ALMACENAMIENTO	1. Pérdida de operatividad de compuertas 2. Rotura de compuertas 3. Pérdida de generación eléctrica 4. Error de operación	Deformaciones, desplazamientos horizontales y verticales Deformaciones, desplazamientos horizontales y verticales	Sensores e inspección visual Inspección visual Sensores Sensores	ESQUEMA GRÁFICO DEL MODO DE FALLO
O OTROS 1. Acciones naturales (volcanismo, incendios, etc.) 2. Acciones antrópicas	Eo EQUIPOS ÓLEO-ELECTRO-HIDRÁULICOS	1. Pérdida de operatividad de compuertas 2. Rotura de compuertas 3. Pérdida de generación eléctrica 4. Error de operación	- - - -	Sensores e inspección visual Inspección visual Sensores Sensores	CODIFICACIÓN DEL MODO DE FALLO
V VASO DE ALMACENAMIENTO	La LADERAS	1. Deslizamiento de laderas 2. Replacón	Deformaciones, desplazamientos horizontales y verticales Deformaciones, desplazamientos horizontales y verticales	Extensómetros de varillas, métodos topográficos, inclinómetros, geofónica, G.P.S. e inspección visual Extensómetros de varillas, métodos topográficos, inclinómetros, geofónica, G.P.S. e inspección visual	ESQUEMA GRÁFICO DEL MODO DE FALLO En escenario hidrológico, se produce un aumento de empuje hidrostático y de subpresiones (1) capaz de provocar una grieta de tracción (2) en el pie del contacto presa-cimiento, que a su vez incrementa el gradiente hidráulico al que está sometido el relleno de una serie de juntas sub-horizontales de la cimentación próximas al plano de contacto presa-cimiento, desencadenando una erosión del material (3) y el posterior agotamiento de la resistencia a cortante resultando el deslizamiento de un bloque de la presa y su rotura.

Nota: (*) En general, la instrumentación vinculada a las variables exteriores está asociada a los escenarios de sollicitación.

Figura Nº 3.2 Herramienta para estructurar modos de fallo, en presas de hormigón, y vincularlos con el sistema de auscultación

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS INSTALADOS EN LA PRESAS DE HORMIGÓN

TIPO DE AUSCULTACIÓN	VARIABLE A CONTROLAR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	FINALIDAD DE LA MEDICIÓN
Deformacional (estructura)	Desplazamientos horizontales	Péndulos directo e invertido (conjunto de telepéndulos mixtos)	Registrar desplazamientos horizontales (tangenciales y radiales) con relación a una vertical en distintas cotas.
		Triangulación geodésica (pilares topográficos, miras y teodolitos)	Registrar los desplazamientos horizontales (tangenciales y radiales) de puntos característicos del paramento de aguas abajo de la presa y de la coronación mediante la triangulación geodésica de alta precisión.
	Desplazamientos verticales	Colimación topográfica (bases topográficas, miras y teodolitos)	Registrar los desplazamientos horizontales de la coronación de la presa mediante la colimación topográfica.
		Hilo de cimentación	Registrar desplazamientos horizontales ⁽¹⁾
		Plomada óptica	Registrar desplazamientos horizontales ⁽²⁾
	Giros	Nivelación topográfica (bases topográficas, miras y teodolitos)	Registrar los desplazamientos verticales (asientos o izamientos) de la coronación de la presa mediante la nivelación topográfica de alta precisión.
		Péndulos con hilo de invar	Registrar movimientos verticales mediante discos de aluminio que registran su posición respecto a un detector fijado con un soporte al hormigón en la cota de medición.
		Clinómetros	Obtener la inclinación en 2 planos ortogonales (radial y tangencial) entre sí, por la diferencia de lecturas entra fechas.
		Medidor interno de junta	Registrar la apertura o cierre de juntas de los bloques de hormigón dejando embebidos extensómetros eléctricos en bloques contiguos
		Medidor externo de junta o fisuras	Registrar la apertura, cierre y desplazamiento de las juntas de construcción o fisuras importantes superficiales a través de bases para defórmeters, a través de bases (2D) de pares o ternas (3D) con defórmetero.
Deformacional (cimentación)	Existencia de fisuras	Soniscopio	Detectar fisuras internas en el cuerpo de la presa cuando se sospeche de su existencia ⁽³⁾
	Deformaciones o asientos en cimentación, y movimientos en fallas geológicas	Extensómetros de varillas	Determinar de forma aproximada los movimientos verticales u horizontales (dependiendo de su instalación) relativos de diversos puntos de anclaje en cimentación respecto a una referencia exterior fija, además permiten determinar de forma aproximada el empuje resultante a la cimentación y el módulo de deformabilidad global de la zona de cimentación controlada.
Hidráulica	Filtraciones	Aforadores	Determinar el caudal de filtración, controlando la evolución del mismo en sectores importantes y de interés (filtraciones a través de estribos, filtraciones en el pie de aguas abajo, filtraciones en las galerías (incluyendo el caudal procedente de los drenes) y filtraciones a través del cuerpo de presa).
	Turbidez del agua	Turbidímetro	Medir la turbidez del agua en filtraciones con material en suspensión, realizando comparación continua con célula fotoeléctrica que pasa a través de la filtración.
	Subpresiones y presiones intersticiales	Piezómetros abiertos, convencionales (tubos con manómetros) y cerrados eléctricos (piezómetros de cuerda vibrante)	Registrar: la presión actuante sobre la superficie de apoyo de la presa con la cimentación (para obtener la ley de subpresiones) y la presión de poros en el propio hormigón.
	Variaciones volumétricas en el hormigón (expansión y retracción)	Termómetros y extensómetro corrector	Medir las temperaturas y las deformaciones unitarias en el hormigón, no debidas a las tensiones
Volumétrica y Química	Variaciones de las características del hormigón	Extracción de muestras y estudios en el laboratorio (análisis mineralógico, etc.)	Caracterizar las variaciones de los materiales del hormigón.
	Temperatura del hormigón del cuerpo de la presa	Termómetros eléctricos fijos (embebidos)	Conocer la evolución de la temperatura del hormigón y el comportamiento térmico de la estructura en general, persiguiendo los siguientes objetivos: determinación de gradientes térmicos importantes y temperaturas máximas durante el proceso de hidratación del cemento, determinación de las deformaciones de origen térmico en la presa, conocer la fecha idónea para inyectar juntas, etc.
Térmica	Esfuerzos tensionales en la estructura de hormigón o transmitidos a la cimentación. Método indirecto ⁽⁴⁾	Extensómetros eléctricos, conocidos también como rosetas extensométricas (de cuerda vibrante o de resistencia óhmica).	Aplicar la teoría elástica para determinar tensiones en el cuerpo de la presa o en la cimentación, a partir de las deformaciones unitarias medidas en varias direcciones y las constantes mecánicas propias del medio a controlar (módulo de Young, coeficiente Poisson, etc.)
	Esfuerzos tensionales en la estructura de hormigón o transmitidos a la cimentación. Método directo	Células de presión total (con transductor eléctrico de cuerda vibrante o neumático) e inclusiones rígidas	Registrar directamente las tensiones en el cuerpo de la presa, con lo cual se facilitaría la toma rápida de decisiones, pero hasta la fecha estos instrumentos han producido muchos inconvenientes.

Notas:

- (1). Método poco usado actualmente.
- (2). Juega un papel muy importante en el caso de presas delgadas con gran curvatura vertical y sin galerías
- (3). Método utilizado ocasionalmente
- (4) Método más fiable que el directo, pero requiere de ensayos en laboratorio para determinar las propiedades del medio a controlar.

3. Fenómenos de Inicio o Desarrollo

Referidos a los procesos que describen claramente un modo de fallo, cada uno de estos mecanismos se propagan o evolucionan en alguno de los cuatro componentes y subcomponentes del sistema presa – embalse. Entre los fenómenos de inicio o desarrollo se encuentran los siguientes: erosión interna, fisuración, ineficacia en la pantalla impermeable, colmatación de drenes, erosión a pie de presa, pérdida de operatividad de compuertas, deslizamiento de laderas entre otros. El resto de los fenómenos se presentan en la herramienta de la Figura N° 3.3

3.a. Variables Auscultables más Influyentes

Son las variables de control que vinculan los fenómenos de inicio o desarrollo con el sistema de instrumentación.

3.b. Instrumentos

Son los aparatos capaces de detectar la evolución de los fenómenos de inicio o desarrollo de los modos de fallo.

4. Mecanismo Último de Rotura:

Es el proceso final que debe ocurrir para que se produzca el fallo total de la presa. La descripción de cada uno de los mecanismos de rotura se presenta en la Tabla N° 3.2

MECANISMO ÚLTIMO DE ROTURA	DEFINICIÓN DE CADA MODO DE ROTURA
I. DESLIZAMIENTO	Agotamiento de la resistencia al corte en una determinada superficie (hormigón o roca) o composición de superficies, provocando el desplazamiento hacia aguas abajo de la presa o parte de ella.
II. HUNDIMIENTO	Agotamiento de la resistencia, desplazamiento de discontinuidades, colapso de cavidades o excesiva deformabilidad del cimiento provocando el desplazamiento sub-vertical de la presa o parte de ella.
III. AGRIETAMIENTO	Agotamiento resistente del hormigón provocando fisuras y grietas del mismo.
IV. OTROS	Cualquier otro mecanismo incluyendo a aquellos que no conlleven a la rotura de la presa, pero si provoquen daños aguas abajo o consecuencias económicas por pérdida de misión.

Tabla N° 3.2

Definición de cada mecanismo último de rotura, según la herramienta de modos de fallo

3.4.1 Estructuración y Codificación de Modos de Fallo Utilizando la Herramienta Complementaria

Esta herramienta plantea una forma de trabajar fácil, práctica y sencilla, en ningún momento pretende capturar la totalidad de los mecanismos de rotura en presas de hormigón, más bien su finalidad es que no se escape ningún escenario, mecanismo ni modo de fallo típico en este tipo de presas.

Para utilizar la herramienta se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificar el Escenario de sollicitación que activa y dónde se desarrolla el modo de fallo.
2. Especificar los *Componentes* y *Subcomponentes* del sistema presa – embalse donde ocurre el *Fenómeno de Inicio o Desarrollo*.
3. Describir el mecanismo inicial, asociarlo y codificarlo según la categoría *Fenómeno de Inicio o Desarrollo*.
 - 3.a. Asociar el mecanismo descrito en el paso anterior con la categoría *Variables Auscultables más Influyentes*.
 - 3.b. Vincular el *Fenómeno de Inicio o Desarrollo* con la *Instrumentación*.
4. Repetir los pasos 2, 2a, 3, 3.a. y 3.b. según se desencadenen o propaguen los eventos hasta establecer el *Mecanismo Último de Rotura*.

La Figura N° 3.3 presenta un ejemplo de la estructuración de un modo de fallo utilizando la herramienta, en ella se muestra la descripción detallada del mismo, un esquema gráfico con la evolución del mecanismo y una tabla con la codificación y vinculación con el sistema de auscultación.

Con el ejemplo que se presenta a continuación se demuestra la utilidad de la herramienta al describir, esquematizar y codificar un modo de fallo; además se expone el carácter integral de la misma al vincular el mecanismo de rotura con la auscultación de la presa.

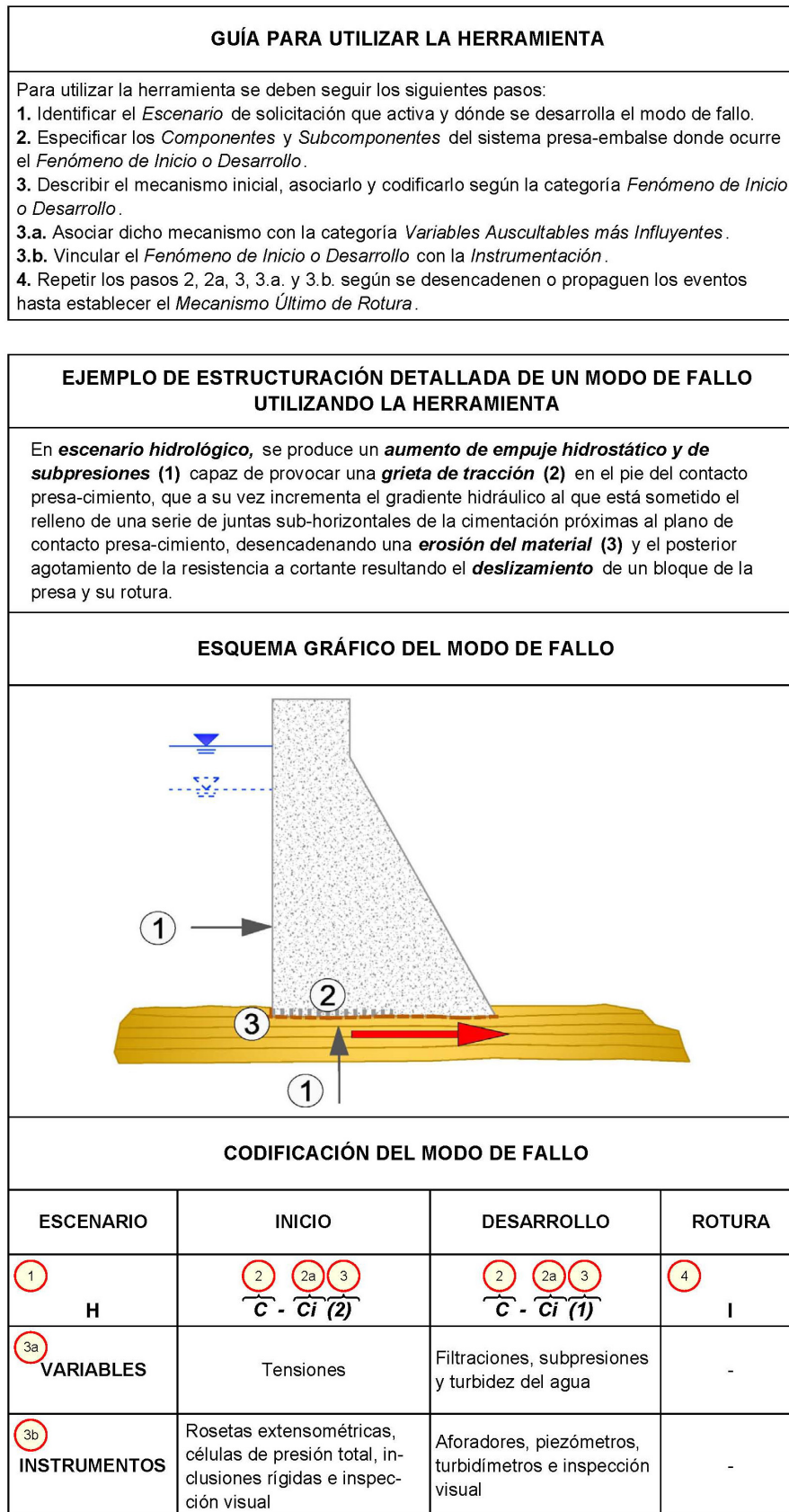


Figura N° 3.4

Ejemplo de la estructuración de un modo de fallo, utilizando la herramienta

CAPÍTULO 4

CASOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO VINCULADO A LOS MODOS DE FALLO DE LAS PRESAS DE HORMIGÓN DE “EL VAL” Y “GUIAMETS”

4.1 Preámbulo a los Casos de Estudio

En este capítulo de la Tesina de Máster se recoge la aplicación de la metodología descrita para la redacción del Informe Anual de Auscultación, también se realiza la parametrización del comportamiento a partir de los registros de auscultación, con la ayuda del programa informático de modelación estadística Ausmodel, tal como fue presentado en el Capítulo 2.

Además, se efectúa la identificación de los modos de fallo y se realiza la vinculación de los mismos con el sistema de auscultación, utilizando el protocolo y la herramienta complementaria para estructurar modos de fallo en sistemas presa - embalse, propuesta en el Capítulo 3.

Los casos prácticos de estudio se han llevado a cabo en las presas de hormigón: de El Val (término municipal de Los Fayos, provincia de Zaragoza) y de Guiamets (término municipal de Guiamets, provincia de Tarragona) pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

La estructura utilizada en cada caso de aplicación es la siguiente:

1. Memoria del Informe Anual de Auscultación (el formato de presentación de los informes es el utilizado en las entregas definitivas realizadas a la Confederación Hidrográfica del Ebro).
2. Póster resumen de los aspectos más importantes extraídos del Informe Anual de Auscultación.

3. Protocolo con la identificación personal de modos de fallo, clasificados según la herramienta complementaria y vinculados al sistema de auscultación (el formato de presentación de los cuadernos es el utilizado en la entregas definitivas).
4. Anejos del Informe Anual de Auscultación (estos se presentan en los Apéndices B y C).

Es significativo mencionar que el protocolo para analizar los modos de fallo en sistemas presa – embalse que se muestra en los casos de aplicación, sólo ha sido completado hasta el apartado de “Propuesta personal de modos de fallo”, restando para culminar el análisis cualitativo, las decisiones tomadas después de los debates del grupo de trabajo.

A continuación se presentan los dos casos prácticos de estudio, comenzando por la presa de El Val en la que se analiza el comportamiento de la misma entre el período que va desde abril de 2005 hasta diciembre de 2008, y seguidamente se expone la presa de Guiamets que cuenta con datos de auscultación desde septiembre de 2003 hasta diciembre de 2008.

4.2 Análisis de la Presa de El Val

4.2.1 Memoria del Informe Anual de Auscultación de la Presa de El Val

CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO



INFORME ANUAL DE AUSCULTACION DE LA PRESA DE EL VAL

**COMPORTAMIENTO DE LA PRESA EN EL PERIODO COMPRENDIDO
ENTRE LOS DÍAS 01.04.05 Y 31.12.08**

Fecha: Junio de 2009

CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO

PRESA EL VAL
INFORME DE AUSCULTACIÓN
COMPORTAMIENTO DE LA PRESA EN EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE
LOS DÍAS 01.04.05 Y 31.12.08

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	35
2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA.....	38
2.1 SITUACIÓN, FINALIDAD Y ACCESOS	38
2.2 FICHA TÉCNICA DE LA PRESA	39
2.3 BREVE HISTORIAL DE LA PRESA.....	42
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CERRADA Y EL VASO DEL EMBALSE	45
4. OBSERVACIONES ESPECIALES.....	46
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO	48
5.1 VARIABLES EXTERIORES	48
5.2 VARIABLES CONTROL.....	49
6. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO	55
6.1 VARIABLES EXTERIORES	55
6.2 VARIABLES CONTROL.....	55
7. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS GLOBAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA.....	60
8. ESTUDIOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA	62
8.1 VARIABLES EXTERIORES	62
8.1.1 Nivel del embalse	62
8.1.2 Temperatura media del ambiente.....	63
8.1.3 Precipitaciones	64
8.2 VARIABLES DE CONTROL.....	65
8.2.1 Control de filtraciones mediante aforadores	65
8.2.2 Control de subpresiones. Piezómetros.....	66
8.2.3 Desplazamientos del terreno bajo cimentación Extensómetros de varillas	70

8.2.4 Medidores de juntas internas.....	72
8.2.4 Control Térmico	73
8.2.5 Control de movimientos horizontales mediante péndulos	74
8.2.6 Control Topográfico (Nivelación, Colimación y Triangulación Geodésica)	76
8.2.6.1 Nivelación	76
8.2.6.2 Colimación.....	77
8.2.6.3 Triangulación Geodésica.....	78
9. CONCLUSIONES	80
10. PROGRAMA DE LECTURAS RECOMENDADO.	87
11. RECOMENDACIONES.....	89

ANEJO N° 1 PLANOS

ANEJO N° 2. GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ANEJO N° 3. CD CON LA BASE DE DATOS

ANEJO N° 4. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

ANEJO N° 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

ANEJO N° 6. MODELIZACIÓN ESTADÍSTICA CON AUSMODEL

ANEJO N° 7. VISITA A LA PRESA

ANEJO N° 8. DOCUMENTACIÓN RELATIVA A LA AUSCULTACIÓN

NOTA: Los ocho anejos se presentan en el apéndice B de esta tesina.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El informe que se presenta a continuación corresponde al estudio del comportamiento de la presa de El Val sobre la base de los datos de auscultación disponibles hasta el día 31 de Diciembre del año 2008, los cuales fueron recibidos de la C.H. DEL EBRO, en cumplimiento del contrato:

“CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO”.

Este informe se adapta a lo que se indica en el Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses (RTSPE), aprobado en O.M. de 12 de marzo de 1996 por el entonces Ministerio de Obras Públicas de Transportes y Medio Ambiente y publicado en el B.O.E. del 30 de marzo de 1.996, que concretamente, en el Artículo 33.2 de dicho Reglamento establece que ***“El Director de explotación redactará un informe anual en el que se recogerá los resultados de las inspecciones realizadas y de la auscultación... Este informe se incorporará al Archivo Técnico de la presa...”***

A continuación se analizan los datos de auscultación disponibles en la presa en el periodo comprendido entre los días 01 de abril de 2005 y el 31 de diciembre de 2008. Estos datos comprenden los archivados con el sistema automático de toma de lecturas que se ha instalado en la presa, así como los datos manuales que fueron realizados por el personal de la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

El Informe contempla:

- Los gráficos de evolución temporal elaborados con los datos registrados desde la lectura inicial de cada uno de los aparatos.
- Análisis de los aspectos más relevantes que se deducen del estudio de dichos aparatos respecto al comportamiento de la presa durante el período estudiado.

- La estimación de las leyes de subpresión, en cada una de las secciones de control.
- Conclusiones generales, las cuales se han clasificado en cuatro grupos significativos de la siguiente manera:
 - Conclusiones sobre las lecturas de instrumentos y el estado actual del sistema de auscultación instalado.
 - Conclusiones sobre el comportamiento de la presa en función de las variables de control.
 - Conclusiones sobre la inspección realizada el día 09 de septiembre de 2008.
 - Conclusiones sobre la seguridad de la presa.
- Recomendaciones de tipo general de cara al seguimiento continuo de la auscultación de la presa y a la elaboración de informes trimestrales y futuros informes anuales de comportamiento.
- Un programa de lecturas de los aparatos de auscultación.

La elaboración de este informe se ha basado en:

- El análisis de los datos del sistema de auscultación instalado, tanto manuales como automáticos.
- La revisión de la documentación técnica referente a la presa desde el punto de vista de la auscultación, comportamiento y seguridad de la presa, los cuales se citan a continuación:
 - Informe sobre la visita de reconocimiento al sistema de auscultación automatizado de la presa de Val (ZARAGOZA) realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A. en marzo de 2006
 - Plan de Emergencia de la Presa del Val. Revisión 0. Julio 2000

- Acondicionamiento de sala de válvulas e instalación de caudalímetros en el embalse del Val (Los Fayos/Zaragoza). OFITECO S.A.
- Versión Preliminar Documento XYZT de la presa de El Val. Julio 2000.
- La visita realizada a la presa el día 9 de septiembre de 2008 (Anejos N° 4 y N° 5).

2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA

2.1 SITUACIÓN, FINALIDAD Y ACCESOS

La presa de El Val forma parte del sistema de aprovechamiento conjunto El Val – Queiles y se encuentra ubicada en el río Val a escasos metros aguas arriba de la confluencia con el río Queiles, afluente del Ebro por su margen derecha. Está situada en el término municipal de Los Fayos, provincia de Zaragoza. La siguiente Figura muestra una vista frontal de la presa.



Figura. Vista Frontal de la Presa de El Val

Las coordenadas UTM correspondientes al huso 31 de la ubicación de la presa son las siguientes:

- X: 600.750
- Y: 4.637.000
- Z: 570 (cota de cauce)

Se sitúa en la hoja Nº 320 (Tarazona) del mapa cartográfico a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional de España.

La finalidad del embalse es el abastecimiento (52.000 habitantes) de las poblaciones de Los Fayos, Tarazona, Novellas y de las Mancomunidades de Aguas de Moncayo y de Cascante, Cintruenigo y Fitero; el riego de diversos municipios de Aragón y Navarra (aproximadamente 12.800 Ha) y la defensa frente avenidas de los núcleos de Los Fayos y Tarazona.

A la presa se accede desde Zaragoza por la autopista Vasco Aragonesa, carretera nacional N-232, llegando hasta Gallur para enlazar con la carretera nacional N-122 dirección a Soria, después de atravesar Borja y subir el puerto de Lanzas Agudas se llega a Tarazona. Sin abandonar la N-122, a 2 Km de Tarazona se debe tomar un desvío a mano izquierda que conduce a una carretera local que pasa por Torrellas hasta los Fayos. Desde Los Fayos el acceso hasta la presa se realiza por el camino que remonta el valle del río Val por su margen derecha. Como alternativa al acceso desde Tarazona, se construyó un camino de 2,44 Km que parte desde la carretera local Tarazona-Vera de Moncayo a 5 Km de Tarazona.

También se puede acceder a la presa desde Soria por la carretera nacional N-122 con dirección a Tarazona, hasta el desvío a Torrellas, luego desde Torellas a Los Fayos por la carretera local y desde allí a la presa se coge el camino de acceso por la margen derecha del río Val.

2.2 FICHA TÉCNICA DE LA PRESA

A continuación se presentan las características y los datos técnicos de la presa.

UBICACIÓN

- ProvinciaZaragoza
- Término MunicipalLos Fayos
- Emplazamiento Río Val

TIPOLOGÍA Presa de gravedad, formada por bloques de hormigón compactado con rodillo, con planta de alineación recta y sección de tipo triangular.

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

- Presa de ValCategoría A

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**Características de la Cuenca Vertiente y Embalse**

Cuencas vertientes	Queiles y El Val
Superficie de la cuenca vertiente Queiles (Km ²)	36
Superficie de la cuenca vertiente El Val (Km ²)	145
Nivel máximo normal (NMN) (m.s.n.m.)	620,00
Volumen de embalse (N.M.N.) (Hm ³)	24,20
Nivel avenida proyecto (NAP) (m.s.n.m.)	623,65
Nivel avenida extrema (NAE) (m.s.n.m.)	626,41
Superficie de embalse (N.M.N.) (Ha.)	100,80
Avenida de proyecto, Tr 1000 años (m ³ /s)	302
Avenida máxima probable (m ³ /s)	723

Tabla. Resumen de las características del embalse y su cuenca vertiente

Características del Cuerpo de Presa

Tipo de presa	Hormigón compactado con rodillo
Geometría de planta	Recta
Longitud de coronación (m.)	400,00
Cota de coronación presa (m.s.n.m.)	629,15
Cota de cimientos (m.s.n.m.)	539,00
Cota del cauce (m.s.n.m.)	563,00
Altura de la presa sobre cimientos (m.)	90,00
Ancho coronación (m.)	8,50
Talud aguas arriba	vertical
Talud aguas abajo	Escalonado. Talud medio 0,8 H : 1 V

Tabla. Resumen de características estructurales del cuerpo de presa

Características del Aliviadero

El aliviadero es de perfil tipo Creager, escalonado y finaliza en un cuenco amortiguador; está situado en el bloque 4 del cuerpo de presa y formado por 2 vanos en labio fijo de 9 m. de ancho. La siguiente tabla presenta las características más importantes del aliviadero.

Perfil del vertedero	Tipo Creager
Número de vanos	2 de 9 m. de ancho cada uno
Situado	Bloque 4 del cuerpo de presa
Capacidad desagüe para N.A.P. (m ³ /s)	253
Capacidad desagüe para N.A.E. (m ³ /s)	632
Cota del labio del aliviadero (m.s.n.m.)	620,00
Ancho de aliviadero y canal de descarga (m)	20,00

Tabla. Características principales del aliviadero

Características del Desagüe de Fondo

El desagüe de fondo discurre embebido en el cuerpo de presa (paramento aguas arriba), abajo de la pila central del aliviadero en el bloque 4. Está constituido por 2 conductos de diámetro Ø 1200 mm. y espesor de 12 mm. de chapa de acero. La siguiente tabla presenta las características principales del desagüe de fondo.

Conductos desagüe de fondo	2 tuberías de Ø 1200 mm.
Válvulas por conducto	2, compuerta tipo Bureau (1,0 H x 1,2 V m.)
Longitud total de cada conducto (m.)	45,00
Cota del eje en el cierre (m.s.n.m.)	570,77
Caudal unitario de desagüe de fondo(m ³ /s)	26,9

Tabla. Características fundamentales del desagüe de fondo

Toma de Agua para Todos los Usos

La conformación de la toma es análoga a la del desagüe de fondo. Consta de 2 conductos iguales de acero y 45 m. de longitud, embebidos en hormigón vibrado que atraviesan el bloque 6 del cuerpo de la presa horizontalmente

Una vez fuera del cuerpo de la presa, los conductos se prolongan 125 m. hacia aguas abajo, hasta alcanzar la caseta de válvulas de regulación y finalizando en vertido en chorro sobre un cuenco amortiguador. Las características se presentan a continuación.

Destino	Todos los usos
Tomas de agua	2 de Ø 900 mm.
Compuertas por conducto	2, compuerta tipo Bureau (0,75 H x 0,90 V m.)
Cota (m.s.n.m.)	571,225
Caudal unitario máximo (m ³ /s)	16,50

Tabla. Características principales de la toma de agua.

2.3 BREVE HISTORIAL DE LA PRESA.

Este apartado ha sido elaborado a partir de información extraída de: PLAN DE EMERGENCIA DE LA PRESA DE EL VAL. TOMO I. Julio de 2000, VERSIÓN PRELIMINAR DEL DOCUMENTO XYZT. Julio 2008 y la inspección efectuada a la presa el día 9 de septiembre de 2008.

La avenida máxima registrada en el sitio donde se ubica la presa tuvo un caudal pico de 150 m³/seg. y ocurrió en octubre de 1962.

La presa ha sido construida según proyecto del año 1992, que modifica sustancialmente a los anteriores de 1965 y 1985.

El proyecto definitivo del año 1992, además de la valoración estrictamente económica de las alternativas analizadas, se tienen en cuenta los daños potenciales en caso de rotura de la presa producida por una eventual avenida superior a la de diseño. La capacidad de una presa de materiales sueltos para soportar un vertido por coronación sin que se produzca su desmoronamiento es, sin duda, muy inferior a la de una presa de fábrica, por lo que, aun cuando la probabilidad de que se llegue a verter por coronación sea muy remota, la valoración final del riesgo, considerado como combinación de la probabilidad de ocurrencia y los daños ocasionados, resulta mucho más favorable para la presa de fábrica.

El proyecto finalmente aprobado contempla, además de la propia presa de regulación en el río Val, un azud de derivación en el río Queiles, el túnel de trasvase hasta el embalse del Val y el encauzamiento de los ríos Queiles y Val desde su confluencia hasta aguas abajo de la población de Los Fayos.

Las obras del Proyecto de Construcción de Regulación de los ríos Queiles y Val, T.M. de Los Fayos (Zaragoza), fueron sometidas a licitación el 27 de marzo de 1991 por el procedimiento de concurso, resultando adjudicataria la UTE formada por CONSTRUCCIONES LAIN, S.A., SOCIEDAD GENERAL DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES OBRASCON, S.A. e IDECON, S.A.

El Proyecto de Construcción es aprobado definitivamente mediante Orden Ministerial de 15 de febrero de 1993, con un presupuesto de 8.471.575.177 pesetas, tras el aumento del IVA del 12% al 15%, en primera instancia, y, posteriormente, hasta el 16%.

El Acta de Comprobación de Replanteo se redacta con fecha 1 de septiembre de 1993, debiendo finalizar las obras cuarenta meses después, es decir, el 31 de diciembre de 1996.

En el transcurso de las obras se redactarán los siguientes documentos:

- Modificados Nº 1 (septiembre de 1994), en el que se incluye un nuevo Estudio Hidrológico.
- Obras Complementarias nº 1 del Proyecto de Regulación de los Ríos Queiles y Val.
- Modificado Nº 2 (septiembre de 1996), que contempla, entre otras, las siguientes variaciones:
 - Aumento de la pendiente del trasvase desde el río Queiles, pasando del 0,2% al 0,62%.
 - Aumento del caudal de proyecto del túnel de trasvase de 20 a 60 m³/s.
 - Cambio de la sección tipo de la presa, con talud vertical aguas arriba y coronación de 8,5 m. en lugar de 6,2 m., lo que permite su ejecución con hormigón compactado con rodillo en lugar de hormigón modificado.
 - Tres galerías en vez de dos.

- Se sustituye el aliviadero con canal de descarga en túnel de la margen izquierda por un aliviadero en el cuerpo de presa.
- Cambios en el sistema de auscultación.

Como último hecho en la presa se cabe mencionar las actuaciones de acondicionamiento de la sala de válvulas e instalación de caudalímetros, realizadas por la empresa OFITECO en el período comprendido entre diciembre de 2006 y abril de 2008.

A continuación se nombran los documentos técnicos y de seguridad de la presa de El Val, estos se empezaron a redactar en el año 2000:

- Versión Preliminar Documento XYZT de la presa de El Val. Julio 2000.
- Plan de Emergencia de la Presa del Val. Revisión 0. Julio 2000

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CERRADA Y EL VASO DEL EMBALSE

Este apartado se ha elaborado a partir de la información geológica que se encuentra en la VERSIÓN PRELIMINAR DEL DOCUMENTO XYZT de la presa de Val.

El río Val atraviesa en la zona de la cerrada unas potentes formaciones de conglomerados terciarios, aquitanienses, de varios centenares de metros de potencia. Se trata de unos conglomerados muy cementados, con lentejones areniscosos de la formación denominada Fitero, dispuestos en bancos bastante persistentes de espesor muy variable (desde 0,5 m hasta varios metros).

En las proximidades de la presa estos conglomerados se disponen en cantiles prácticamente verticales de unos 80 m. de altura.

Entre los conglomerados existen intercalaciones de areniscas arcillosas de color entre ocre rojizo y algo grisáceo. Estas bandas cambian lateralmente de facies y de espesor, ahusándose hasta desaparecer. En los primeros estudios llevados a cabo en la cerrada se temió que la presencia de este material blando intercalado supusiera una merma importante de la estabilidad. Sin embargo, se pudo comprobar que los límites de estas formaciones se difuminan entre los conglomerados, lo que elimina la posibilidad de existencia de superficies de deslizamiento.

4. OBSERVACIONES ESPECIALES

La presa no ha tenido ningún incidente significativo durante el período que contempla este informe (abril de 2005 a diciembre de 2008).

A continuación se resumen algunas de las observaciones recabadas el día 9 de septiembre de 2008 en la inspección realizada a la presa, el resto de aspectos concernientes a la inspección se presentan en el Anejo N° 7 del presente informe:

- En la inspección realizada no se detectó ninguna anomalía en la presa.
- El aspecto del paramento aguas abajo es bastante bueno, aunque se observaron algunas pequeñas filtraciones localizadas en juntas horizontales.
- En el contacto de las galerías con los estribos se encuentra la roca pura sin recubrimiento, presentando betas de color negruzco. En las siguientes Imágenes se presentan el estado de los estribos.



Imágenes

Vista Frontal de la roca del estribo derecho. Vista Frontal de la roca del estribo izquierdo.

- Las canaletas ubicadas entre las galerías inferior e intermedia del estribo derecho y que se encargan de conducir las filtraciones de esa zona de la presa hasta el aforador AF-544-MD, se encuentran en mal estado y no están conectadas entre sí, por ello el caudal proveniente de las filtraciones y de los

drenes transita por el suelo, hasta llegar al aforador; a diferencia de lo observado en las galerías del estribo izquierdo donde las canaletas se encuentran en buen estado. Las siguientes Imágenes muestran la comparación de ambos accesos entre galerías.



Imágenes

Acceso entre galerías, estribo izquierdo.

Acceso entre galerías, estribo derecho.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO

La información que se describe a continuación se ha extraído de los siguientes documentos: PLAN DE EMERGENCIA DE LA PRESA DE EL VAL. TOMO I realizado en julio de 2000 y del INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA) realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, S.A. en marzo de 2006

En este capítulo se incluye un resumen de los aparatos y elementos de auscultación existentes en la presa. El Anejo N° 5 presenta con mayor grado de detalle el sistema de auscultación instalado y su estado actual.

5.1 VARIABLES EXTERIORES

- ***Medida del nivel en el embalse***

Para determinar el nivel de agua en el embalse la presa cuenta con una balanza de presión hidrostática, de alta precisión y con indicación numérica de la cota del embalse en cada instante. Este equipo permite asegurar una precisión adecuada a esta aplicación, de 1 cm. para un rango de variación del nivel de unos 70 m. y se encuentra ubicado en la margen derecha, en una galería de la zona del túnel de desvío.

La presa también cuenta con una escala limnimétrica para control del nivel del agua por observación directa desde coronación, con 20 m de longitud y cabeceros indicando la cota.

- ***Datos meteorológicos***

Estos se miden y registran en la estación meteorológica de la presa ubicada en el estribo izquierdo de la misma y las variables leídas son las siguientes:

- *Temperatura ambiente*: mediante un termómetro de ambiente que registra temperaturas máximas y mínimas.
- *Precipitaciones*: a través de pluviómetro.
- *Evaporación*: medido a través de un evaporímetro de tanque.
- *Viento*: mediante un anemómetro de recorrido.

5.2 VARIABLES CONTROL

- ***Aforo de filtraciones***

Se han instalado 4 vertederos de pared delgada tipo Thomson (aforadores contruidos con chapa de acero inoxidable) con medidores ultrasónicos de nivel situados en las canaletas de las galerías intermedia e inferior, con el objetivo de controlar, en sitios puntuales de la red de galerías y evitando medidas repetitivas, los caudales para determinar las zonas en la que se produzcan posibles alteraciones de las pantallas de impermeabilización o drenaje. De acuerdo con estas consideraciones los equipos se encuentran instalados en los siguientes lugares:

- 2 aforadores en la galería intermedia (AF-572-MD y AF-572-MI) cerca de cada margen antes de la galería perimetral, en los puntos en los que se produce la recogida del agua procedente de las galerías en roca de ambos estribos.
- 2 aforadores en la galería inferior, situados a cada lado del pozo de bombeo, de modo que recogen el caudal de agua de filtraciones procedente de ambas márgenes de la presa, a través de la red de drenaje (AF-544-MD y AF-544-MI).

- ***Control de subpresiones***

Este control se realiza por medio de 32 piezómetros de cuerda vibrante en una sección transversal de control por cada uno de los bloques y juntas desde el bloque 2 al 7; y mediante 22 manómetros fijos en los cabezales de los drenes de las galerías.

En cada uno de los bloques centrales (B-3, B-4 y B-5) se han instalado 6 sensores, situados bajo el cimientado, desde el pie de presa hasta la zona del tacón. En los bloques B-2 y B-6 se han instalado únicamente 4 sensores (2 en cada bloque), situados en el cimientado, uno a cada lado de la vertical de la galería.

Además, para el control de la distribución de subpresiones en la zona de las juntas se han instalado, desde la junta entre los bloques B-2 y B-3 y la junta entre los bloques B-6 y B-7, dos piezómetros por junta, a una distancia aproximada de 20 y 40 m hacia aguas abajo, medida desde el paramento de aguas arriba.

También se construyó un sistema de drenaje y se impermeabilizó el cimientado para disminuir las subpresiones en la cerrada de la presa. A continuación se mencionan las características de los sistemas de drenaje e impermeabilización:

- Sistema de drenaje: a lo largo de toda la presa y desde las galerías de inspección se ejecutó una pantalla de drenaje con taladros de 60 mm. de diámetro, hasta llegar a la cimentación y penetrando un mínimo de 5 m. en la roca.
 - Sistema de impermeabilización del cimientado: se realizaron desde la galería perimetral, taladros de 64 mm. cada 3 m. a través de los cuales se inyectó lechada de cemento a una presión de 5, 10 y 15 Kg/cm², dependiendo de la cota.
- ***Desplazamientos del terreno bajo cimentación***

Se han instalado un total de 6 extensómetros de varillas, con 3 anclajes cada uno, con la finalidad de contrastar las hipótesis realizadas en el proyecto en torno al comportamiento del terreno de cimentación, de modo que se puedan verificar las consideraciones realizadas en cuanto a estabilidad y deformabilidad del mismo.

Las cabezas de cinco de los extensómetros están situadas en la galería inferior, para controlar los movimientos en dirección vertical (extensómetros instalados en sondeos verticales realizados en los bloques B-3, B-4 y B-5) y horizontal

(extensómetros instalados en sondeos sub-horizontales realizados en los bloques B-4 y B-5) del pie de aguas arriba de la presa. El sexto extensómetro de varillas está situado en el bloque B-5, desde el pie de aguas abajo de la presa, con el objeto de controlar los movimientos verticales del relleno.

- **Medidores de las juntas de construcción**

Para determinar el comportamiento de las juntas de construcción se han realizado controles internos y externos, con ello se pretende disponer de un registro de los desplazamientos relativos entre bloques, debidos a la variación de temperaturas, nivel del embalse y posibles asientos diferenciales, tanto en puntos inaccesibles dentro del cuerpo de presa como en la intersección de las juntas con las galerías. Los equipos instalados fueron:

- *10 Medidores de Junta Internos (MJI):* del tipo cuerda vibrante y con 1 m de base de medida, repartidos en todas las juntas transversales de las secciones centrales, según la altura y asociados a las tres galerías principales. Su función es el control de los movimientos relativos (apertura y cierre) entre bloques, se han instalado en puntos inaccesibles del cuerpo de presa, embebidos en el hormigón al nivel de las galerías y horizontalmente.
- *12 Ternas de bases para medida con defómetro:* se trata de 3 puntos materializados según una disposición en triángulo equilátero a ambos lados de la junta, de manera que las diferencias de distancias entre puntos (2 a 2) permiten calcular la apertura y el desplazamiento relativo vertical de ambos bloques.
- *12 Medidores tridimensionales:* los cuales están constituidos por 2 piezas fijadas a ambos lados de la junta que encajan perfectamente una en otra, de forma que el desacoplamiento que se produzca puede ser medido con un comparador en 3 direcciones perpendiculares.

- **Control térmico**

Este control se realiza con el fin de conocer la distribución de temperaturas en el interior de la presa y poder hacer un seguimiento de las temperaturas en el proceso de fraguado y en la evolución del gradiente térmico que pueda producir fisuras.

Para efectuar el control se instalaron un total de 58 termorresistencias de platino tipos PT-100, embebidas en el hormigón, con la disposición y los objetivos que se indican a continuación:

- En los tres bloques centrales (B-3, B-4 y B-5), se han instalado un total de 39 termómetros (13 en cada uno) embebidos en el hormigón del cuerpo de presa, repartidos en cuatro tongadas a cotas diferentes y distribuidos en la sección transversal en el cuerpo de presa como se muestra en los anexos, de modo que se pueda obtener la red de isotermas, los gradientes horizontal y vertical, estudiar la influencia de la proximidad de galerías, paramentos de aguas arriba y aguas abajo.
- En los bloques B-4 y B-5 se han instalado 6 termómetros, 3 en cada uno, situados muy cerca del paramento de aguas arriba, para que puedan detectar la temperatura del agua del embalse a las cotas 568, 588 y 608 m.s.n.m., y de este modo estimar la influencia en la evolución de la temperatura del agua sobre el comportamiento térmico de la presa.
- En los bloques cercanos a los estribos (B-2 y B-6) se colocaron un total de 8 termómetros (4 en cada bloque).
- El control de las temperaturas en el cimiento de la presa se efectúa mediante 3 termómetros instalados a unos 15 m bajo el contacto hormigón-cimiento, en la zona central de los bloques B-3, B-4 y B-5, respectivamente.
- El control de las temperaturas en el hormigón del tapón colocado en el túnel de desvío se realiza mediante 2 termorresistencias situadas a la misma altura.

- ***Medida de deformaciones unitarias***

Con el objetivo de poder obtener tensiones del hormigón en algunos puntos del cuerpo de presa, en la zona central de mayor espesor (Bloques 4 y 5), se han instalado un total de 40 extensómetros de cuerda vibrante unidireccionales, en 10 grupos (cinco grupos por bloque, a dos cotas distintas) de cuatro sensores cada uno, activos en las direcciones X, Y, Z y uno corrector.

Cada grupo de extensómetros lleva tres sensores activos, colocados en un soporte o roseta según las tres direcciones ortogonales, junto a ellos y con el fin

de controlar las variaciones térmicas se ha colocado un extensómetro corrector (con termistor integrado para medir temperatura) en el interior de una cubeta a medida. Resultando un total de 10 termistores que también se integrarán en el sistema automatizado de adquisición de datos.

- ***Control de giros en la estructura***

Se instalaron un total de 11 bases de apoyo para lectura manual con clinómetro portátil, repartidas por todas las galerías de la presa tal como se puede apreciar en los planos de instrumentación, con el fin de obtener valores de giro o desplazamiento angular de la estructura en una serie de puntos de las galerías.

- ***Control de movimientos horizontales mediante péndulos***

Se instalaron 3 conjuntos de telepéndulos en los bloques 3, 4 y 6 del cuerpo de la presa. Debido a la altura de las secciones fue necesario combinar el conjunto péndulo directo e invertido. Esta combinación, en verticales muy próximas, permite comparar y relacionar movimientos horizontales respecto a coronación y a un punto que se pueda considerar fijo, obteniendo de esta manera movimientos más exactos y absolutos.

Todos los puntos de medida existentes disponen de un sistema de lectura manual de los movimientos del hilo por medio de una plancheta R-T (radial-tangencial). Esta plancheta consiste en una placa de acero inoxidable perforada, con dos reglas graduadas de acero inoxidable, ortogonales entre sí y graduadas en milímetros.

Las lecturas de movimientos en los péndulos se han llevado a cabo de forma manual, en los puntos de intersección con las galerías, donde se han instalado un total de 10 planchetas de medida manual R-T. Además se instalaron los 20 medidores de desplazamiento necesarios para la automatización de estas lecturas.

- **Movimientos en coronación por topografía**

Con el objeto de determinar los movimientos horizontales y verticales de una serie de puntos situados en coronación y en el paramento de la presa se instalaron equipos que permiten llevar a cabo los siguientes controles topográficos:

- *Colimación lineal:* se dispusieron 12 puntos de control de movimientos horizontales por colimación lineal (para medir los desplazamientos horizontales de puntos en alineación recta) en la coronación de la presa, consistentes en bases de apoyo para la mira móvil situadas en el interior de arquetas de acero inoxidable con tapa roscada y empotradas en el suelo. Se colocaron dos bases por Bloque, a los lados de cada junta, desde el B-2 hasta el B-7.
- *Nivelación de precisión:* con esta metodología se determinan los asientos de puntos situados en la coronación de la presa. El itinerario de nivelación consta de 12 bases en coronación (coincidentes con las de colimación) y de otras 8 bases de referencia, situadas en el terreno natural de los estribos hasta alcanzar un punto que se pueda considerar fijo y sin influencia de los movimientos de la presa; estas bases de referencia, con distancias entre ellas menores de 40 m., se empotraron en afloramientos rocosos o en dados de hormigón preparados al efecto.
- *Triangulación geodésica:* con este método se obtienen las coordenadas de los puntos de control (dianas de puntería) y los movimientos relativos X-Y, disponiendo de una red de bases de estacionamiento aguas abajo de la presa. Existen 6 dianas de puntería fijadas a una cota por encima de la galería superior, sobre el paramento de aguas abajo, en la zona central de mayor altura, cada diana consiste en un cono de acero inoxidable fijado sobre una chapa de acero pintada al horno en color negro, además hay 4 bases para estacionamiento del equipo de lectura topográfico aguas abajo de la presa.

6. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO

En este capítulo se describe la situación actual del sistema de auscultación instalado en la presa, esta información se basa en el: INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), Marzo de 2006. Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A.; en la interpretación de las lecturas registradas por los instrumentos y en la visita la inspección realizada a la presa el día 9 de agosto de 2008.

6.1 VARIABLES EXTERIORES

La balanza de presión hidrostática y la escala limnimétrica, que se encargan de medir el nivel de embalse se encuentran operativas y en buen estado.

Todos los instrumentos que se encuentran en la estación meteorológica de la presa (termómetro, pluviómetro, evaporímetro de tanque y anemómetro de recorrido) se encuentran operativos y realizan lecturas diarias.

6.2 VARIABLES CONTROL

Es importante destacar que actualmente el Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) y la remota de la presa no utilizan la misma codificación para identificar los instrumentos.

Además el S.A.I.H. no almacena los datos de la totalidad de instrumentos instalados en la presa, sino una cantidad limitada de los mismos, las lecturas del resto de los equipos queda registrada en la remota de la presa.

A continuación se describe el estado actual del sistema de auscultación instalado en la presa de El Val.

- **Aforo de filtraciones**

Los cuatro aforadores colocados en las galerías se encuentran operativos y realizan lecturas diarias y automáticas.

“Los 2 vertederos instalados en la galería inferior (cota 544 m.s.n.m.) presentan con frecuencia cal y residuos sedimentados, lo cual induce a lecturas erróneas.”

¹

- **Control de subpresiones**

Los piezómetros PZ-B3-3, PZ-B3-6, PZ-J2/3-2, PZ-J3/4-1 y PZ-J6/7-2 no registran lecturas y según informe de I.I.C. S.A. se encuentran averiados, el resto de instrumentos están operativos y registran lecturas diarias.

- **Desplazamientos del terreno bajo cimentación**

En general, todos los extensómetros de varilla instalados en la presa de El Val se encuentran operativos, a excepción del denominado EV-B3-1-A2 que se no registra datos.

- **Medidores de las juntas de construcción**

Actualmente, sólo se realizan lecturas automáticas de los medidores de juntas internas MJI23-G3, MJI56-G3 y MJI67-G3, y no se dispone de datos del resto de instrumentos.

“Los sensores MJI-3/4-G3 y MJI-4/5-G3 están fuera de servicio y no es posible su reposición ya que se encuentran dentro del hormigón del cuerpo de presa.”¹

¹ INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), I.I.C. S.A. marzo de 2006.

“El sensor MJI-4/5-G2 no presenta lecturas correctas, ni en la caja de centralización ni en la estación automática, debido a esto se considera fuera servicio.”¹

Únicamente se tiene conocimiento de registros de ternas de bases de defórmetro y de medidores de juntas tridimensionales los días: 27/02, 15/04, 05/05 y 21/05 de 2008. Por esta razón se consideran no operativos.

- **Control térmico**

“Los termómetros T-B2-1, T-B2-3, T-B4-10, T-B4-16 y T-B5-9 están averiados.”²

Los termómetros T-B3-0, T-B3-4, T-B3-5, T-B3-6, T-B37, T-B3-8, T-B3-9, T-B3-10, T-B4-10, T-B4-16, T-B6-3 y T-B6-4 no registran lecturas en la remota.

Tampoco se conoce ninguna lectura de las termorresistencias situadas en el tapón de hormigón colocado en el túnel de desvío.

- **Medida de deformaciones unitarias**

Actualmente, no se dispone de lecturas de los extensómetros de cuerda vibrante, por esta razón se consideran no operativos. A continuación se mencionan algunos comentarios extraídos del informe de I.I.C. S.A. sobre la funcionabilidad de los mismos:

“El extensómetro EXT CV 5-4 Y no presenta lecturas correctas en la estación automática.”²

“Los extensómetros EXT CV 4-1 Z y EXT CV 4-2 Y no dan lectura en la estación automática.”²

² INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), I.I.C. S.A. marzo de 2006.

“El extensómetro EXT CV 4-4 Z no da lectura en la caja pero sí en la estación automática.”²

“Los extensómetros EXT CV 4-2 X y EXT CV 4-2 Z no dan lectura ni en la caja de centralización ni en la estación automática.”³

“Las lecturas del extensómetro EXT CV 4-5 Z no son buenas ni en la caja ni en la estación.”³

- ***Control de giros en la estructura***

Únicamente se tiene conocimiento de lecturas de clinómetros los días: 27/02, 15/04, 05/05 y 21/05 de 2008, por ello se consideran no operativos.

- ***Control de movimientos horizontales mediante péndulos***

Todos los péndulos directos e invertidos se encuentran operativos, registran lecturas automáticas y de frecuencia diaria.

La teleplancheta radial del péndulo directo PD-B3-3R, está instalada en sentido contrario al resto de péndulos, es decir, las lecturas registradas por este instrumento tienen sentido positivo en dirección aguas arriba. A continuación se mencionan algunos comentarios extraídos del informe de I.I.C. S.A. sobre la funcionabilidad de los mismos:

“Debido a problemas de verticalidad de la perforación realizada en el cimientado para el péndulo invertido del bloque 3, la última plancheta de lectura está en la galería inferior y no se pueden relacionar los datos de péndulo directo e invertido en este bloque como sería aconsejable.”³

³ INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), I.I.C. S.A. marzo de 2006.

7. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS GLOBAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA.

La metodología seguida para la elaboración de este Informe ha sido la siguiente:

- Recopilación de los datos manuales y automatizados de auscultación tomados de variables exteriores y de control, facilitados por el personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Estos datos fueron recibidos en papel y en archivos informáticos Access y Excel.
- Revisión y depuración de datos, lo que en general permite comprobar calidad y fiabilidad de los mismos.
- Visita a la presa de Val junto con personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro en las que se observó el sistema de auscultación y la obra civil, el día 9 de septiembre de 2008.
- Realización de los gráficos cronológicos de las variables medidas. En todos ellos se presenta la evolución temporal de las variables en cajetines superpuestos para relacionar entre sí causas y efectos: variables exteriores y variables de control.
- Introducción de las lecturas y los valores ingenieriles en la red informática utilizando el programa de ordenador Ausmodel⁴.
- Estudios de modelización estadística de las variables de control de la presa de Val con el programa Ausmodel. Los pasos para obtener un modelo estadístico son: creación del modelo, identificación de los coeficientes, contrastación del modelo, establecimiento de tolerancias, análisis del modelo y obtención de tendencias en valores acumulados en el tiempo.

⁴ Ausmodel: programa informático de modelización estadística de datos de auscultación desarrollado por OFITECO, y especialmente concebido para el tratamiento de los datos históricos, el control y la previsión de los fenómenos relacionados con las presas.

- Análisis y estudio de los valores de las variables controladas.
- Elaboración de planos y gráficos que permiten conocer el comportamiento de la presa mediante su análisis.
- Elaboración de figuras con la estimación de las leyes de subpresión en las secciones de control.
- Estudio e interpretación de resultados, prestando especial atención a la detección de los comportamientos más significativos de la presa y a la evolución de las variables de control.
- Fase de elaboración de los documentos.

8. ESTUDIOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA

En el presente capítulo se analiza el comportamiento de la presa de Val entre los días 1 de enero de 2007 y 31 de diciembre 2008 (fecha en la cual se disponen datos de las variables de control), aunque se tienen datos de variables exteriores desde enero de 2001 hasta diciembre de 2008.

Con el fin de facilitar el seguimiento de la memoria de este informe, en los planos del Anejo N° 1 se muestra la localización de los distintos aparatos de auscultación que dispone la presa.

8.1 VARIABLES EXTERIORES

Para observar la evolución temporal de las variables exteriores desde enero de 2004 hasta diciembre de 2008 se han realizado los gráficos A-1, A-2 y A-3, pertenecientes al Anejo N° 2, donde se muestran los niveles del embalse, las temperaturas medias en el aire y las precipitaciones diarias en la zona de emplazamiento de la presa. Estas variables exteriores actúan de forma esencial sobre una presa de hormigón compactado con rodillo y su cimiento.

8.1.1 Nivel del embalse

Durante la historia conocida de esta variable exterior (enero 2004 – diciembre 2008) la evolución del nivel de embalse ha variando en función de los ciclos de lluvia anuales y la explotación normal del mismo.

En la tabla que se presenta a continuación se muestran los niveles del embalse máximos y mínimos desde el año 2004, que es el primero a partir del cual se disponen datos.

En el gráfico A1 (Anejo N° 2) se presenta la evolución temporal del nivel de embalse.

Año	Nivel de Embalse (m.s.n.m.)		Año	Nivel de Embalse (m.s.n.m.)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
2004	618,62 (28/05)	617,50 (28/03)	2007	618,81(31/05)	616,46 (31/03)
2005	617,48 (10/01)	613,38 (11/09)	2008	618,60 (15/07)	614,94 (07/05)
2006	615,89 (29/12)	613,10 (28/08)			

Nota: La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.

Tabla. Características de los niveles del embalse de Val

Durante el período contemplado únicamente se destaca:

- El embalse no ha alcanzado nunca el N.M.N. (620 m.s.n.m.) siendo el máximo nivel alcanzado de 618,81 m.s.n.m. el día 31-05-2007.
- En el año 2004 se mantuvo un nivel muy alto debido a las altas precipitaciones, y el nivel medio en el embalse fue de 618,05 m.s.n.m.
- Durante el período septiembre de 2005 a septiembre de 2006, el embalse mantuvo el menor nivel registrado, debido a la gran sequía ocurrida en ese intervalo, oscilando entre las cotas 613,20 y 615,70 m.s.n.m.

8.1.2 Temperatura media del ambiente

En el Anejo N° 2 (Gráfico A2) se muestra la evolución temporal de la temperatura media del aire. La tabla siguiente muestra las temperaturas máximas y mínimas que se registraron durante cada año y, la temperatura media del año.

Año	Temperatura media del aire (°C)		Temperatura media anual (°C)
	Máximo	Mínimo	
2004	33,0 (01/08)	-0,5 (28/12)	14,4
2005	33,0 (27/06)	-8,0 (26/01)	14,3
2006	35,5 (24/07)	-5,0 (27/01)	15,4
2007	30,0 (06/07)	-6,0 (17/12)	11,1
2008	21,0 (28/07)	-3,0 (01/01)	9,2

Nota: La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.

Tabla. Características de los niveles del embalse de Val

Luego de observar la evolución de la temperatura se puede destacar lo siguiente:

- Las temperaturas en el emplazamiento de la presa sigue los ciclos estacionales habituales durante los años analizados. Se trata del típico clima continental del interior de la Península Ibérica, es decir, mucho calor en verano y frío en invierno.
- La temperatura media diaria del aire alcanza su valor máximo en el año de 2006 siendo este de 35,5 °C.
- La temperatura media diaria del aire alcanza su valor mínimo en el año de 2005 siendo este de -8,0 °C.
- El año 2008 fue el más frío entre los datos analizados (año 2004 a 2008) registrándose una temperatura media anual de 9,2 °C.
- El año más caluroso fue en 2006 donde la temperatura media anual fue de 15,4 °C.

8.1.3 Precipitaciones

En el Gráfico A3 correspondiente al Anejo N° 2, se presenta la evolución temporal de las precipitaciones diarias desde enero de 2004 hasta mayo de 2008. La siguiente Tabla presenta la máxima precipitación diaria, la media diaria y el acumulado anual de las precipitaciones.

Año	Máxima (mm/día)	Media (mm/día)	Acumulado (mm/año)
2004	63,0 (29/03)	1,23	451,0
2005	37,0 (16/05)	0,87	317,0
2006	30,0 (21/09)	1,03	376,2
2007	24,0 (27/09)	1,13	409,5
2008	56,0 (03/11)	1,68	603,0

Nota: La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.

Tabla. Características de las precipitaciones del embalse de Val

De la tabla anterior se aprecia que el año con mayor precipitación fue el 2008 con 603 mm/año, mientras que el más seco fue el 2005 donde se registró 317 mm/año.

El mayor volumen de precipitaciones se produce en otoño.

8.2 VARIABLES DE CONTROL

A continuación se analizan las variables de control cuyo seguimiento se ha establecido en la presa.

8.2.1 Control de filtraciones mediante aforadores

Se encuentran instalados 4 vertederos tipo Thomson a cada margen de la presa, de los cuales dos aforadores se encuentran situados en la galería intermedia (AF-572-MD y AF-572-MI) y los otros en la galería inferior (AF-544-MD y AF-544-MI).

Con la finalidad de facilitar el análisis de las filtraciones en la presa se han realizado:

- Gráficos de evolución temporal de cada aforador puestas en relación con las variables exteriores, los cuales se encuentran en el Anejo N° 2, gráficos B1, B2 y B3.
- Plano de localización de los aforadores, denominado Plano 7. Alzado de Instrumentación y corresponde al Anejo N° 1.
- Modelación estadística de los aforadores, los cuales se pueden encontrar en el Anejo N° 6.

Del análisis de los datos obtenidos y de la observación de estas figuras, se destaca que:

- Los datos disponibles son de frecuencia diaria desde 1 de abril de 2005 hasta el 31 de diciembre de 2008 y fueron registrados por el sistema automático.

- En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda son inferiores a las medidas en la margen derecha, tanto en la galería inferior como en la intermedia.
- Las máximas filtraciones se registran en el aforador AF-572-MD (galería intermedia) y son del orden de 59 l/min, mientras que las mínimas se presentan en el AF-572-MI y registran caudales cerca de 10 l/min.
- Se ha conseguido ajustar modelos estadísticos aceptables en los cuatro aforadores analizados, logrando parametrizar el comportamiento de los ubicados en la galería intermedia, aforadores AF-572-MD y AF-572-MI estos ajustes se presentan detalladamente en el Anejo N° 6 de la presente memoria.
- Los modelos estadísticos de los cuatro aforadores tienen influencia directa del nivel del embalse y en un segundo plano de las precipitaciones.
- El aforador AF-572-MD (galería intermedia) presenta efecto irreversible de filtraciones acumuladas en el tiempo del orden de 2,94 l/min. al año

8.2.2 Control de subpresiones. Piezómetros

Actualmente este control se realiza por medio de 30 piezómetros de cuerda vibrante en una sección transversal de control por cada uno de los bloques y juntas desde el bloque 2 al 7.

Para facilitar el análisis y seguimiento de las subpresiones medidas en la cimentación y de las presiones registradas en las juntas, se elaboraron:

- Gráficos de la evolución temporal de los piezómetros situados en cimentación y juntas de los bloques, en conjunto con el nivel de embalse. (Anejo N° 2, Gráficos C1 a C7).
- Planos con la localización de los piezómetros (Anejo N° 1, Planos 1 al 5).
- Planos con la ley de subpresiones en cimentación (Anejo N° 1, Planos 8 al 12).

- Gráficos y ajustes de los modelos estadísticos que se presentan en el Anejo N° 6.

A continuación se resumen las principales observaciones deducidas del análisis de los datos y gráficos obtenidos:

- Se disponen de datos automáticos y de frecuencia diaria desde el 01 de enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2008, en todos los piezómetros de cuerda vibrante operativos.
- El piezómetro PZ-B5-1 registra presiones inconsistentes y que van disminuyendo a lo largo de la serie, por esta razón se considera no fiable. El siguiente gráfico presenta la evolución temporal de este piezómetro junto con el nivel de embalse.

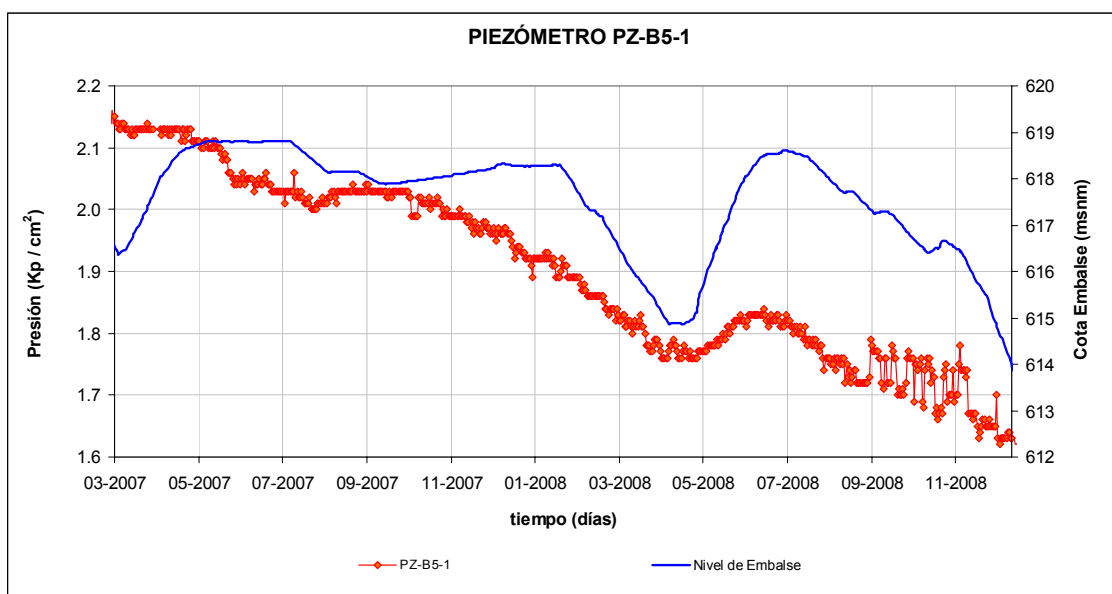


Gráfico. Evolución temporal del piezómetro PZ-B5-1 y del nivel de embalse

- Los modelos estadísticos obtenidos con los datos de los piezómetros de cuerda vibrante, ubicados tanto en cimentación como en las juntas son bastante buenos y robustos, es decir, se consiguió parametrizar el comportamiento de todos los piezómetros fiables.
- El comportamiento de todos los piezómetros está únicamente influenciado por las oscilaciones del nivel de embalse.

- Ninguno de los piezómetros analizados presenta efecto irreversible de tendencias de acumulados en el tiempo.
- Por la especial relevancia que tienen las presiones registradas en cimentación, en la estabilidad de las presas de hormigón de gravedad, se han estimado las leyes de subpresión en todas las secciones de control. La siguiente imagen presenta las leyes de subpresión en los bloques 2, 4 y 6. En el Anejo N° 1 se encuentran dibujadas las subpresiones en todas las secciones de control.

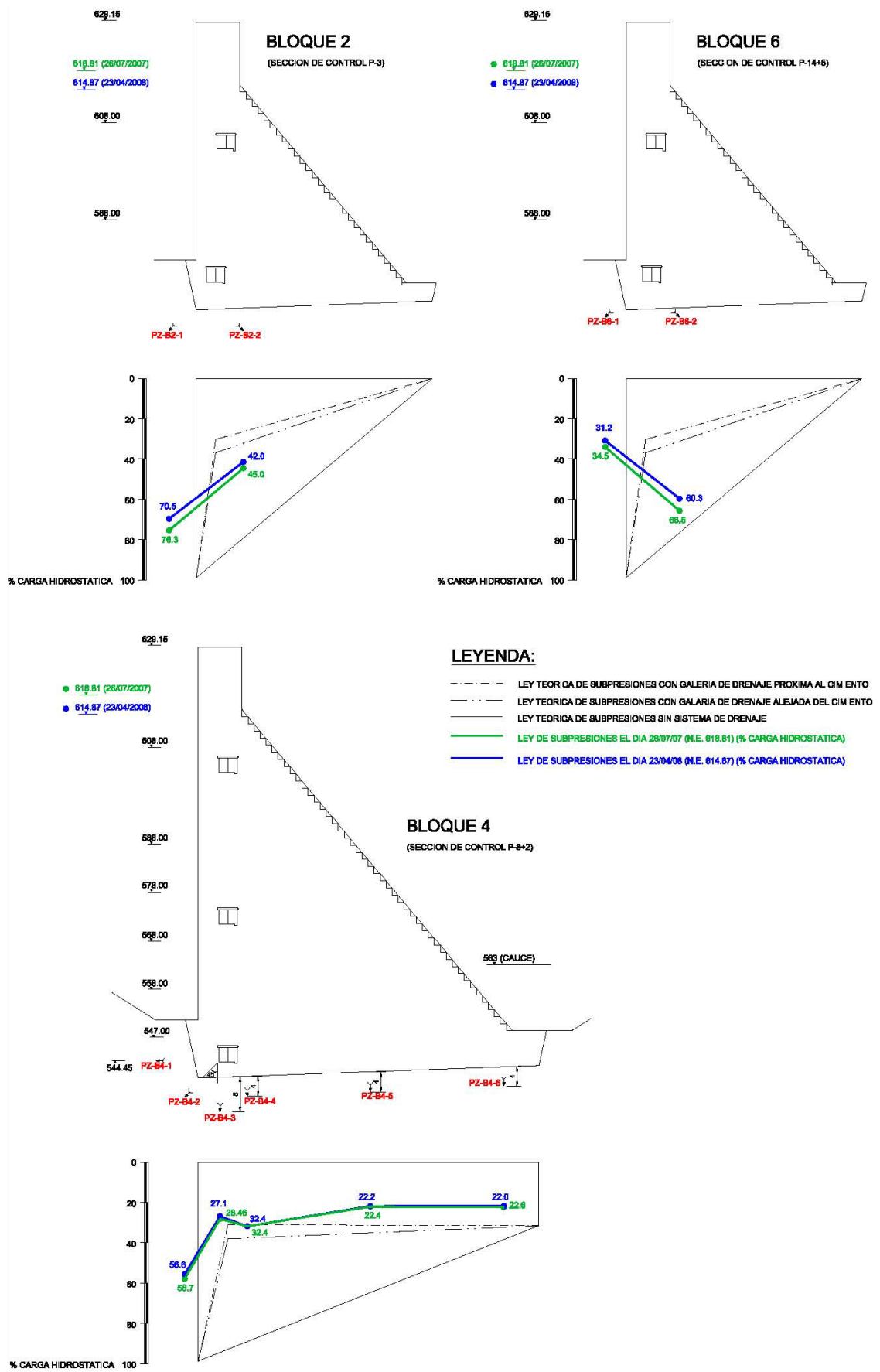


Imagen. Leyes de subpresión en las secciones de control de la presa

Tras analizar las subpresiones en toda la presa, se concluye que:

- Las presiones registradas en la cimentación de la zona central de la presa (bloques 3, 4 y 5) son bajas e inferiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
- El sistema de drenaje es eficiente en la zona central de la presa (bloques 3, 4 y 5), ya que existe una reducción significativa entre las subpresiones leídas aguas arriba y aguas abajo del mismo.
- Las presiones leídas en la cimentación de las secciones cercanas a los estribos, sección de control P-3 ubicada en el bloque 2 y sección de control P-14+5 ubicada en el bloque 6, son superiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
- El sistema de drenaje del bloque 2 de la presa presenta cierta ineficacia, aunque se aprecia una reducción significativa de las subpresiones aguas arriba y aguas abajo de los drenes, estas subpresiones siguen siendo mayores a las teóricas de cálculo.
- Existe ineficacia en los drenes del bloque 6 de la presa, ya que la pendiente de las subpresiones es creciente desde aguas arriba hacia aguas abajo del sistema de drenaje.

8.2.3 Desplazamientos del terreno bajo cimentación Extensómetros de varillas

Existe un total de 6 extensómetros de 3 varillas para controlar los movimientos: en dirección vertical (extensómetros instalados en sondeos verticales realizados en los bloques B-3, B-4 y B-5) y horizontal (extensómetros instalados en sondeos sub-horizontales realizados en los bloques B-4 y B-5) del pie de aguas arriba de la presa.

Para facilitar el análisis y seguimiento de los desplazamientos medidos en la cimentación, se han elaborado:

- Gráficos de la evolución temporal de los extensómetros de varillas (Anejo N° 2, gráficos D1 a D6)

- Planos con la ubicación de los extensómetros en las secciones de control (Anejo N° 1, Planos de 1 a 5).
- Modelación estadística de los extensómetros, los cuales se pueden encontrar en el Anejo N° 6.

A continuación se resumen las principales observaciones deducidas del análisis de los datos y gráficos obtenidos:

- Se dispone de datos automáticos y de frecuencia diaria desde el 01 de enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2008.
- Únicamente los extensómetros denominados EV-B5-3-A1 y EV-B5-3-A3 registran lecturas inconsistentes, por ello se consideran no fiables.
- No se han producido desplazamientos verticales ni horizontales considerables en la cimentación. La tabla siguiente presenta los mayores rangos de desplazamiento registrados por los extensómetros a partir del 10 de enero de 2007.

Extensómetro	Desplazamiento (mm.)	Extensómetro	Desplazamiento (mm.)
EV-B3-1-A1	0,010 / -0,040	EV-B5-1-A1	0,624 / -0,065
EV-B3-1-A3	0,009 / -0,010	EV-B5-1-A2	0,102 / -0,007
EV-B4-1-A1	0,012 / -0,267	EV-B5-1-A3	0,292 / -0,007
EV-B4-1-A2	0,024	EV-B5-2-A1	1,709 / -0,090
EV-B4-1-A3	0,200 / -0,002	EV-B5-2-A2	0,106 / -1,433
EV-B4-2-A1	-0,022	EV-B5-2-A3	1,038 / -0,071
EV-B4-2-A2	0,012 / -0,012	EV-B5-3-A2	20,530
EV-B4-2-A3	-0,020		

Nota:

- Los extensómetros EV-B4-1 y EV-B5-1 son horizontales y están situados aguas arriba.
- El extensómetro EV-B5-3 es vertical y está situado aguas abajo.
- El resto de los extensómetros son verticales y están situados aguas arriba.
- La lectura tomada como origen para los desplazamientos es la de fecha 10-01-2007
- Los desplazamientos positivos corresponden a ascensos (cimentación) o movimientos hacia aguas abajo en los extensómetros horizontales

Tabla. Resultados de los Extensómetros

- En general, las lecturas registradas por los extensómetros de varilla tienen poca variabilidad al transcurrir el tiempo, es decir, los datos registrados oscilan en un rango muy pequeño para un mismo instrumento.
- Se han obtenido modelos estadísticos aceptables en la mayoría de extensómetros de varillas analizados.
- El comportamiento de los extensómetros está influenciado principalmente por las oscilaciones de nivel de embalse y en algunos casos también por las variaciones térmicas anuales.
- Resulta difícil a día de hoy establecer conclusiones sobre los extensómetros de varilla, ya que es necesario contar con una serie de datos más extensa para poder parametrizar su comportamiento.

8.2.4 Medidores de juntas internas

Este control se realiza actualmente a través de 3 medidores de juntas internos, instalados entre los bloques 2-3, 5-6 y 6-7 en la galería inferior de la presa.

Con la finalidad de facilitar el seguimiento de los medidores de juntas internos se han elaborado:

- Gráficos de la evolución temporal de los cierres y aperturas de juntas (Anejo N° 2).
- Plano de localización del sistema de auscultación (Plano N° 7 del Anejo N° 1).

A continuación se resumen las principales observaciones deducidas del análisis de los datos y gráficos obtenidos:

- De los diez medidores de juntas internos instalados en la presa, sólo se dispone de lecturas de tres de ellos (MJ123-G3, MJ156-G3 y MJ167-G3)
- La serie de datos disponible comprende el período entre enero y diciembre de 2008.

- Se obtuvieron ajustes estadísticos aceptables con los registros de los medidores de juntas internos, a pesar de contar con una serie de datos corta.
- Los valores medidos de las juntas están influenciados claramente por la onda térmica, presentando aberturas en los meses de invierno – primavera y cierres en verano – otoño.

8.2.4 Control Térmico

Para este control existen termorresistencias embebidas en el hormigón distribuidas a lo largo de las secciones de control de la presa.

Para realizar el análisis se disponen de datos automáticos y de frecuencia diaria desde el 01 de enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2008.

Con el objeto de facilitar el análisis y seguimiento de los termómetros se han elaborado:

- Gráficos de la evolución temporal de los termómetros. Ver Anejo N° 2, gráficos E1 a E7.
- Planos de localización de las termorresistencias. (Anejo N° 1, Planos de 1 a 5).
- Gráficos y ajustes de los modelos estadísticos que se presentan en el Anejo N° 6.

A continuación se resumen las principales observaciones deducidas del análisis de los datos y gráficos obtenidos:

- Los datos de los termómetros T-B5-0, T-B5-1 y T-B5-2, presentan dos saltos bruscos injustificados en las fechas 01-03-2007 y 19-09-2007 que hacen difícil realizar un buen ajuste estadístico.
- Los desfases existentes en el tiempo, entre la temperatura pico del aire y la mayor registrada por los termómetros embebido en el hormigón son muy difíciles de interpretar en su conjunto.

- En general, se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes termómetros situados en el cuerpo de la presa.
- En general, los rangos de variaciones entre la temperatura mayor y la menor registradas por todas las termorresistencias embebidas en el hormigón, son relativamente pequeñas, y debido a este comportamiento es razonable suponer que la susceptibilidad térmica tiene un alcance limitado en el cuerpo de presa.
- En todas las secciones analizadas, los mayores cambios de temperatura se registran en los termómetros que se encuentran a cota 608,00 m.s.n.m. (más cercanos a la coronación de la presa) y oscilan en un rango entre 3 y 4 grados Celsius, mientras los que se encuentran en el cuerpo y cerca de cimentación presentan variaciones menores a 2 grados Celsius.

8.2.5 Control de movimientos horizontales mediante péndulos

Existen instalados en la presa 3 conjuntos de telepéndulos en los bloques 3, 4 y 6, que debido a la altura de las secciones fue necesario combinar el conjunto péndulo directo e invertido para obtener movimientos absolutos de la presa.

Con la finalidad de conocer y analizar los movimientos horizontales, tanto radiales como tangenciales, ocurridos en la presa y registrados por los péndulos invertidos y directos, se han elaborado: los gráficos F1 a F11 correspondientes al Anejo N° 2, los modelos estadísticos de cada instrumento que se muestran en el Anejo N° 6, la base de datos con los valores registrados por los instrumentos y el plano N° 7 (Anejo N° 1) que presenta la situación de los equipos en la presa.

A continuación se resumen las principales observaciones y conclusiones sobre el comportamiento de la presa, deducidas del análisis de datos, modelos estadísticos y gráficos realizados:

- Los datos disponibles de péndulos son desde el enero de 2007 hasta diciembre de 2008, son lecturas automáticas y de frecuencia diaria.

- En general, las lecturas realizadas por los péndulos inversos son inconsistentes y de difícil interpretación, por esta razón no se ha podido obtener los movimientos absolutos en cada bloque y tampoco ha sido posible calcular modelos estadísticos aceptables en la mayoría de los equipos.
- Los modelos estadísticos obtenidos con los datos registrados por los péndulos directos, tanto en las lecturas radiales como en las tangenciales, son bastante buenos y robustos.
- Los movimientos horizontales de los bloques están influenciados por la combinación de las variables exteriores, nivel de embalse y temperatura.
- Las lecturas radiales de todos los bloques instrumentados con péndulos directos (B3, B4 y B6) se comportan similarmente, respondiendo a la combinación de las variables exteriores de la siguiente manera, desplazamientos hacia aguas abajo cuando el nivel de embalse aumenta y la temperatura disminuye, y movimientos hacia aguas arriba por la combinación opuesta de las variables exteriores.
- Las lecturas radiales de los péndulos directos presentan movimientos irreversibles de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo que varían entre 0,22 y 0,50 mm. al año, corroborados por los modelos estadísticos de colimación, que si bien no son alarmantes a fecha de hoy requieren una especial atención.
- En general, el comportamiento de las lecturas tangenciales en la presa responde a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura), aunque en los modelos estadísticos el efecto térmico explica de mejor manera el movimiento hacia cada estribo.
- Los bloques B3 y B4 presentan un comportamiento similar en los movimientos tangenciales, es decir, ambos se desplazan hacia el estribo izquierdo desde invierno hasta mediados de primavera y hacia el estribo derecho entre las estaciones de verano y mediado de otoño.

- Los movimientos tangenciales del bloque B6 han tenido el siguiente comportamiento, desplazamientos hacia el estribo derecho entre mediados de invierno y comienzos de verano, y movimientos hacia el estribo izquierdo entre otoño y primavera.

8.2.6 Control Topográfico (Nivelación, Colimación y Triangulación Geodésica)

Para conocer y analizar los desplazamientos verticales en coronación, la evolución temporal de los movimientos horizontales de la presa y, los desplazamientos radiales y tangenciales por triangulación geodésica obtenidos en las campañas topográficas, se realizaron los gráficos G1 a G11 correspondientes al Anejo N° 2, los valores leídos en campo que se presentan en el Anejo N° 3 y los planos que se muestran en el Anejo N° 1.

Todos los gráficos realizados tienen por origen la campaña realizada en junio de 2000.

También se han realizado algunos modelos estadísticos de colimación en pilares de los bloques significativos, dichos ajustes se presentan en el Anejo N° 6.

Es importante mencionar que se han realizado exhaustivas campañas topográficas en la presa, más de cuatro al año, entre el período 2000 - 2006 y dos anuales a partir de 2007.

8.2.6.1 Nivelación

Tras un estudio detallado de los gráficos de nivelación se puede decir que:

- El mayor izamiento se ha registrado en el bloque 7 el día 8 de julio de 2003 y fue de 3,41 mm.
- El mayor asentamiento registrado fue de 4,98 mm. y se produjo en el bloque 5 el día 18 de febrero de 2009.
- Los mayores movimientos verticales se producen en el centro de la presa, en los bloques 4 y 5.

- En general, los movimientos verticales de la presa han sido pequeños y han evolucionado con normalidad desde la primera campaña topográfica de la cual se tienen mediciones (08-06-2000), dependiendo básicamente de los ciclos anuales de temperatura, con izamientos debidos a dilatación térmica y asentamientos producidos por el efecto contrario.

8.2.6.2 Colimación

Es importante acotar que las lecturas de referencia con las cuales se ha realizado el análisis tanto de colimación como de triangulación geodésica, corresponden a junio de 2000 y coinciden con el primer llenado de la presa.

Después de analizar los gráficos y modelos estadísticos de colimación se deduce que:

- En general, los desplazamientos radiales de la coronación de la presa han respondido a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura) de la siguiente manera; los movimientos hacia aguas arriba corresponden con los descensos de nivel de embalse y ascensos de la temperatura ambiental, y los movimientos hacia aguas abajo coinciden con las mayores cotas de agua y los descensos de temperatura.
- El rango de mayor movimiento relativo hacia aguas abajo se registró en el bloque 3 y fue de 32,18 mm., en la campaña realizada en enero de 2008, cuando el nivel de embalse estaba a cota 618,28 m.s.n.m. y la temperatura del ambiente era de 1 ° C.
- El rango de menor movimiento relativo hacia aguas abajo se registró en el bloque 3, y fue de 24,03 mm., en la campaña topográfica realizada en julio de 2006, cuando el nivel de embalse estaba a cota 614,04 m.s.n.m. y la temperatura del aire a 28,5 ° C.
- Los modelos estadísticos de colimación, realizados en los bloques centrales de la presa, presentan en promedio un movimiento radial irreversible en el tiempo hacia aguas abajo de 0,64 mm al año.

8.2.6.3 Triangulación Geodésica

Tras un análisis de los gráficos de triangulación geodésica se concluye que:

- El comportamiento de los desplazamientos radiales coinciden con lo deducido en el apartado anterior (colimación), es decir, que los movimientos responden a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura) de la siguiente manera; los movimientos relativos hacia aguas arriba corresponden con los descensos de nivel de embalse y ascensos de la temperatura ambiental, y los movimientos relativos hacia aguas abajo coinciden con las mayores cotas de agua y los descensos de temperatura.
- A continuación se presentan los movimientos registrados por la triangulación geodésica en el bloque 3 y fechas similares a las analizadas en colimación:
 - El 17 de enero de 2008 se registró un movimiento relativo de 22,56 mm. hacia aguas abajo.
 - El 26 de julio de 2006 se leyó un desplazamiento relativo de 19,35 mm. hacia aguas abajo.
- En general, los movimientos tangenciales al igual que los radiales dependen de la combinación de las variables exteriores (temperatura del aire y nivel de embalse) comportándose de la siguiente manera, desplazamientos hacia la margen izquierda cuando la temperatura ambiente es alta y el nivel de embalse es bajo; y un movimiento hacia la margen derecha debido a la combinación opuesta de las variables exteriores.
- El rango de mayor desplazamiento relativo hacia la margen izquierda se registró en junio de 2006 cuando el nivel de embalse estaba a 614,12 m.s.n.m. y la temperatura del aire en 30° C.; en cambio, el rango de mayor movimiento relativo hacia la margen derecha se presentó en abril de 2004 mientras el nivel era de 617,50 m.s.n.m. y la temperatura ambiente de 11° C. La siguiente Tabla presenta los desplazamientos de cada bloque en las fechas mencionadas.

Fecha	Desplazamientos (mm.)				
	B2	B3	B4	B5	B6
26-06-2006	4,24	3,49	0,78	0,96	-2,44
06-04-2004	2,59	0,53	-2,00	-3,26	-6,75

Nota: Las lecturas positivas (+) corresponden a movimientos hacia la margen izquierda y las negativas (-) hacia la margen derecha

Tabla. Resultados de Triangulación Geodésica. Lecturas tangenciales

9. CONCLUSIONES

A la vista del análisis expuesto en los capítulos anteriores y considerando la tipología de la presa, sus características, el comportamiento de la misma durante el período en estudio y su antigüedad, se indican las siguientes conclusiones generales, las cuales se han clasificado en 4 grupos como se presenta a continuación.

1. Sobre las lecturas de instrumentos disponibles y el estado actual del sistema de auscultación instalado:
 - a. Todos los datos utilizados en el presente informe son automáticos de frecuencia diaria y han sido extraídos de la base de datos del Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) y de la remota de la presa de El Val; a excepción de los controles topográficos realizados.
 - b. En general, los datos registrados por los péndulos inversos son inconsistentes y dispersos.
 - c. Actualmente, se encuentran operativos un 55% de los instrumentos instalados en la presa y de ellos el 89% de sus lecturas son fiables. La tabla siguiente presenta un resumen de la operatividad y fiabilidad de cada aparato.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Balanza de presión hidrostática (SAIH) y escala limnimétrica graduada	2	100%	100%
Termómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Evaporímetro, anemómetro	2	100%	100%
Aforadores triangulares tipo Thomson	4	100%	100%
Piezómetros de cuerda vibrante (cimentación)	22	91%	95%
Piezómetros de cuerda vibrante (juntas de construcción)	10	70%	100%
6 Extensómetros de 3 varillas	18	94%	88%
Péndulos directos	12	100%	100%

- e. Los modelos estadísticos conseguidos en los aforadores analizados son aceptables y su comportamiento está influenciado por las oscilaciones del nivel de embalse y las precipitaciones.
- f. El aforador denominado AF-572-MD ubicado en la margen derecha de la galería intermedia, es el único que presenta efecto irreversible de acumulados en el tiempo con un caudal de 2,94 l/min. al año
- g. Los modelos estadísticos obtenidos con los datos de los piezómetros de cuerda vibrante ubicados en cimentación y en las juntas son bastante buenos, y están únicamente influenciados por la carga hidrostática.
- h. Ninguno de los piezómetros analizados presenta efecto irreversible de acumulados en el en el tiempo.
- i. Las presiones registradas en la cimentación de la zona central de la presa, bloques B3, B4 y B5 son bajas e inferiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
- j. Las presiones leídas en la cimentación de las secciones cercanas a los estribos, sección de control P-3 ubicada en el bloque 2 y sección de control P-14+5 ubicada en el bloque 6, son superiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
- k. En general, las lecturas registradas por los extensómetros de varilla tienen poca variabilidad al transcurrir el tiempo, es decir, los datos registrados oscilan en un rango muy pequeño para un mismo instrumento.
- l. No se han producido desplazamientos verticales ni horizontales considerables en la cimentación.
- m. Resulta difícil a día de hoy analizar los extensómetros de varilla, ya que es necesario contar con una serie de datos más extensa para poder parametrizar su comportamiento.

- n. Los valores de apertura y cierre de juntas verticales registrados por los medidores de juntas internos de cuerda vibrante, están influenciados únicamente por la onda térmica, presentando aberturas en los meses de invierno – primavera y cierres entre verano – otoño.
- o. Los desfases existentes en el tiempo, entre la temperatura pico del aire y la mayor registrada por los termómetros embebido en el hormigón son muy difíciles de interpretar en su conjunto.
- p. En general, los rangos de variación entre la temperatura mayor y la menor registrada por todas las termorresistencias embebidas en el hormigón, son relativamente pequeñas, y debido a este comportamiento es razonable suponer que la susceptibilidad térmica tiene un alcance limitado en el cuerpo de presa.
- q. Los modelos estadísticos obtenidos con los datos registrados por los péndulos directos, tanto en las lecturas radiales como en las tangenciales, son bastante buenos y robustos.
- r. Las lecturas radiales de todos los bloques instrumentados con péndulos directos (B3, B4 y B6) se comportan similarmente, respondiendo a la combinación de las variables exteriores de la siguiente manera, desplazamientos hacia aguas abajo cuando el nivel de embalse aumenta y la temperatura disminuye, y movimientos hacia aguas arriba por la combinación opuesta de la variables exteriores; confirmando las lecturas realizadas por el control topográfico.
- s. Las lecturas radiales de los péndulos directos presentan movimientos irreversibles de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo que varían entre 0,22 y 0,50 mm. al año.
- t. En general, el comportamiento de las lecturas tangenciales de los péndulos directos en la presa responde a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura), aunque en los modelos estadísticos el efecto térmico explica de mejor manera el movimiento hacia cada estribo.

- u. Los bloques B3 y B4 presentan un comportamiento similar en los movimientos tangenciales de los péndulos directos, es decir, ambos se desplazan hacia el estribo izquierdo desde el invierno hasta mediados de primavera y hacia el estribo derecho entre las épocas de verano y mediados de otoño.
- v. Los movimientos tangenciales del bloque B6 han tenido el siguiente comportamiento, desplazamientos hacia el estribo derecho entre mediados de invierno y comienzos de verano, y movimientos hacia el estribo izquierdo entre otoño y primavera.
- w. En general, las lecturas realizadas por los péndulos inversos son inconsistentes y de difícil interpretación, por esta razón no se ha podido obtener los movimientos absolutos en cada bloque y tampoco ha sido posible calcular modelos estadísticos aceptables en la mayoría de los equipos.
- x. En general, los movimientos verticales de la presa, según nivelación, han sido pequeños y han evolucionado con normalidad desde la primera campaña topográfica de la cual se tienen mediciones (08-06-2000), dependiendo básicamente de los ciclos anuales de temperatura, con izamientos debidos a dilatación térmica y asentamientos producidos por el efecto contrario.
- y. Los mayores movimientos verticales se producen en el centro de la presa, en los bloques 4 y 5.
- z. En general, los desplazamientos radiales de la presa, según colimación y triangulación geodésica, han respondido a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura) de la siguiente manera; los movimientos relativos hacia aguas arriba corresponden con los descensos de nivel de embalse y ascensos de la temperatura ambiental, y los movimientos hacia aguas abajo coinciden con las mayores cotas de agua y los descensos de temperatura.

- aa. Al igual que los péndulos directos, los modelos estadísticos de los movimientos radiales, según colimación, presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo de 0,64 mm. al año.
- bb. En general, los movimientos tangenciales, según triangulación geodésica, dependen de la combinación de las variables exteriores (temperatura del aire y nivel de embalse) comportándose de la siguiente manera, desplazamientos hacia la margen izquierda cuando la temperatura ambiente es alta y el nivel de embalse desciende; y movimientos hacia la margen derecha debido a la combinación opuesta de las variables exteriores.

3. Sobre la inspección realizada:

- a. En la inspección realizada no se detectó ninguna anomalía en la presa.
- b. Las canaletas ubicadas entre las galerías inferior e intermedia del estribo derecho y que se encargan de conducir las filtraciones de esa zona de la presa hasta el aforador AF-544-MD, se encuentran en mal estado y no están conectadas entre sí, por ello el caudal proveniente de las filtraciones y de los drenes transita por el suelo, hasta llegar al aforador; a diferencia de lo observado en las galerías del estribo izquierdo donde las canaletas se encuentran en buen estado.

4. Sobre la seguridad de la presa:

- a. En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques cercanos a los estribos, es una anomalía caracterizada en la presa y debe seguirse con especial atención, dada la importancia de esta fuerza desestabilizadora en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad; no pudiéndose descartar que el origen de estas altas subpresiones esté vinculado a alimentaciones de caudal procedentes de ambos estribos.

También, el hecho que los modelos estadísticos de colimación topográfica y péndulos directos muestren un leve movimiento irrecuperable en el tiempo

hacia aguas abajo de la presa, si bien no es un hecho alarmante a día de hoy, requiere de un minucioso seguimiento.

Igualmente, la tendencia irreversible al aumento de caudales medidos por el aforador AF-572-MD precisa de una especial observación.

10. PROGRAMA DE LECTURAS RECOMENDADO.

A partir de los datos de auscultación y la inspección realizada a la presa, es conveniente mantener un programa de mediciones, ya que es preciso contrastar las lecturas obtenidas de forma automática y las manuales, confirmando las precisiones de los distintos elementos de control.

De los sensores que están conectados al sistema automático de medición se registran lecturas diarias y se debe verificar que estos almacenen también la información.

Las lecturas manuales se realizarán de todos los aparatos y sistemas que no precisen el desmontaje del sensor automático para realizar dicha lectura manual. Estos datos se almacenan en la aplicación SIGAP proporcionada por la Dirección General del Agua desarrollada por el CEDEX.

Las frecuencias establecidas a continuación corresponden a un estado normal y estable de las diferentes variables a estudiar. La elaboración de este Plan se ha realizado atendiendo a las recomendaciones del COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS. En caso de registrar datos anómalos convendría duplicar las frecuencias y si la situación continuase, se realizarán las lecturas diariamente. A continuación se indica el programa de toma de lecturas manuales:

- Filtraciones: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Piezómetros de cuerda vibrante en cimentación: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Piezómetros de cuerda vibrante en juntas: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Apertura de las juntas horizontales: lectura semanal (actualmente no se realiza)
- Péndulos directos: lecturas quincenales (actualmente no se realizan)

- Nivelación, colimación y triangulación geodésica: una campaña cada seis (6) meses, a realizar coincidiendo con el mes más caluroso y el más frío (este control se realiza actualmente)

Siempre que se produzca una avenida importante, o un movimiento sísmico en la zona que sea superior al grado 6 en la escala MKS, o se detecte un comportamiento anómalo en la presa, se deberá realizar inmediatamente una campaña general de toma de lecturas con los aparatos de auscultación y proceder a un análisis inmediato de la información obtenida.

11. RECOMENDACIONES

De acuerdo con todo lo indicado en el presente informe se dan las recomendaciones siguientes:

1. Debe continuarse analizando las variables de auscultación de la presa y comprobándose el correcto comportamiento de ésta, así como el buen funcionamiento del sistema de auscultación. Es decir, continuar e intensificar en la medida de lo posible la auscultación del comportamiento de la presa.
2. Efectuar el programa de mediciones que se incluye en el capítulo 10, ya que actualmente no se toman lecturas manuales para comparar con las automáticas y verificar el correcto funcionamiento de las mismas.
3. Es importante llevar a cabo un especial seguimiento a la evolución de los instrumentos que se presentan en la siguiente Tabla, ya que actualmente son los que auscultan el comportamiento caracterizado en la presa.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Aforadores	AF-572- MD	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005, presenta tendencia irrecuperable de aumento de caudales y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en el estribo derecho o en el cuerpo de la presa (fisuración o agrietamiento).
	AF-572- MI AF-544- (MD,MI)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005 y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo, en la cimentación o estribos de la presa (AF-572-MI ubicado en la galería intermedia y AF-544-MD y MI situados en la galería inferior).
Piezómetros	PZ-B2- (1,2) PZ-B6- (1,2)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas que realizan estos piezómetros son fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PZ-B3- (1,2,4,5) PZ-B4- (1,2,3,4,5,6) PZ-B5- (2,3,4,5,6)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007 y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	EV-B3-1- A(1,3) EV-B4-1- A(1,2,3) EV-B4-2- A(1,2,3) EV-B5-1- A(1,2,3) EV-B5-2- A(1,2,3) EV-B5-3- A2	Se dispone de registros fiables de estos extensómetros desde enero de 2007. Además, estas lecturas serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Péndulos directos	PD-B3- (2,3)R PD-B4- (2,3)R PD-B6- 3R	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, presentan movimiento irreversible de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
	PD-B6- 2R	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007 y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Medidores de juntas internas	MJI- 23-G3 MJI- 56-G3 MJI- 67-G3	Se dispone de registros fiables de aperturas de juntas desde enero de 2007. Además, estas lecturas serían las indicativas de un comportamiento anómalo entre los bloques de la presa.
Nivelación topográfica	Pilares N4 a N15	Se dispone de lecturas fiables desde julio de 2008, estos desplazamientos verticales serían indicativos de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Colimación topográfica	Pilares N4 a N12	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2004, permiten controlar la evolución de movimientos irreversibles hacia aguas abajo y se tiene fiabilidad en las lecturas topográficas.

Tabla. Instrumentos a seguir exhaustivamente.

Valencia, Junio de 2009.

CUADRO RESUMEN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES EXTRAÍDOS DEL INFORME ANUAL DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE EL VAL. PERÍODO 01-04-2005 AL 31-12-2008

VISTA FRONTAL DE LA PRESA DE EL VAL



OPERATIVIDAD Y FIABILIDAD DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN A FECHA 31-12-2008

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Balanza de presión hidrostática (SAIH) y escala limnimétrica graduada	2	100%	100%
Termómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Evaporímetro, anemómetro	2	100%	100%
Aforadores triangulares tipo Thomson	4	100%	100%
Piezómetros de cuerda vibrante (cimentación)	22	91%	95%
Piezómetros de cuerda vibrante (juntas)	10	70%	100%
6 Extensómetros de 3 varillas	18	94%	88%
Péndulos directos	12	100%	100%
Péndulos inversos	8	100%	38%
Medidores de juntas internos	10	30%	100%
Ternas de bases para medida con deformómetro	12	0%	-
Medidores tridimensionales	12	0%	-
Extensómetros de cuerda vibrante	40	0%	-
Climómetros	11	0%	-
Termorresistencias (termómetros)	58	66%	82%
Clavos / bases mixtas de colimación y nivelación	12	100%	100%
Bases de nivelación	8	50%	100%
Triangulación geodésica	6	100%	100%
TOTAL PUNTOS DE CONTROL:	249	55%	89%

INSTRUMENTOS A SEGUIR EXHAUSTIVAMENTE

INSTRUMENTO	CODIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO	MOTIVO POR EL CUAL SE DEBE VIGILAR EL INSTRUMENTO
Aforadores	AF-572- MD AF-544- (MD,MI)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005, presenta tendencia irreparable de aumento de caudales y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un mal comportamiento en el estribo derecho o cuerpo de presa.
Piezómetros de cuerda vibrante	PZ-B2- (1,2) PZ-B6- (1,2) PZ-B3- (1,2,4,5) PZ-B4- (1,2,3,4,5,6) PZ-B5- (2,3,4,5,6)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005 y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo o en la cimentación de la presa.
Extensómetros de varillas	EV-B3-1- A(1,3) EV-B4-1- A(1,2,3) EV-B4-2- A(1,2,3) EV-B5-1- A(1,2,3) EV-B5-2- A(1,2,3)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, registran subpresiones superiores a las de cálculo y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
Péndulos directos	PD-B3- (2,3)R PD-B4- (2,3)R PD-B6- 3R	Se dispone de registros fiables de estos extensómetros desde enero de 2007. Además, estas lecturas serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
Medidores de juntas internas	MJI- 56-G3 MJI- 67-G3	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, presentan movimiento irreversible de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Nivelación topográfica	Pilares N4 a N15	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007 y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Colimación topográfica	Pilares N4 a N12	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2004, permiten controlar la evolución de movimientos irreversibles hacia aguas abajo y se tiene fiabilidad en las lecturas topográficas.

CONCLUSIONES MÁS IMPORTANTES DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE EL VAL

FILTRACIONES

En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda son inferiores a las medidas en la margen derecha, tanto en la galería inferior como en la intermedia; y su comportamiento está influenciado por las oscilaciones del nivel de embalse y las precipitaciones.

El aforador AF-572-MD (galería intermedia) presenta efecto irreversible de filtraciones acumuladas en el tiempo del orden de 2,94 l/min. al año

SUBPRESIONES

Las presiones registradas en la cimentación de la zona central de la presa (bloques 3, 4 y 5) son bajas e inferiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.

Las presiones leídas en la cimentación de las secciones cercanas a los estribos, sección de control P-3 ubicada en el bloque 2 y sección de control P-14+5 situada en el bloque 6, son mayores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.

EXTENSÓMETROS DE VARILLA

En general, las lecturas registradas por los extensómetros de varilla tienen poca variabilidad al transcurrir el tiempo, es decir, los datos registrados oscilan en un rango muy pequeño para un mismo instrumento, por ello no se han producido desplazamientos verticales ni horizontales considerables en la cimentación.

PÉNDULOS DIRECTOS

Las lecturas radiales de todos los bloques instrumentados con péndulos directos (B3, B4 y B6) se comportan similarmente, respondiendo a la combinación de las variables exteriores de la siguiente manera: desplazamientos hacia aguas abajo cuando el nivel de embalse aumenta y la temperatura disminuye, y movimientos hacia aguas arriba por la combinación opuesta de las variables exteriores.

Las lecturas radiales de los péndulos directos presentan movimientos irreversibles (acumulados en el tiempo) hacia aguas abajo que varían entre 0,22 y 0,50 mm. al año.

MEDIDORES DE JUNTAS INTERNOS

Los valores medidos de las juntas están influenciados claramente por la onda térmica, presentando aberturas en los meses de invierno – primavera y cierres en verano – otoño.

TERMÓMETROS EMBEBIDOS EN EL HORMIGÓN

En general, los rangos de variación entre la temperatura mayor y la menor registrada por todas las termorresistencias embebidas en el hormigón, son relativamente pequeñas, y debido a este comportamiento es razonable suponer que la susceptibilidad térmica tiene un alcance limitado en el cuerpo de presa.

CONTROL TOPOGRÁFICO

En general, los movimientos verticales de la presa han sido pequeños y han evolucionado con normalidad desde la primera campaña topográfica de la cual se tienen mediciones (08-06-2000), dependiendo básicamente de los ciclos anuales de temperatura, con izamientos debidos a dilatación térmica y asentamientos producidos por el efecto contrario.

Los desplazamientos radiales de la presa, según colimación y triangulación geodésica, han respondido a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura) de la misma manera que los movimientos registrados por los péndulos directos.

Los modelos estadísticos de colimación, realizados en los bloques centrales de la presa, presentan en promedio un movimiento radial irreversible en el tiempo hacia aguas abajo de 0,64 mm al año

SEGURIDAD

En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques cercanos a los estribos, es una anomalía caracterizada en la presa y debe seguirse con especial atención, dada la importancia de esta fuerza desestabilizadora en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad, no pudiéndose descartar que el origen de estas altas subpresiones esté vinculado a alimentaciones de caudal procedentes de ambos estribos.

También, el hecho que los modelos estadísticos de colimación topográfica y péndulos directos muestren un leve movimiento irreparable en el tiempo hacia aguas abajo de la presa, si bien no es un hecho alarmante a día de hoy, requiere de un minucioso seguimiento.

Igualmente, la tendencia irreversible al aumento de caudales medidos por el aforador AF-572-MD precisa de una especial observación.

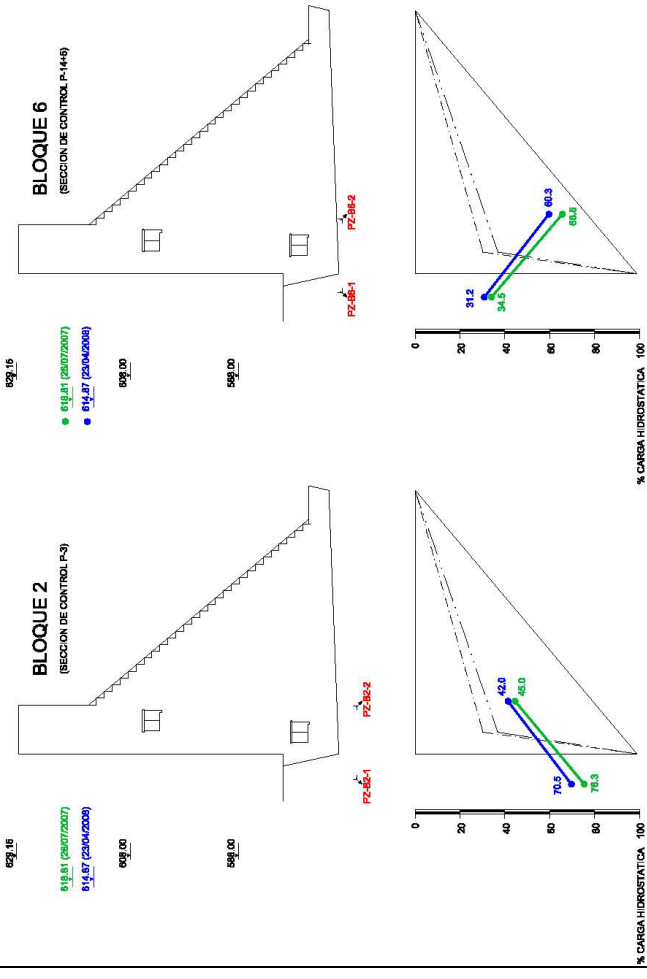
IMÁGENES IMPORTANTES

IMÁGENES TOMADAS EL DÍA DE LA VISITA A LA PRESA 09-09-2008



Vista Frontal de la roca del estribo derecho
Acceso entre galerías sin drenes ni canalatas conectadas, estribo derecho.

ESTIMACIÓN DE LAS LEYES DE SUBPRESIÓN

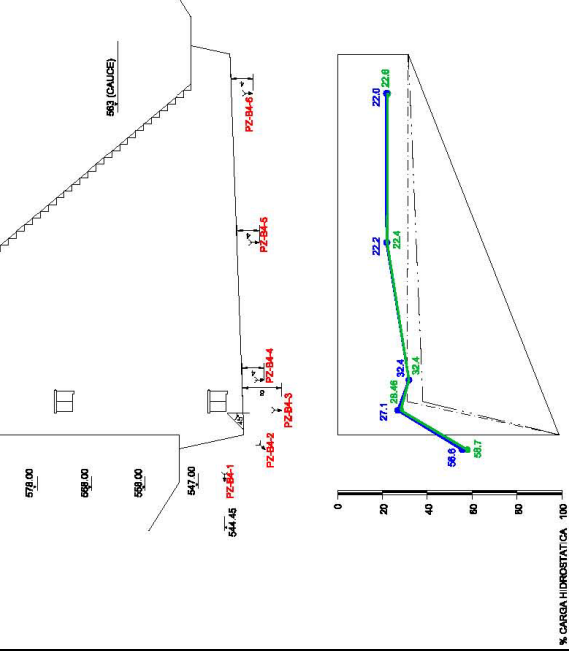


LEYENDA:

- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE PRÓXIMA AL CEMENTO
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE AJENA AL CEMENTO
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES EN SISTEMA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 20/07/07 (N.E. P18.8) (% CARGA HIDROSTÁTICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 23/04/08 (N.E. P14.8) (% CARGA HIDROSTÁTICA)

BLOQUE 4

(SECCIÓN DE CONTROL P-14+5)



% CARGA HIDROSTÁTICA 100

4.2.2 Identificación Personal de Modos de Fallo de la Presa de El Val y su Vinculación con el Sistema de Auscultación

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

PRESA DE VAL

ENTREGADO EN FECHA: 01-09-2009

PROTOCOLO PARA EL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO EN SISTEMAS PRESA-EMBALSE

Participante:	Luis Antonio García Kabbabe
Profesión:	Ingeniero Civil
Cargo:	

Facilitador:	
Fecha:	Septiembre de 2009
Lugar:	Universidad Politécnica de Valencia

2. FICHA TÉCNICA DE LA PRESA

Características de la Presa			
Tipo	Gravedad de hormigón compactado con rodillo	Ancho de Coronación (m)	8,50
Planta	Recta	Número de Bloques	8
Cota de Coronación (m.s.n.m.)	629,15	Longitud de bloques (m)	20 m + 55,75 m + 64,25 m + 4 x 60 m + 20 m
Cota de Cimientos (m.s.n.m.)	539,00	Talud Aguas Arriba (H:V)	Vertical
Cota de Cauce (m.s.n.m.)	563,00	Talud Aguas Abajo (H:V)	Escalonado. Talud medio 0,8:1
Altura sobre Cimiento (m)	90,00	Geología de la Cerrada:	Formaciones de conglomerados terciarios, aquitanienses, de varios centenares de metros de potencia. Es decir, conglomerados muy cementados, con lentejones areniscosos.
Altura sobre Cauce (m)	66,00		
Longitud de Coronación (m)	400,00		

Características del Embalse			
Nivel Máximo Normal NMN (m.s.n.m.)	620,00	Superficie de Cuenca vertiente (Km²)	36
Nivel de Avenida de Proyecto NAP (m.s.n.m.)	623,65	Superficie de Embalse a NMN (Ha)	100,80
Nivel de Avenida Extrema NAE (m.s.n.m.)	626,41	Volumen de Embalse a NMN (Hm³)	24,20

Características del Aliviadero			
Tipo	Labio fijo, sin control	Vanos	2 de 9 m. de ancho cada uno
Situación	Bloque 4 del cuerpo de presa	Caudal a NAP (m³/s)	253,00
Perfil del vertedero	Perfil Creager	Caudal a NAE (m³/s)	632,00
Longitud Total	20,00	Elemento de Disipación de Energía:	Cuenca amortiguador

Características del Desagüe de Fondo			
Nº de Conductos	2	Material	Acero
Forma del conducto	Circular	Situación	Embebido en el hormigón de bloque 4.
Dimensión	1200 mm de diámetro y 45 m de longitud		
Cota de embocadura (m.s.n.m.)	570,76	Caudal total al NMN (m3/s.)	2 x 26,87
Tipo de válvulas / compuertas	De compuerta tipo Bureau de 1,00 m (H) x 1,20 (V) m. Dos por conducto		

Características de la Toma de Agua para todos los usos			
Nº de Conductos	2	Material	Conducción de acero
Forma del conducto	Circular	Situación	Embebido en el hormigón de bloque 6
Dimensión	900 mm de diámetro	Caudal total al NMN (m3/s.)	16,50
Cota de embocadura (m.s.n.m.)	571,23	Tipo de compuertas	Bureau de 0,75 m (H) x 0,90 (V) m.

3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1.- Documentos que son relevantes y que permiten conocer al sistema presa-embalse.

- Plan de Emergencia de la Presa del Val. Revisión 0. Julio de 2000.
- Versión Preliminar del Documento XYZT de la Presa del Val. Julio de 2000.
- Informe sobre la visita de reconocimiento al sistema de auscultación automatizado de la presa de Val (ZARAGOZA) realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A. en marzo de 2006.
- Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

3.2.- Carencias en la documentación o información, que se consideren importantes, del sistema presa-embalse.

- Versión definitiva del Documento XYZT de la Presa del Val.
- Documentación técnica relativa al proyecto del sistema de auscultación.
- Normas de Explotación de la Presa del Val.
- Informes de Seguridad de la Presa del Val.
- Estudios geológicos de la cerrada y del vaso de almacenamiento.

3.3.- Observaciones importantes después de analizar la documentación disponible.

- Según el Mapa de Peligrosidad Sísmica de España, la aceleración sísmica básica para el emplazamiento de la presa resulta inferior de 0,04g (siendo g la aceleración de la gravedad).

4. PROPUESTA INDIVIDUAL DE MODOS DE FALLO

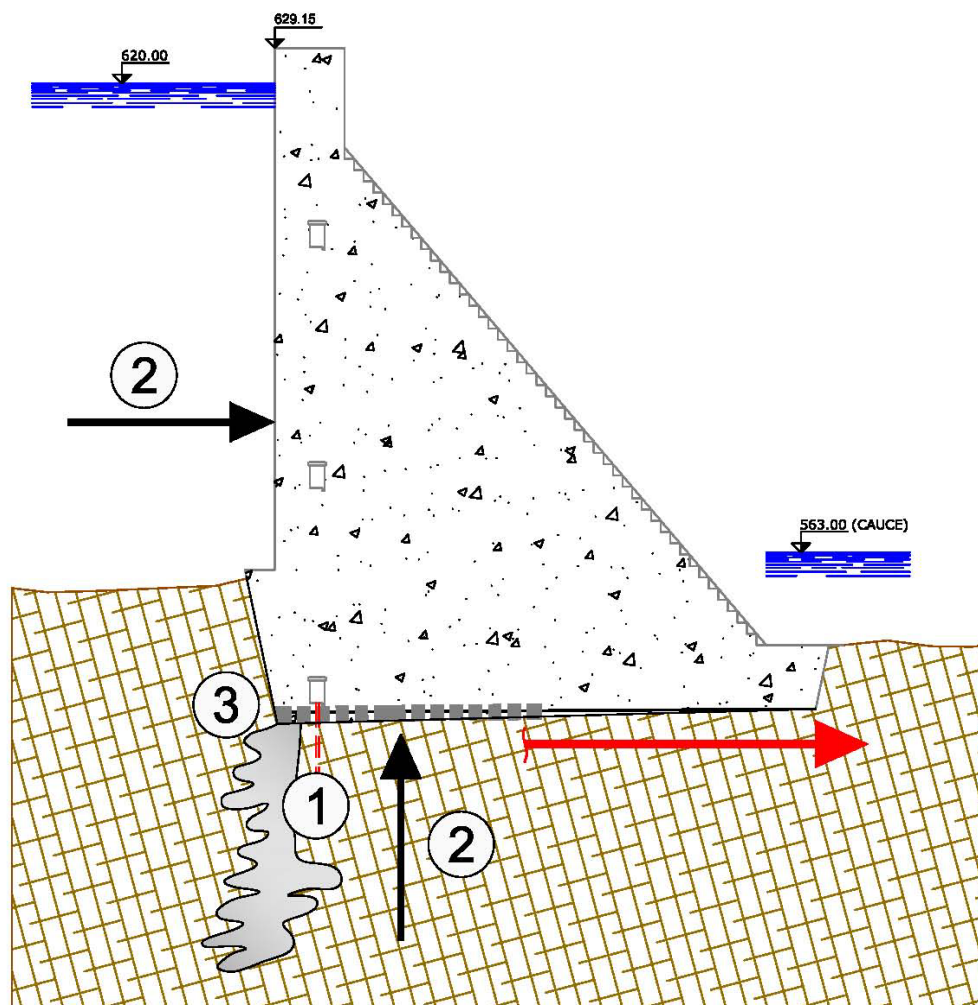
A continuación se presenta la propuesta individual de modos de fallo identificados en la presa del Val.

a.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Debido a una **colmatación en los drenes (1)** y pudiendo concurrir con una **pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cemento (1)**, se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones **(2)**, producen **desplazamientos** en cimentación y **movimientos** diferenciales en el cuerpo de la presa, hasta ser capaz de generar una **grieta de tracción (3)** en el pie del contacto presa-cimiento, formando un plano débil en dicho contacto donde se agote la resistencia a cortante y se produzca el **deslizamiento** del bloque 5 de la presa y la rotura de la misma.

Esquema Gráfico de Modo de Fallo



Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PZ-B5- (2,3,4,5,6); AF-544- MI; Inspección visual	EV-B5-1- A(1,2,3); EV-B5-2- A(1,2,3); EV-B5-3- A2; MJI-56-G3 Pilares topográficos N10 y N11 (colimación y nivelación); Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • La colimación topográfica en los pilares N10 y N11 presentan movimientos irre recuperables hacia aguas abajo de 0,45 mm. al año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación. 		<ul style="list-style-type: none"> • Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son inferiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 1,9. • En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo. • Los extensómetros de varillas no registran desplazamientos considerables en la cimentación. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • El comportamiento actual del medidor de junta interno MJI-56-G3 y de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. 	

b.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en el bloque 4 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PZ-B4- (1,2,3,4,5,6); AF-544- (MD,MI); Inspección visual	EV-B4-1- A(1,2,3); EV-B4-2- A(1,2,3); PD-B4- (2,3)R; Pilares topográficos N8 y N9 (colimación y nivelación); Inspección visual	-

Factores a Favor

- Las lecturas radiales que realizan los péndulos directos PD-B4- (2,3)R presentan movimiento irreversible hacia aguas abajo de 0,35 mm/año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- La colimación topográfica en los pilares N8 y N9 presentan movimientos irrecuperables hacia aguas abajo de 0,90 y 0,50 mm. al año, respectivamente. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son inferiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 1,9.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- Los extensómetros de varillas no registran desplazamientos considerables en la cimentación. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Las lecturas de nivelación topográfica son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

c.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en el bloque 3 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PZ-B3- (1,2,4,5); AF-544-MD; Inspección visual	EV-B3-1- A(1,3); PD-B3- (2,3)R; MJI-23-G3; Pilares topográficos N6 y N7 (colimación y nivelación); Inspección visual	-

Factores a Favor

- Las lecturas radiales que realizan los péndulos directos PD-B3- (2,3)R presentan movimiento irreversible hacia aguas abajo de 0,50 mm/año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- La colimación topográfica en los pilares N6 y N7 presentan movimientos irrecuperables hacia aguas abajo de 1,20 mm. al año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son inferiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 1,9.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- Los extensómetros de varillas no registran desplazamientos considerables en la cimentación. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- El comportamiento actual del medidor de junta interno MJI-23-G3 y de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

d.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en el bloque 2 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones (procedente de las galerías en roca de estribos)	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros	-
INSTRUMENTOS	PZ-B2- (1,2); AF-572-MD; Inspección visual	MJI-23-G3; Pilares topográficos N4 y N5 (colimación y nivelación); Inspección visual	-

Factores a Favor

- Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- La colimación topográfica en el pilar N5 presenta movimientos irreversibles hacia aguas abajo de 1,20 mm. al año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- El aforador AF-572-MD, encargado de registrar las filtraciones procedentes del estribo derecho, presenta tendencia irreversiblemente de aumento de caudales. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 2,4.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- El comportamiento actual del medidor de junta interno MJI-23-G3 y de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

e.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en el bloque 6 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PZ-B6- (1,2); AF-572-MI; Inspección visual	PD-B6- (2,3)R; MJI-56-G3; MJI-67-G3; Pilar topográfico N12 (colimación y nivelación); Inspección visual	-

Factores a Favor

- Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- La colimación topográfica en el pilar N12 presenta movimientos irreversibles hacia aguas abajo de 0,33 mm. al año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Las lecturas radiales que realizan los péndulos directos PD-B6-3R presentan movimiento irreversible hacia aguas abajo de 0,30 mm/año. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 2,4.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- El comportamiento actual de los medidores de junta interno MJI-56-G3, MJI-67-63 y de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

f.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en el bloque 7 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en los estribos. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	MJI-67-G3; Pilar topográfico N14 y N15 (nivelación); Inspección visual	-

Factores a Favor

- En este bloque de la presa no se controlan las subpresiones ni se realizan campañas topográficas de colimación.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 2,4.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- El comportamiento actual del medidor de junta interno MJI-67-63 y de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

g.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero el deslizamiento se produce en alguno de los siguientes bloques 1 ó 8 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en los estribos. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Nivelación topográfica; Inspección visual	-

Factores a Favor

- En estos bloques de la presa no se controlan las subpresiones ni se realizan campañas topográficas de colimación.
- Existen incertidumbres asociadas a las características de la cimentación.

Factores en Contra

- Según la versión preliminar del Documento XYZT el factor de seguridad al deslizamiento en esta sección, para la hipótesis de embalse a NMN, es de 2,4.
- En la inspección realizada el día 09/09/2008, no se observaron anomalías en la presa ni se apreciaron indicios de que esté ocurriendo este modo de fallo.
- El comportamiento actual de las lecturas topográficas de nivelación son acordes a lo esperado según la tipología de la presa. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009.

4.3 Análisis de la Presa de Guiamets

4.3.1 Memoria del Informe Anual de Auscultación de la Presa de Guiamets

CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO



INFORME ANUAL DE AUSCULTACION DE LA PRESA DE GUIAMETS

COMPORTAMIENTO DE LA PRESA EN EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS DÍAS 13.09.03 Y 31.12.08

Fecha: Junio de 2009

CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO

**PRESA GUIAMETS
INFORME DE AUSCULTACIÓN
COMPORTAMIENTO DE LA PRESA EN EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE
LOS DÍAS 12.09.03 Y 31.12.08**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	106
2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA.....	109
2.1 SITUACIÓN, FINALIDAD Y ACCESOS	109
2.2 FICHA TÉCNICA DE LA PRESA	110
2.3 BREVE HISTORIAL DE LA PRESA.....	114
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CERRADA Y EL VASO DEL EMBALSE	118
4. OBSERVACIONES ESPECIALES.....	119
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO	121
5.1 VARIABLES EXTERIORES	121
5.2 VARIABLES CONTROL.....	121
6. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO	125
7. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS GLOBAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA.....	127
8. ESTUDIOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA	129
8.1 VARIABLES EXTERIORES	129
8.1.1 Nivel del embalse	129
8.1.2 Temperatura media del ambiente.....	130
8.1.3 Precipitaciones	131
8.2 VARIABLES DE CONTROL.....	132
8.2.1 Control de filtraciones mediante aforadores.....	132
8.2.2 Control de Subpresiones	133
8.2.3 Control de desplazamientos horizontales absolutos mediante péndulos directo e invertido.....	137
9. CONCLUSIONES	138

10. PROGRAMA DE LECTURAS RECOMENDADO.....	142
11. RECOMENDACIONES.....	144

ANEJO N° 1 PLANOS

ANEJO N° 2. GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ANEJO N° 3. CD CON LA BASE DE DATOS

ANEJO N° 4. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

ANEJO N° 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

ANEJO N° 6. MODELIZACIÓN ESTADÍSTICA CON AUSMODEL

ANEJO N° 7. VISITA A LA PRESA

ANEJO N° 8. DOCUMENTACIÓN RELATIVA A LA AUSCULTACIÓN

NOTA: Los ocho anejos se presentan en el apéndice C de esta tesina.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El informe que se presenta a continuación corresponde al estudio del comportamiento de la presa de Guiamets sobre la base de los datos de auscultación disponibles hasta el día 31 de Diciembre del año 2008, los cuales fueron recibidos de la C.H. DEL EBRO, en cumplimiento del contrato:

“CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECÁNICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO”.

Este informe se adapta a lo que se indica en el Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses (RTSPE), aprobado en O.M. de 12 de marzo de 1996 por el entonces Ministerio de Obras Públicas de Transportes y Medio Ambiente y publicado en el B.O.E. del 30 de marzo de 1.996, que concretamente, en el Artículo 33.2 de dicho Reglamento establece que ***“El Director de explotación redactará un informe anual en el que se recogerá los resultados de las inspecciones realizadas y de la auscultación... Este informe se incorporará al Archivo Técnico de la presa...”***

A continuación se analizan los datos de auscultación obtenidos en la presa en el periodo comprendido entre los días 12 de septiembre de 2003 y el 31 de diciembre de 2008. Estos datos comprenden los archivados con el sistema automático de toma de lecturas que se ha instalado en la presa, así como los datos manuales que fueron realizados por el personal de la CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

El presente Informe contempla:

- Los gráficos de evolución temporal elaborados con los datos registrados desde la lectura inicial de cada uno de los aparatos.

- Análisis de los aspectos más relevantes que se deducen del estudio y de la modelación estadística de dichos aparatos respecto al comportamiento de la presa durante el período estudiado.
- La estimación de las leyes de subpresión, en cada una de las secciones de control.
- Conclusiones generales, las cuales se han clasificado en cuatro grupos significativos de la siguiente manera:
 - Conclusiones sobre las lecturas de instrumentos y el estado actual del sistema de auscultación instalado.
 - Conclusiones sobre el comportamiento de la presa en función de las variables de control.
 - Conclusiones sobre la inspección realizada el día 12 de septiembre de 2008.
 - Conclusiones sobre la seguridad de la presa.
- Un programa de lecturas manuales de los aparatos de auscultación.
- Recomendaciones de tipo general de cara al seguimiento continuo de la auscultación de la presa y a la elaboración de informes trimestrales y futuros informes anuales de comportamiento.

Además, se realizaron 8 anejos que complementan lo expuesto en la presente memoria, a continuación se describe el contenido de cada uno de ellos:

- Anejo N° 1. Planos
- Anejo N° 2. Gráficos de las variables auscultadas
- Anejo N° 3. C.D. Con la base de datos de las lecturas de los instrumentos
- Anejo N 4. Documentación fotográfica

- Anejo N° 5. Informe del estado actual del sistema de auscultación.
- Anejo N° 6. Modelización estadística de las variables de control con Ausmodel.
- Anejo N° 7. Visita a la Presa el día 12-09-2008.
- Anejo N° 8. Documentación relativa la auscultación.

La elaboración de este informe se ha basado en:

- El análisis de los datos del sistema de auscultación instalado, tanto manuales como automáticos.
- La revisión de la documentación técnica referente a la presa desde el punto de vista de la auscultación, comportamiento y seguridad de la presa, los cuales se citan a continuación:
 - Normas de Explotación de la Presa de Guiamets. Diciembre de 2003, UTE INCLAM / SURGE.
 - Documento XYZT de la Presa de Guiamets. Diciembre de 2003, UTE INCLAM / SURGE.
- La visita realizada a la presa el día 12 de septiembre de 2008 (Anejos N° 4 y N° 7).

2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESA

2.1 SITUACIÓN, FINALIDAD Y ACCESOS

La presa de Guiamets se encuentra situada en el cauce del río Asmat, afluente del Ciurana por la margen izquierda, en el término municipal de Guiamets de la provincia de Tarragona (a unos 40 Km. desde la propia ciudad de Tarragona). A su vez el río Ciurana es afluente por la margen izquierda del río Ebro.

La zona inundada por el vaso de almacenamiento del embalse pertenece a tres términos municipales: Capsanes, Guiamets y Serra de Almós, todos ellos de la provincia de Tarragona.

Las coordenadas UTM correspondientes al huso 31 de la ubicación de la presa son las siguientes:

- X: 311.275
- Y: 455.2340
- Z: 185,87 (cota de coronación)

Se sitúa en la hoja N° 32-18 (471 - Mora de Ebro) del mapa cartográfico a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional de España.

La finalidad de la presa es regular las aportaciones de la cuenca del río Asmat para abastecer las demandas de regadío de aproximadamente 3.000 Ha., pertenecientes a la Comunidad de Regantes del Bajo Priorato. La toma de riego de la presa de Guiamets surte a los canales de: Darmós que tiene capacidad de 1.200 l/s y Masroig con capacidad de 300 l/s, además el embalse de Guiamets garantiza un caudal ecológico al río de 50 l/s.

El acceso a la presa se realiza a través de un camino que enlaza la carretera que conecta el núcleo urbano de Guiamets con la carretera nacional N-420 en los puntos kilométricos 474 y 479,5 de ésta (entre Mora La Nova y Falset). Este camino de acceso llega hasta la casa de la administración, situada en la margen derecha, en las

proximidades del estribo de la presa y a un nivel superior al del camino de coronación, al cual no se puede llegar con vehículo. Para llegar hasta él hay que descender por una escalera que lo une a la explanada de la casa de la administración.

En el entorno de la presa existen caminos de servicio que llegan hasta el pie de la presa, a las proximidades de la cámara de válvulas de las conducciones del desagüe de fondo y que enlazan con el canal de riego, en la margen derecha. La siguiente Figura muestra una vista de la presa.



Figura. Vista Lateral de la Presa de Guiamets

2.2 FICHA TÉCNICA DE LA PRESA

A continuación se presentan las características y los datos técnicos de la presa.

UBICACIÓN

- ProvinciaTarragona
- Término MunicipalGuiamets
- Emplazamiento Río Asmat

TIPOLOGÍA Presa de gravedad de planta recta y hormigón en masa convencional. Su longitud total es de 189,20 m repartidos a lo largo de 10 bloques. La coronación de la presa está formada por una estructura aligerada basada en arquería y situada en el paramento de aguas abajo.

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

- Presa de GuiametsCategoría A

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Características de la Cuenca Vertiente y Embalse

Cuenca vertiente	Asmat
Superficie de la cuenca vertiente (Km ²)	75
Nivel máximo normal (N.M.N.) (m.s.n.m.)	184,87
Volumen de embalse (N.M.N.) (Hm ³)	14,43
Superficie de embalse (N.M.N.) (Ha.)	71,78
Avenida de proyecto, Tr 1000 años (m ³ /s)	283,0

Tabla. Resumen de las características del embalse y su cuenca vertiente

Características del Cuerpo de Presa

Tipo de presa	Gravedad de hormigón
Geometría de planta	Recta
Longitud de coronación (m.)	189,2
Cota de coronación presa (m.s.n.m.)	185,87
Cota de cimientos (m.s.n.m.)	128,0
Cota del cauce (m.s.n.m.)	132,0
Altura de la presa sobre cimientos (m.)	57,87
Ancho coronación (m.)	5,0
Talud aguas arriba	vertical
Talud aguas abajo	0,756
Bloques	10

Tabla. Resumen de características estructurales del cuerpo de presa

Características del Aliviadero y del Cuenco Amortiguador

El aliviadero está situado en el margen izquierdo, contiguo al estribo de la presa e independiente de él. Es lateral de labio fijo y con un único vano capaz de desaguar un caudal de 84,62 m³/s con 1 m. de altura de lámina vertiente. El vertido no está regulado por ningún tipo de compuerta. La siguiente tabla muestra las características del aliviadero.

Embocadura	Lateral
Número de vanos	1
Capacidad desagüe para N.A.P. (m ³ /s)	84,62
Cota del labio del aliviadero (m.s.n.m.)	184,87
Ancho de aliviadero (m)	40

Tabla. Características principales del aliviadero

El canal de descarga del aliviadero está revestido de hormigón y se adapta a la ladera con tramos de pendientes 0,02 y 0,25. El cual está dividido en tres tramos, desde su embocadura hasta la descarga en el río:

- El primero, de 47 m de longitud y con una pendiente del 0,02 adopta una sección trapezoidal con 6,80 m de base y con talud 1:2.
- El segundo tramo es de sección rectangular con una base de 10 m y tiene una longitud de unos 113 m. La pendiente es la misma que en el tramo anterior (0,02).
- En el tercero se mantiene la sección rectangular con una base de 10 m. y una longitud de 42 m. La pendiente en solera es de 0,25 y la descarga en el río se realiza lanzando el caudal sobre la roca que aflora en la margen izquierda, a unos 150 m. aguas abajo del cuerpo de presa.

Características del Desagüe de Fondo

El desagüe de fondo se encuentra situado en el cuerpo de presa, en la parte derecha de ésta y su embocadura está embebida en el hormigón del cuerpo de presa, con la cota inferior de los conductos a 133,05 m.s.n.m. Cada conducto consta de un

abocinamiento de entrada con una sección de entrada de 1,90 m. de ancho y 2,15 m. de alto. A continuación se presentan las características más importantes del desagüe.

Nº de Conductos	2
Forma del conducto	Circular
Situación	Atraviesa el cuerpo de presa cerca de la margen derecha
Válvulas por conducto	2
Material	Conducción de acero
Sección del conducto (m ²)	0,79
Tipo de válvulas / compuertas	- Regulación: válvula compuerta circular Ø 1 m. - Seguridad: válvula compuerta tipo Bureau de 0,80 m. x 1 m.
Separación entre ejes de conductos (m.)	2,6
Cota umbral de embocadura (m.s.n.m.)	133,05
Cota ejes conductos (m.s.n.m.)	134,13
Cota solera en cámara de válvulas (m.s.n.m.)	135,53
Caudal unitario al N.M.N. (m ³ /s.)	13,1
Caudal total al N.M.N. (m ³ /s.)	16,2

Tabla. Características fundamentales del desagüe de fondo

Toma de Riego

Situación	Bloque 4
Nº de conductos	2
Sección	Circular Ø 1,00 m.
Número de válvulas	2
Tipo de válvulas / compuertas	- Regulación: válvula compuerta Howell–Bunger Ø 1 m. - Seguridad: válvula compuerta tipo Bureau de 0,80 m. x 1 m.
Cota umbral embocadura (m.s.n.m.)	151,05
Cota ejes conductos (m.s.n.m.)	152,13
Caudal unitario al N.M.N. (m ³ /s.)	10,43
Caudal total al N.M.N. (m ³ /s.)	20,86

Tabla. Características principales de la toma de riego.

2.3 BREVE HISTORIAL DE LA PRESA.

La información con la cual se describe este punto se ha extraído del “*Documento XYZT*”.

La zona en la que se sitúan la presa y embalse de Guiamets, presenta problemas de impermeabilidad. Estos problemas han preocupado desde el primer momento a los técnicos y personas encargadas del diseño de la presa, de tal forma que el proyecto inicialmente planteado ha sufrido modificaciones y la necesidad de adición de trabajos orientados a solucionar este problema.

En este sentido D. José María Valdés, Jefatura de Sondeos - Obras Hidráulicas, redactó dos documentos: en 1934 redactó el “Informe acerca de los sondeos ejecutados en el río Asmat para el estudio del pantano de Guiamets a petición de la Comunidad de Regantes del Bajo Priorato (Tarragona)”; y en 1935 redactó el “Proyecto de pantalla impermeabilizadora propuesta para el pantano de Guiamets, en el río Asmat, redactado a instancia de la Comunidad de Regantes del Bajo Priorato (Tarragona)”.

Por otro lado, y en previsión de que esta pantalla resultase insuficiente, se previeron dos pantallas laterales que se extenderían hacia aguas arriba por las respectivas márgenes, con una longitud de 200 m. para la de la margen derecha, y de 100 m. para la de la margen izquierda, con una sola fila de taladros separados 3 y 4 metros, respectivamente.

No obstante, y a pesar de las pantallas proyectadas, en el “Proyecto del Pantano de Guiamets” (no existiendo ninguna referencia contraria en el posterior “Proyecto Reformado del Embalse de Guiamets”) se especifica que únicamente llegó a ejecutarse la zona central de la pantalla, sin realizar las pantallas laterales.

Sin embargo, no se ha encontrado ningún documento que haga mención a los resultados: cemento inyectado, metros perforados, etc. ni liquidación alguna, por lo que existen dudas de que realmente llegase a ejecutarse.

La construcción de la presa comienza en el año 1951, teniendo en principio un plazo de ejecución de 5 años, y ya para el año 1954 se consideraba de necesidad nacional su culminación.

En el año de 1955 la Comunidad de Regantes pide prórroga por 3 años, pero por distintos inconvenientes en el año de 1959 se paralizan las obras reanudándose las mismas en 1960.

En 1962 la concesión pasa a manos del Ministerio de Obras Públicas tras el trámite de caducidad a la Comunidad de Regantes, siendo en el año de 1970 cuando se finalizan por completo las obras.

Debido a fuertes lluvias que llenaron el embalse en el año de 1971 la presa vierte por primera vez, antes de haber comenzado su explotación y se observaron algunas filtraciones en las galerías y en las laderas a pie de presa, por lo que se decidió acometer una pantalla de impermeabilización longitudinal según el plano de galerías, que al mismo tiempo funcionara como drenaje alcanzando un mínimo de 10 m. de profundidad bajo el terreno de cimentación, enlazando con la supuesta pantalla de impermeabilización situada en el terreno antes de la construcción de la presa. Las obras fueron realizadas por el S.G.O.P. en los años 1972 y 1973.

Las perforaciones se realizaron desde coronación, una sola fila de taladros separados 4 m., con diámetro 60 mm. en el cuerpo de presa y 48 mm. bajo la línea de cimentación. La finalidad de los taladros era que además de permitir su inyección con lechada, pudiesen también funcionar como drenes entre coronación y las galerías, así como aportar información sobre las filtraciones que se producían en el cuerpo de presa.

Con el fin de sellar un manantial existente al pie de la ladera derecha, se decidió prolongar lateralmente la pantalla unos 20 m. con dos filas de taladros separadas 1,5 m., con distribución a tresbolillo y distancia entre taladros de 3 m. La profundidad de perforación fue la misma que la de los taladros del centro de la presa. Todos los taladros integrantes de esta pantalla lateral fueron inyectados.

La inyección se realizó con lechada de cemento de fluidez elevada, con dosificación comprendida entre el 25, 50 y 100 % (en 100 litros de agua, 25, 50 y 100 Kg. de

cemento respectivamente). Las presiones de inyección estaban en torno a los 5 bares, o incluso superiores.

En mayo de 1974 fue cuando se realizó la primera campaña de riego a pesar que las acequias y los desagües estaban incompletos.

En los años 80, al no considerarse suficiente el grado de impermeabilidad conseguido con la ejecución de los trabajos anteriormente expuestos, y al no disponer de medios para la realización de estudios para solucionar el problema, la Confederación Hidrográfica del Ebro redactó un "Pliego de Bases para la Contratación de la Colaboración Necesaria para el Estudio de la Impermeabilización del Vaso y Cerrada de la Presa de Guiamets (Tarragona)". Celebrado el oportuno concurso entre empresas consultoras, la redacción del proyecto fue adjudicada a Euroestudios, SA.

Realizados los pertinentes estudios y analizadas las posibles soluciones técnicas, se redactó el "Estudio de la Impermeabilización del Vaso y Cerrada de la Presa de Guiamets (Tarragona)" donde se proponía una pantalla de inyecciones como solución más eficaz para impermeabilizar el embalse. Este proyecto se realizó en los años siguientes.

En el año 1997, se realizó una reperforación de los taladros de la pantalla de drenaje, que desde la galería situada a la cota 136,63 m.s.n.m penetran en el terreno de cimentación, realizándose estos taladros a una distancia entre sí de 6 m., con un diámetro de 80 mm. y una longitud de perforación de 30 m.

El motivo de esta medida es que los taladros ya existentes se habían colmatado de cal, habiendo perdido su operatividad.

Como último acontecimiento conocido en la presa y según información suministrada por el encargado de la presa, se realizaron inyecciones de hormigón en el cuerpo de la presa en el año 2000.

A continuación se nombran los documentos técnicos y de seguridad disponibles de la presa de Guiamets:

- Normas de Explotación de la Presa de Guiamets. Diciembre de 2003, UTE INCLAM / SURGE.

- Documento XYZT de la Presa de Guiamets. Diciembre de 2003, UTE INCLAM / SURGE.

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CERRADA Y EL VASO DEL EMBALSE

La cerrada y parte media del vaso del embalse se encuentra en el bloque de Guiamets, caracterizado por una potente sedimentación en el Buntsandstein y Muschelkalk inferior (formación calcárea que presenta calizas en la parte media y alta de la serie, y dolomías en la base). Estos materiales adoptan una estructura monoclinial buzando suavemente unos 20° hacia el este ó sudeste.

Sin embargo, las calizas del Muschelkalk presentan algunos pliegues suaves, monoclinales, que afectan exclusivamente al estribo derecho. Aquí, las calizas buzan unos 20° hacia el sudeste, a unos 200 m. de la cerrada giran y buzan hacia el norte también unos 20° para, justo en la cerrada, volver a girar hacia el sudeste buzando finalmente 30° y luego 20° y quedar recubiertas por arcillas del Muschelkalk medio (arcillas de color rojizo de características parecidas a las del techo de la facies Buntsandstetin con la diferencia de que presenta intrusiones yesíferas), aguas abajo de la cerrada a unos 250 m.

La cola del embalse cruza la falla de Marsá (que separa la cuenca triásica de Guiamets, donde está situada la presa, de la cuenca triásica de Capçanes) adentrándose en el flanco occidental de la cubeta sinclinal de Capçanes, la cual es una unidad hidrogeológica formada por calizas del Muschelkalk inferior. Este flanco se encuentra en posición vertical e incluso invertido. La potencia de calizas en esta zona es de sólo 50 m.

4. OBSERVACIONES ESPECIALES

En este apartado es significativo mencionar los problemas de impermeabilidad en la cerrada y en el vaso de almacenamiento que se han presentado a lo largo de la historia de la presa y los cuales se han comentado en el inciso 2.3 de la presente memoria.

Además, es importante mencionar algunas observaciones realizadas el día de la visita a la presa, entre las cuales se encuentran:

- El paramento de aguas abajo de la presa se encuentra deteriorado, pero bastante seco, es probable que estos daños fueron causados antes de las inyecciones.
- La existencia de una filtración situada en la parte inferior del estribo derecho a través de la roca hacia aguas abajo, la cual se puede apreciar desde el pie de presa. La siguiente Imagen muestra dicha filtración.
- La presencia de una zona húmeda en el paramento de aguas abajo y cerca de la coronación de la presa. En la siguiente Imagen se puede observar el sector húmedo.



Imágenes

Filtración ubicada en el estribo derecho

Zona húmeda del paramento de aguas abajo

- La galería superior no se afora y en ella se observa menos arrastre de sedimentos que en la galería inferior.
- En general, la galería inferior está bastante húmeda, presenta algunas estalactitas entre las juntas de los bloques y sectores con depósitos calcáreos. Ver las siguientes Imágenes.



Imágenes

Galería inferior completamente húmeda

Depósitos calcáreos debido a filtraciones

- En la galería superior, cerca del estribo izquierdo, existe una escalera ciega que no permite conectar con la galería inferior.
- Los contactos presa – estribo vistos desde la galería están recubiertos de hormigón.
- El Documento XYZT de la presa de Guiamets presenta errores con respecto a los datos de: nivel máximo normal, nivel de avenida de proyecto y cota de coronación.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO

La información que se describe a continuación se ha extraído del "DOCUMENTO XYZT" de la presa de Guiamets.

El sistema de auscultación instalado permite realizar un control sistemático de distintas variables exteriores y de control, estos controles se indican a continuación y también se pueden observar su ubicación en los planos anexos.

5.1 VARIABLES EXTERIORES

La carga hidrostática se controla a través de un limnógrafo eléctrico del Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) que se incorpora al Sistema Automático de adquisición de datos en la coronación de la presa.

Además, se realizan lecturas diarias y automáticas de: temperatura del aire a través de un termómetro, y de las precipitaciones por medio de un pluviómetro. Ambos instrumentos pertenecen al S.A.I.H.

5.2 VARIABLES CONTROL

- ***Aforo de filtraciones***

Todas las filtraciones de la presa, conducidas por las cunetas de las galerías, se recogen en el fondo del pozo del montacargas, expulsándose al exterior mediante bombeo.

Dadas las pendientes de las galerías y los puntos de recogida de las aguas procedentes del drenaje y filtraciones, se han dispuesto dos vertederos triangulares de pared delgada en el interior del tramo horizontal de la galería perimetral de la presa.

Las 2 estaciones de aforos instaladas a cada margen de la presa (Aforador AF-1, situado en la margen derecha y Aforador AF-2, colocado en la margen

izquierda) tienen como objetivo controlar los caudales recogidos para determinar en caso de aumento puntual y localizado la zona en que se pueda producir alteraciones en las pantallas de drenaje e impermeabilización. Los aforadores están basados en la utilización de un vertedero triangular tipo Thomson, construidos en acero inoxidable.

Estas 2 estaciones controlan dichas filtraciones de manera manual y automatizada, mediante un sensor de medición de niveles, conectado al sistema automático de adquisición de datos situado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo.

- ***Medidas de subpresiones***

Para controlar las subpresiones en los cimientos se han colocado 10 piezómetros de cuerda vibrante distribuidos en seis secciones transversales de control, en 2 de las secciones se colocó un piezómetro y en el resto 2 piezómetros por cada sección.

Todos los piezómetros están instalados en el cimiento de la presa, a 1,5 m. por debajo del contacto roca-hormigón. Con esta distribución además de disponer de mediciones de subpresiones en una zona muy extensa del perfil longitudinal de la presa también se facilita el conocimiento de la ley de subpresiones en el contacto en todas las secciones transversales de la presa.

La centralización de los piezómetros PCV-2 al PCV-8 se realiza en el armario ubicado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo y los piezómetros PCV-1, PCV-9 y PCV-10 se han centralizado en el armario situado en coronación, justo en la torre de acceso al pozo existente para el montacargas, a través de los cuales se integran al sistema automático de adquisición de datos.

- ***Control de desplazamientos horizontales absolutos mediante péndulos directo e invertido.***

Este conjunto de péndulos controla la vertical correspondiente a la sección donde está instalado (el taladro existente en el bloque 4), entre la coronación de la presa y el cimiento de la misma.

El péndulo directo se ha instalado en el taladro existente, desde coronación donde está situado el anclaje superior hasta la galería de la presa, ahí se ha realizado un ensanche en el que se ha colocado el conjunto peso-depósito y los dispositivos a medida y además se realiza la coordinación de los péndulos.

El péndulo invertido se instala a continuación del directo, en su misma vertical. Empieza en el ensanche del taladro existente y termina en la cimentación de la presa, atravesando el macizo de hormigón y penetrando la roca del cimiento, donde se ha instalado en anclaje de fondo.

La lectura de los péndulos se realiza de forma manual, con una plancheta ortogonal colocada en todos los puntos de control considerados, y de forma automatizada, con dos teledidores de péndulos en cada punto de control. Estos teledidores se han centralizado al armario, situado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo del Sistema Automático.

- ***Control de movimiento de juntas***

El control de movimientos de las juntas entre bloques se realiza en coronación y en las galerías de la presa mediante la instalación de 10 medidores XYZ de control tridimensional externo de juntas, los cuales se han instalado en el interior del cuerpo de presa, en la pared de aguas arriba y en coronación ubicados en el interior de unas arquetas cuyas tapas están enrasadas con la calzada.

- ***Control topográfico de movimientos en coronación por colimación***

Este control se realiza mediante un sistema de auscultación topográfica por colimación recta, el cual consta de:

- 10 clavos de nivelación / colimación en coronación, colocados uno en cada bloque principal más otro en las proximidades del aliviadero.
- 10 clavos de nivelación adicionales colocados en el terreno, en ambas márgenes de la presa (4 en la margen izquierda y 6 en la derecha).
- 2 pilares de observación alineados de nivelación / colimación de coronación, instalados uno en cada margen.

6. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN INSTALADO

Este apartado se ha elaborado según la información recabada en la visita y los datos disponibles de las variables de control suministrados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

A continuación se comenta el estado actual (a fecha 31 de diciembre de 2008) del sistema de auscultación instalado en la presa de Guiamets:

- Los equipos e instrumentos que controlan las variables exteriores se encuentran en buen estado y realizan lecturas diarias.
- Los dos aforadores situados en la galería inferior de la presa, AF1 que registra filtraciones de la margen derecha y AF2 que lee caudales de la margen izquierda, se encuentran en buenas condiciones y registran datos diarios.
- Los diez piezómetros de cuerda vibrante, encargados de controlar las subpresiones en la presa se encuentran operativos y realizan lecturas diarias.
- Actualmente, los péndulos directo e invertido no se encuentran operativos, la última lectura realizada fue el 13 de mayo de 2008.
- No se realizan lecturas de apertura, cierre y deslizamiento de las juntas de construcción, aunque permanecen instaladas las bases de los medidores externos tridimensionales. La siguiente Imagen muestra una base de terna de lectura.



Imagen.

Base para medición de apertura, cierre y deslizamiento de juntas

- Durante el período de tiempo que comprende este informe (12-09-2003 y 31-12-2008), no se han realizado campañas topográficas en la presa.

A continuación se presenta de manera más detallada la operatividad a fecha 31 de diciembre de 2008 de todos los instrumentos instalados en la presa.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	NÚMERO DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS
Limnígrafo eléctrico (SAIH)	1	1	100%
Pluviómetro (SAIH)	1	1	100%
Termómetro (SAIH)	1	1	100%
Aforadores triangulares Thomson	2	2	100%
Piezómetros	10	10	100%
Medidores XYZ tridimensionales	10	0	0%
Péndulo directo	1	0	0% ⁽¹⁾
Péndulo invertido	1	0	0% ⁽¹⁾
Pilares de observación	2	0	0%
10 Clavos mixtos (nivelación-colimación)	10	0	0%
10 Clavos para nivelación topográfica	10	0	0%

TOTAL PUNTOS DE CONTROL: 49 15 31%

Nota:

(1) Sólo se disponen de lecturas desde febrero de 2002 hasta mayo de 2008.

Tabla. Operatividad al 31-12-2008 de los instrumentos del Sistema de Auscultación

7. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS GLOBAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA.

La metodología seguida para la elaboración de este Informe ha sido la siguiente:

- Recopilación de los datos manuales y automatizados de auscultación tomados de variables exteriores y de control, facilitados por el personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Estos datos fueron recibidos en papel y en archivos informáticos Access y Excel.
- Revisión y depuración de datos, lo que en general permite comprobar calidad y fiabilidad de los mismos.
- Visita a la presa de Guiamets junto con personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro en las que se observó el sistema de auscultación y la obra civil, el día 12 de septiembre de 2008 (Anejo N° 4 y Anejo N° 7).
- Realización de los gráficos cronológicos de las variables medidas. En todos ellos se presenta la evolución temporal de las variables en cajetines superpuestos para relacionar entre sí causas y efectos: variables exteriores y variables de control (Anejo N° 2).
- Introducción de las lecturas y los valores ingenieriles en la red informática utilizando el programa de ordenador Ausmodel¹.
- Estudios de modelización estadística de las variables de control de la presa de Guiamets con el programa Ausmodel. Los pasos para obtener un modelo estadístico son: creación del modelo, identificación de los coeficientes, contrastación del modelo, establecimiento de tolerancias, análisis del modelo y obtención de tendencias en valores acumulados en el tiempo (Anejo N° 6).

¹ Ausmodel: programa informático de modelización estadística de datos de auscultación desarrollado por OFITECO, y especialmente concebido para el tratamiento de los datos históricos, el control y la previsión de los fenómenos relacionados con las presas.

- Análisis y estudio de los valores de las variables controladas.
- Elaboración de planos y gráficos que permiten conocer el comportamiento de la presa mediante su análisis.
- Elaboración de figuras con la estimación de las leyes de subpresión en las secciones de control.
- Estudio e interpretación de resultados, prestando especial atención a la detección de los comportamientos más significativos de la presa y a la evolución de las variables de control.
- Fase de elaboración de los documentos.

8. ESTUDIOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA

En el presente capítulo se analiza el comportamiento de la presa de Guiamets entre el período septiembre de 2003 y diciembre de 2008.

Con el fin de facilitar el seguimiento de la memoria de este informe, en los planos del Anejo N° 1 se muestra la localización de los distintos aparatos de auscultación que dispone la presa.

8.1 VARIABLES EXTERIORES

La evolución temporal de las variables exteriores está incluida en los gráficos A-1, A-2 y A-3 donde se presentan los niveles del embalse, las temperaturas medias en el aire y las precipitaciones diarias en la zona de emplazamiento de la presa. Estas variables exteriores actúan de forma esencial sobre una presa de hormigón y su cimentación.

8.1.1 Nivel del embalse

En el período de estudio, el embalse ha oscilado como se describe a continuación.

Durante septiembre de 2003 y diciembre de 2004 el nivel de agua se mantuvo alto, oscilando cerca de la cota 181,50 m.s.n.m., para luego comenzar un descenso brusco, debido a la gran sequía en la zona, hasta mediados de noviembre de 2005 cuando llegó hasta el nivel 173,14 m.s.n.m.

El 15 de noviembre de 2005 el embalse empieza a recuperar su volumen y en febrero de 2006 alcanza una cota de 180,50 m.s.n.m., nivel que se mantiene con pocas oscilaciones hasta mayo de 2006, fecha en la cual comienza el descenso hasta abril de 2007 llegando a la cota 174,40 m.s.n.m. Este último comportamiento descrito del nivel de embalse se repite en los años siguientes.

La tabla que se presenta a continuación muestra los niveles máximos, mínimos y medio anual del embalse desde el año 2003.

Año	Nivel de Embalse (m.s.n.m.)		
	Máximo	Mínimo	Medio anual
2003	182,10 (31/12)	180,48 (10/11)	-
2004	182,53 (30/03)	180,89 (04/12)	181,56
2005	181,09 (01/01)	173,00 (11/11)	176,68
2006	180,56 (29/03)	175,46 (12/09)	177,83
2007	180,01 (21/05)	174,36 (30/03)	177,21
2008	178,93 (25/06)	173,67 (10/05)	176,63

Nota: - La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.
- En el año 2003 los datos corresponden desde septiembre.

Tabla. Características de los niveles del embalse de Guiamets

8.1.2 Temperatura media del ambiente

En el Anejo N° 2 (Gráfico A2) se muestra la evolución temporal diaria de la temperatura media y máxima del aire. Los datos disponibles para esta variable de control son desde junio 2005 hasta diciembre de 2008. La tabla siguiente muestra las temperaturas máximas, mínimas y medias anuales que se registraron durante cada año.

Año	Temperatura Medias (°C)		
	Máximo	Mínimo	Medio anual
2005	27,53 (01/01)	-4,51 (11/11)	-
2006	27,79 (29/03)	-1,92 (12/09)	14,60
2007	28,51 (21/05)	-2,09 (30/03)	13,43
2008	26,46 (04//08)	-1,38 (10/05)	13,95

Nota: - La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.
- En el año 2005 los datos corresponden desde junio.

Tabla. Características de las temperaturas del embalse de Guiamets

Luego de observar la evolución de la temperatura se puede destacar lo siguiente:

- Las temperaturas en el emplazamiento de la presa sigue los ciclos estacionales habituales durante los años analizados.
- La temperatura media del aire alcanza su valor máximo en el año de 2007 siendo de 28,51 °C, mientras que su valor mínimo de -4,51 °C en el año de 2005.

8.1.3 Precipitaciones

El gráfico A3 presenta la evolución temporal de las precipitaciones diarias. La siguiente tabla presenta la máxima precipitación diaria, la media diaria y el acumulado anual de las precipitaciones.

Año	Máxima (mm/día)	Media (mm/día)	Acumulado (mm/año)
2003	51,4 (16/11)	2,8	-
2004	77,6 (30/03)	1,7	625
2005	113,2 (08/09)	1,8	661
2006	106,8 (13/09)	1,4	517
2007	52,8 (23/09)	1,3	488
2008	86,6 (11/05)	1,8	670

Nota: - La información que aparece entre paréntesis corresponde a la fecha de ocurrencia del evento.
- En el año 2005 los datos corresponden desde junio.

Tabla. Características de las precipitaciones del embalse de Guiamets

De la tabla anterior se aprecia que:

- El año de mayor precipitación fue el 2008 con 670 mm/año, mientras que el más seco fue el 2007 donde se registró 488 mm/año.
- El mayor volumen de precipitaciones se produce en otoño.

8.2 VARIABLES DE CONTROL

A continuación se analizan las variables de control cuyo seguimiento se ha establecido en la presa.

8.2.1 Control de filtraciones mediante aforadores

Actualmente se controlan las filtraciones de la presa con dos aforadores Thomson denominados AF1 que registra los caudales de la margen derecha y el AF2 que lee los de la margen izquierda. Es importante destacar que los datos con los cuales se ha realizado la modelación son de lecturas diarias automatizadas.

Con la finalidad de facilitar el análisis de las filtraciones en la presa se han llevado a cabo:

- Gráficos de evolución temporal de cada aforador puestas en relación con las variables exteriores, los cuales se encuentran en el Anejo N° 2, gráficos B1, B2 y B3.
- La modelación estadística de los aforadores, los cuales se pueden encontrar en el Anejo N° 6.

A continuación se presentan las conclusiones sobre el comportamiento de los aforadores estudiados:

- Las lecturas de los dos aforadores son automáticas y de frecuencia diaria, además los datos disponibles corresponden al período que va desde el 06-09-2003 hasta el 31-12-2008.
- En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda, las cuales oscilan entre 8 y 20 l/min., son inferiores a las medidas en la margen derecha que varían entre 10 y 50 l/min.
- Se ha conseguido un mejor ajuste estadístico con los datos de lecturas del aforador AF2 que con los del AF1.

- El comportamiento de los aforadores está influenciado únicamente por el nivel del embalse.
- Ninguno de los aforadores analizados presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.

8.2.2 Control de Subpresiones

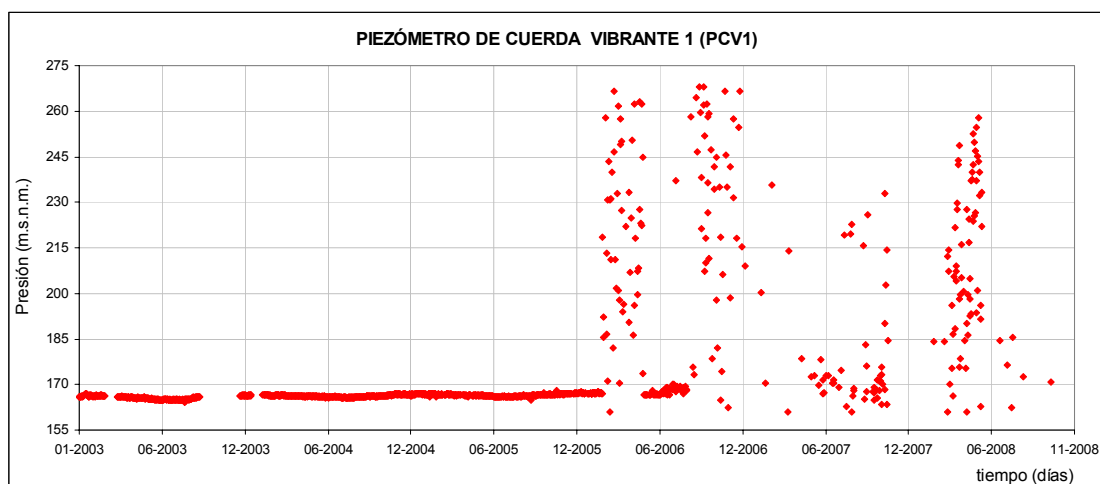
Las subpresiones en cimentación se controlan mediante 10 piezómetros de cuerda vibrante.

Para facilitar el análisis y seguimiento de los niveles piezométricos medidos en la cimentación, se presentan:

- Planos con la localización de los piezómetros en la presa y con la estimación de la ley de subpresiones (véase Anejo N° 1, Planos del N° 4 al 7 y del N° 9 al 12).
- Gráficos de la evolución temporal de los niveles piezométricos y su relación con respecto a la carga hidrostática del embalse (Ver gráficos C1 a C4 en el Anejo N° 2).
- Gráficos y ajustes de los modelos estadísticos que se presentan en el Anejo N° 6.

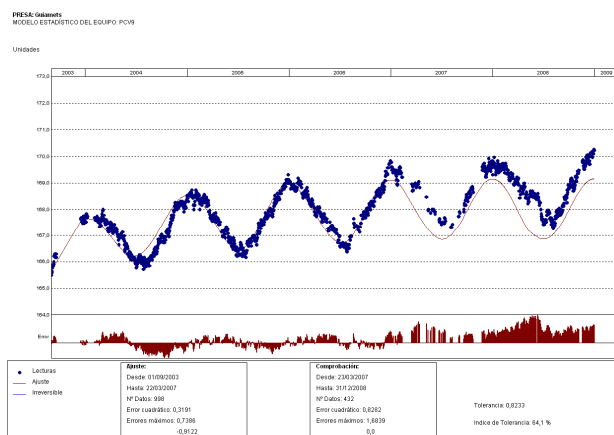
A continuación se resumen las principales observaciones y conclusiones deducidas del análisis de los datos y gráficos obtenidos:

- Los datos disponibles son automáticos y de frecuencia diaria desde septiembre de 2003 hasta diciembre de 2008.
- El piezómetro PCV1 realiza lecturas inconsistentes y con mucha dispersión desde febrero de 2006, por ello se considera no fiable, el resto de los piezómetros instalados en la cimentación de la presa realizan lecturas correctas. El siguiente Gráfico presenta los datos registrados por el PCV1.

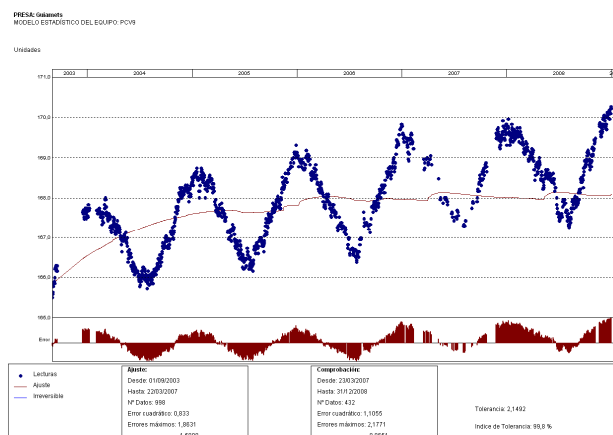


- La serie de datos del piezómetro PCV10, presenta un período sin registros entre las fechas 11/05/2008 y 29/12/2008.
- En general, se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes piezómetros situados en la cimentación de la presa.
- Tras realizar el análisis estadístico se concluye que el comportamiento de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-4, PCV-5 y PCV-7 tienen influencia, únicamente, de la carga hidrostática.

En cambio, los piezómetros PCV-6, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan una particular dependencia, además de la carga hidrostática, de la temperatura medioambiental, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante de los instrumentos. Para demostrar tan curiosa influencia térmica se realizaron dos modelos estadísticos a cada piezómetro; el primero calculando el mejor ajuste estadístico (con dependencia de la carga hidrostática y la temperatura) y el segundo, solamente, con influencia del nivel de embalse. A continuación se presenta una comparación entre los dos modelos del piezómetro PCV-9.



Ajuste estadístico dependiente de nivel de embalse y temperatura



Ajuste estadístico con influencia, únicamente del nivel de embalse

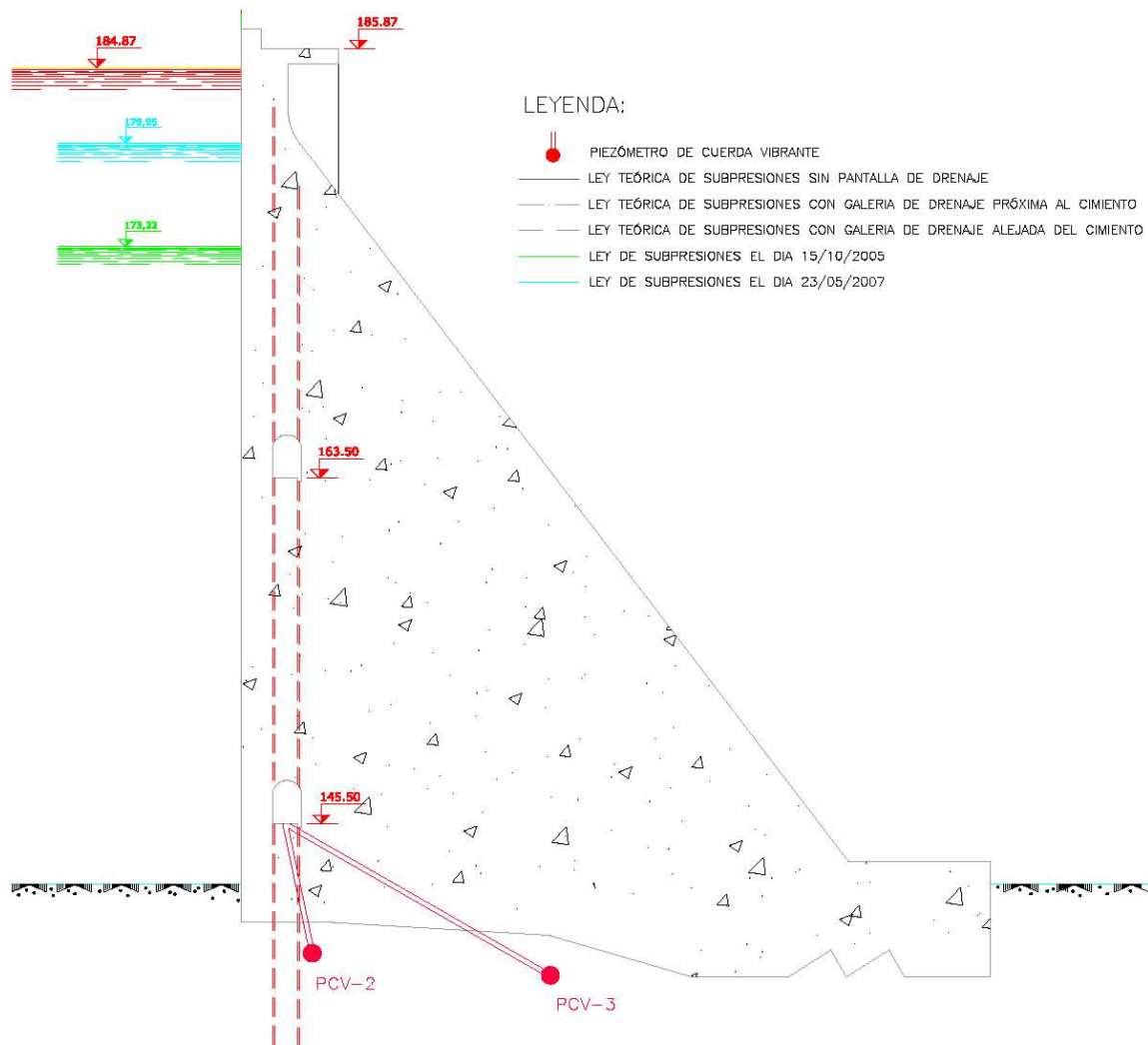
Gráfico. Comparación entre los ajustes de los dos modelos realizados al PCV-9

- Los piezómetros PCV2, PCV3, PCV8, PCV9 y PCV10 presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo, la siguiente tabla muestra dicho valor.

Piezómetro	Efecto irreversible (mca/año)
PCV2	0,24
PCV3	0,23
PCV8	0,20
PCV9	0,42
PCV10	0,31

Tabla. Tendencia de acumulados en el tiempo de los piezómetros

- Por la especial relevancia que tienen las presiones medidas en cimentación, en la estabilidad de las presas de hormigón de gravedad, se han estimado las leyes de subpresión en todas las secciones de control. La siguiente Imagen presenta las subpresiones en la sección 2, el resto de subpresiones se encuentran en el Anejo N° 1, planos del N° 9 al N° 12.



SECCIÓN 2 (LEY DE SUBPRESIONES)

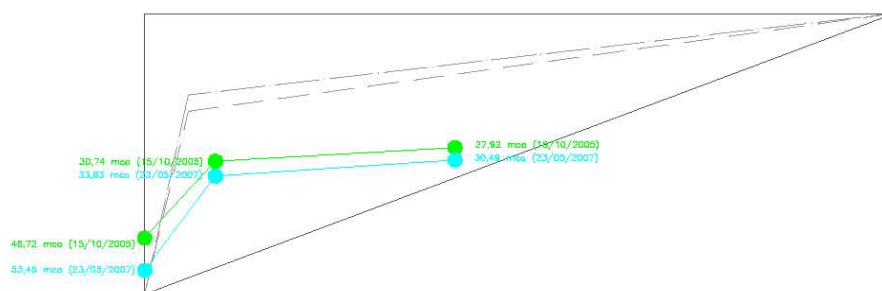


Imagen. Ley de subpresión en la sección de control 2

Es importante comentar que actualmente se observa una cierta ineficacia en la pantalla de impermeabilización y en el sistema de drenaje, específicamente en la zona central de la presa. A continuación se comenta sobre las leyes de subpresión estimadas en la cimentación de la presa:

- Las presiones leídas en la cimentación del centro de la presa, específicamente en la sección de control 2, son considerablemente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. La estimación de la subpresión en esta sección de control se muestra en la Imagen anterior.
- Las presiones existentes en la cimentación de la presa, en las secciones centrales de control 3 y 4 son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.
- Las presiones registradas en la cimentación de la presa y cerca de los estribos, secciones de control 1 y 6, son inferiores a la ley teórica de subpresiones.

8.2.3 Control de desplazamientos horizontales absolutos mediante péndulos directo e invertido.

El control de desplazamientos horizontales se realiza a través de un conjunto de péndulos directo e invertido, situados en el bloque 4.

En los gráficos D1 a D4 del Anejo N° 2, se presenta la evolución temporal de los movimientos radiales y tangenciales de los péndulos.

Los péndulos directo e invertido han realizado lecturas inconsistentes en toda la serie de datos conocida (febrero de 2002 hasta mayo de 2008), lo que hace imposible caracterizar su comportamiento, por ello estos equipos se consideran no fiables. El siguiente gráfico muestra las lecturas inconsistentes que realizan los péndulos.

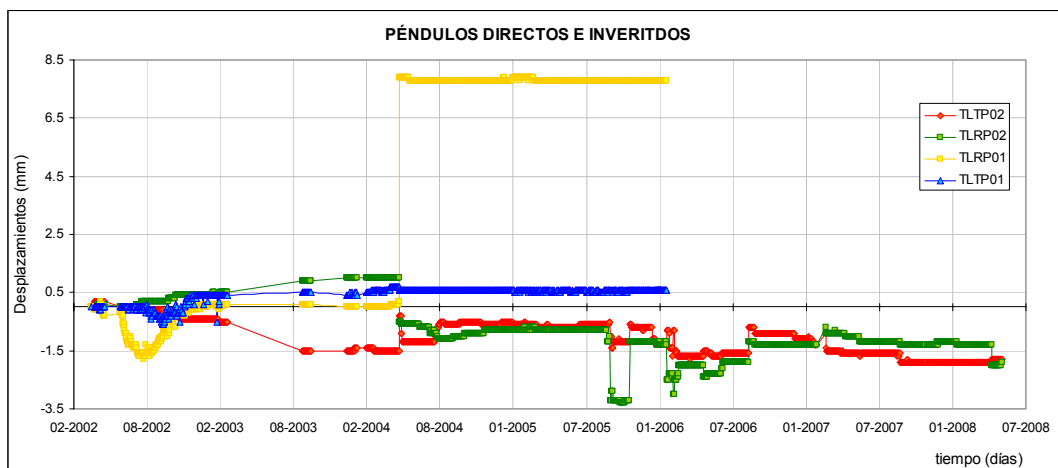


Gráfico. Lecturas inconsistentes de los péndulos

9. CONCLUSIONES

A la vista del análisis expuesto en los capítulos anteriores y considerando la tipología de la presa, sus características, el comportamiento de la misma durante el período en estudio y su antigüedad, se indican las siguientes conclusiones generales, las cuales se han clasificado en 4 grupos como se presenta a continuación.

a) Sobre las lecturas de instrumentos disponibles y el estado actual del sistema de auscultación instalado:

1. Todos los datos utilizados en el presente informe son automáticos de frecuencia diaria y han sido extraídos de la base de datos del Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) y de la remota de la presa.
2. El piezómetro PCV1 presenta lecturas inconsistentes y con mucha dispersión después de febrero de 2006, por esta razón se considera no fiable.
3. La serie de datos del piezómetro PCV10, presenta un período sin registros entre las fechas 10/05/2008 y 29/12/2008.
4. Los péndulos directo e inverso realizan lecturas inconsistentes durante toda la serie conocida. Este hecho refuerza aún más la necesidad de disponer de controles topográficos en la coronación de la presa.
5. Actualmente, sólo se encuentran operativos un 31% de los instrumentos instalados en la presa, de ellos un 93% arroja lecturas fiables. La tabla siguiente presenta un resumen de la operatividad y fiabilidad de cada aparato.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Limnígrafo eléctrico (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro (SAIH)	1	100%	100%
Termómetro (SAIH)	1	100%	100%
Aforadores triangulares Thomson	2	100%	100%
Piezómetros	10	100%	90%
Medidores XYZ tridimensionales	10	0%	-

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Péndulo directo	1	0% ⁽¹⁾	-
Péndulo invertido	1	0% ⁽¹⁾	-
Pilares de observación	2	0%	-
10 Clavos mixtos (nivelación-colimación)	10	0%	-
10 Clavos para nivelación topográfica	10	0%	-

TOTAL PUNTOS DE CONTROL: 49 31% 93%

Nota:

(1) Sólo se dispone de lecturas desde enero de 2003 hasta mayo de 2008

Tabla. Operatividad y fiabilidad del sistema de auscultación a fecha 31-12-2008

b) Sobre el análisis del comportamiento de las variables de control:

1. En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda, las cuales oscilan entre 8 y 20 l/min., son inferiores a las medidas en la margen derecha que varían entre 10 y 50 l/min.
2. El comportamiento de los aforadores está influenciado únicamente por el nivel del embalse.
3. Ninguno de los aforadores analizados presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.
4. En general, se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes piezómetros situados en la cimentación de la presa.
5. Tras realizar el análisis estadístico se concluye que el comportamiento de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-4, PCV-5 y PCV-7 tienen influencia, únicamente, de la carga hidrostática.

En cambio, los piezómetros PCV-6, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan una particular dependencia, además de la carga hidrostática, de la temperatura del aire, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante de los instrumentos.

6. Los piezómetros PCV2, PCV3, PCV8, PCV9 y PCV10 presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo, la siguiente tabla muestra dicho valor.

Piezómetro	Efecto irreversible (mca/año)
PCV2	0,24
PCV3	0,23
PCV8	0,20
PCV9	0,42
PCV10	0,31

Tabla. Tendencia de acumulados en el tiempo de los piezómetros

7. Por la especial relevancia que tienen las presiones, en la estabilidad de las presas de hormigón de gravedad, se han estimado las leyes de subpresión en todas las secciones de control, concluyendo lo siguiente:
- 7.1. La subpresión en la sección central 2 es considerablemente superior a la ley teórica reducida de subpresiones.
- 7.2. Las subpresiones existentes en las secciones centrales 3 y 4 son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.
- 7.3. Las subpresiones cerca de los estribos de la presa, secciones 1 y 6, son inferiores a la ley teórica de subpresiones.

c) Sobre la inspección realizada:

1. En la inspección se observó la existencia de una clara filtración en el contacto del estribo derecho con el macizo rocoso, hecho que es preocupante, por la alta permeabilidad del terreno donde se encuentra la presa, y porque no se controla su evolución.
2. En general, el paramento de aguas abajo de la presa se encuentra un poco deteriorado, pero bastante seco, a excepción de un sector húmedo que se encuentra cerca de la coronación.

d) Sobre la seguridad de la presa:

1. En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que el hecho de registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques centrales (secciones de control 2, 3 y 4), es una anomalía caracterizada y debe seguirse con especial atención la evolución de las mismas, dada la importancia de esta fuerza en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad. Sin olvidar, los distintos problemas de impermeabilidad que se han presentado en la cerrada de la presa desde su primer llenado.

Igualmente, debe precisarse un minucioso seguimiento, a la tendencia irrecuperable de aumento en las presiones de los piezómetros PCV 2, PCV 3, PCV 8, PCV 9 y PCV 10.

2. A día de hoy no se deducen otros aspectos de especial preocupación sobre el comportamiento de la presa, distintos a los mencionados en la conclusión anterior, más allá de la propia incertidumbre asociada a la falta de registros de auscultación, en particular, los referidos al control topográfico, control de movimientos horizontales y control de apertura de juntas.

10. PROGRAMA DE LECTURAS RECOMENDADO.

A partir de los datos de auscultación y la inspección realizada a la presa, es conveniente mantener un programa de mediciones, ya que es preciso contrastar las lecturas obtenidas de forma automática y las manuales, confirmando las precisiones de los distintos elementos de control.

De los sensores que están conectados al sistema automático de medición se registran lecturas diarias y se debe verificar que estos almacenen también la información.

Las lecturas manuales se realizarán de todos los aparatos y sistemas que no precisen el desmontaje del sensor automático para realizar dicha lectura manual. Estos datos se almacenan en la aplicación SIGAP proporcionada por la Dirección General del Agua desarrollada por el CEDEX.

Las frecuencias establecidas a continuación corresponden a un estado normal y estable de las diferentes variables a estudiar. La elaboración de este Plan se ha realizado atendiendo a las recomendaciones del COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS. En caso de registrar datos anómalos convendría duplicar las frecuencias y si la situación continuase, se realizarán las lecturas diariamente. A continuación se indica el programa de toma de lecturas manuales:

- Filtraciones de las juntas: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Piezómetros convencionales: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Apertura de las juntas: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Péndulos: lectura semanal (actualmente no se realiza).
- Nivelación y colimación: una campaña cada seis (6) meses, a realizar coincidiendo con el mes más caluroso y el más frío (actualmente no se realiza).

Siempre que se produzca una avenida importante, o un movimiento sísmico en la zona que sea superior al grado 6 en la escala MKS, o se detecte un comportamiento anómalo en la presa, se deberá realizar inmediatamente una campaña general de

toma de lecturas con los aparatos de auscultación y proceder a un análisis inmediato de la información obtenida.

11. RECOMENDACIONES

De acuerdo con todo lo indicado en el presente informe y apoyándose en el Anejo N° 5, se dan las recomendaciones siguientes:

1. Debe continuarse analizando las variables de control (aforadores y piezómetros) de la presa y comprobándose el correcto comportamiento de las mismas.
2. Efectuar el programa de mediciones que se incluye en el capítulo 10, ya que actualmente no se toman lecturas manuales para comparar con las automáticas y verificar el correcto funcionamiento de las mismas.
3. Calibrar o reparar el piezómetro de cuerda vibrante PCV1.
4. Con el objeto de mejorar la situación de subpresiones a las que está sometida la sección central de la presa se recomienda, previa verificación manual de las mediciones, realizar las siguientes actuaciones progresivamente:
 - a. Rehabilitar o ampliar la pantalla de drenaje, reperforando los drenes existentes.
 - b. Realizar un seguimiento de las nuevas lecturas y subpresiones registradas.
 - c. Si las nuevas presiones registradas siguen siendo mayores a las deseadas, realizar inyecciones, para luego perforar nuevos drenes.
5. Reparar los péndulos directo e inverso colocados en la presa.
6. Realizar lecturas de aperturas de juntas, ya que se dispone de las bases para medidores tridimensionales.
7. Comenzar a realizar campañas topográficas para poder controlar los movimientos en coronación, ya que se dispone de bases y clavos topográficos.
8. Controlar mediante inspección visual y documentación fotográfica la evolución de la filtración del estribo derecho de la presa.

9. Es importante realizar un especial seguimiento en la evolución de los instrumentos que se presentan en la siguiente Tabla, porque resultan significativos en el comportamiento caracterizado de la presa.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Aforadores	AF1 y AF2	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004. Además, las lecturas suministradas por estos aforadores se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo o en los estribos de la presa.
Piezómetros de cuerda vibrante	PCV-2 y PCV-3	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004, permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de presiones en el tiempo y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PCV-4, PCV-5, PCV-6 y PCV-7	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PCV-8, PCV-9 y PCV-10	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de subpresiones en el tiempo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

Tabla. Instrumentos a seguir exhaustivamente.

Valencia, Junio de 2009

VISTA FRONTAL DE LA PRESA DE GUIAMETS



OPERATIVIDAD Y FIABILIDAD DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN A FECHA 31-12-2008

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Límnigrafo eléctrico (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro (SAIH)	1	100%	100%
Termómetro (SAIH)	1	100%	100%
Aforadores triangulares Thomson	2	100%	100%
Piezómetros	10	100%	90%
Medidores XYZ tridimensionales	10	0%	-
Péndulo directo	1	0% (1)	-
Péndulo invertido	1	0% (1)	-
Pilares de observación	2	0%	-
10 Clavos mixtos (nivelación-collimación)	10	0%	-
10 Clavos para nivelación topográfica	10	0%	-

TOTAL PUNTOS DE CONTROL: 49 31% 93%

Nota:

(1). Sólo se dispone de lecturas desde enero de 2003 hasta mayo de 2008

INSTRUMENTOS A SEGUIR EXHAUSTIVAMENTE

INSTRUMENTOS	CODIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO	MOTIVO POR EL CUAL SE DEBE VIGILAR EL INSTRUMENTO
Aforadores	AF1 y AF2	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004. Además, las lecturas suministradas por estos aforadores se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo o en los estribos de la presa.
Piezómetros de cuerda vibrante	PCV-2 y PCV-3	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004, permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de presiones en el tiempo y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PCV-4, PCV-5, PCV-6 y PCV-7	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PCV-8, PCV-9 y PCV-10	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de subpresiones en el tiempo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

CONCLUSIONES MÁS IMPORTANTES DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUIAMETS

FILTRACIONES

En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda, las cuales oscilan entre 8 y 20 l/min., son inferiores a las medidas en la margen derecha que varían entre 10 y 50 l/min.

El comportamiento de los aforadores está influenciado únicamente por el nivel del embalse y ninguno presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.

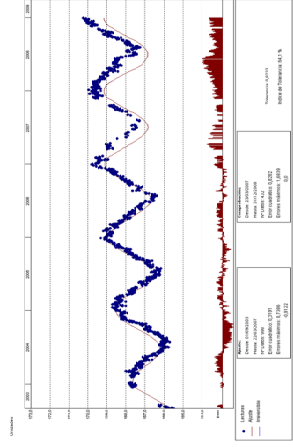
SUBPRESIONES

Se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes piezómetros situados en la cimentación de la presa.

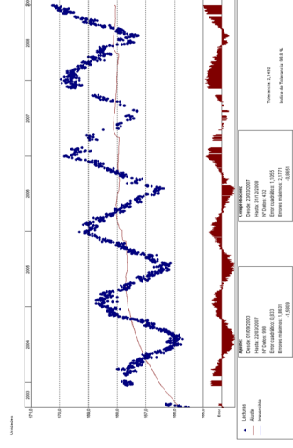
Tras realizar el análisis estadístico se concluye que el comportamiento de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-4, PCV-5 y PCV-7 tienen influencia, únicamente, de la carga hidrostática.

En cambio, los piezómetros PCV-6, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan una particular dependencia, además de la carga hidrostática, de la temperatura medioambiental, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante de los instrumentos.

Para demostrar tan curiosa influencia térmica se realizaron dos modelos estadísticos a cada piezómetro; el primero calculando el mejor ajuste estadístico (con dependencia de la carga hidrostática y la temperatura) y el segundo, solamente, con influencia del nivel de embalse.



Ajuste estadístico dependiente de nivel de embalse y temperatura



Ajuste estadístico con influencia, únicamente del nivel de embalse

Gráfico. Comparación entre los ajustes de los dos modelos realizados al PCV-9

Los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo, la siguiente tabla muestra dicho valor.

Piezómetro	Efecto irreversible (mcal/año)	Piezómetro	Efecto irreversible (mcal/año)
PCV-2	0,24	PCV-9	0,42
PCV-3	0,23	PCV-10	0,31
PCV-8	0,20	-	-

Tabla. Tendencia irreversible al aumento de subpresiones de los piezómetros

Tras analizar la estimación de la ley de subpresiones se concluye que:

Las presiones leídas en la cimentación del centro de la presa, sección de control 2, son considerablemente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.

Las presiones registradas en la cimentación de la presa, en las secciones centrales de control 3 y 4 son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.

Las presiones leídas en la cimentación de la presa y cerca de los estribos, secciones de control 1 y 6, son inferiores a la ley teórica de subpresiones.

SEGURIDAD

En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que el hecho de registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques centrales (secciones de control 2, 3 y 4), es una anomalía caracterizada y debe seguirse con especial atención la evolución de las mismas, dada la importancia de esta fuerza en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad. Sin olvidar, los distintos problemas de impermeabilidad que se han presentado en la cerrada de la presa desde su primer llenado.

Igualmente, debe precisarse un minucioso seguimiento, a la tendencia irrecuperable de aumento en las presiones de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-8, PCV-9 y PCV-10.

A día de hoy no se deducen otros aspectos de especial preocupación sobre el comportamiento de la presa, distintos a los mencionados en la conclusión anterior, más allá de la propia incertidumbre asociada a la falta de registros de auscultación, en particular, los referidos al control topográfico, control de movimientos horizontales y control de apertura de juntas.

IMÁGENES IMPORTANTES

IMÁGENES TOMADAS EL DÍA DE LA VISITA A LA PRESA 12-09-2008



Filtración ubicada en el estribo derecho



Filtraciones en el paramento aguas abajo

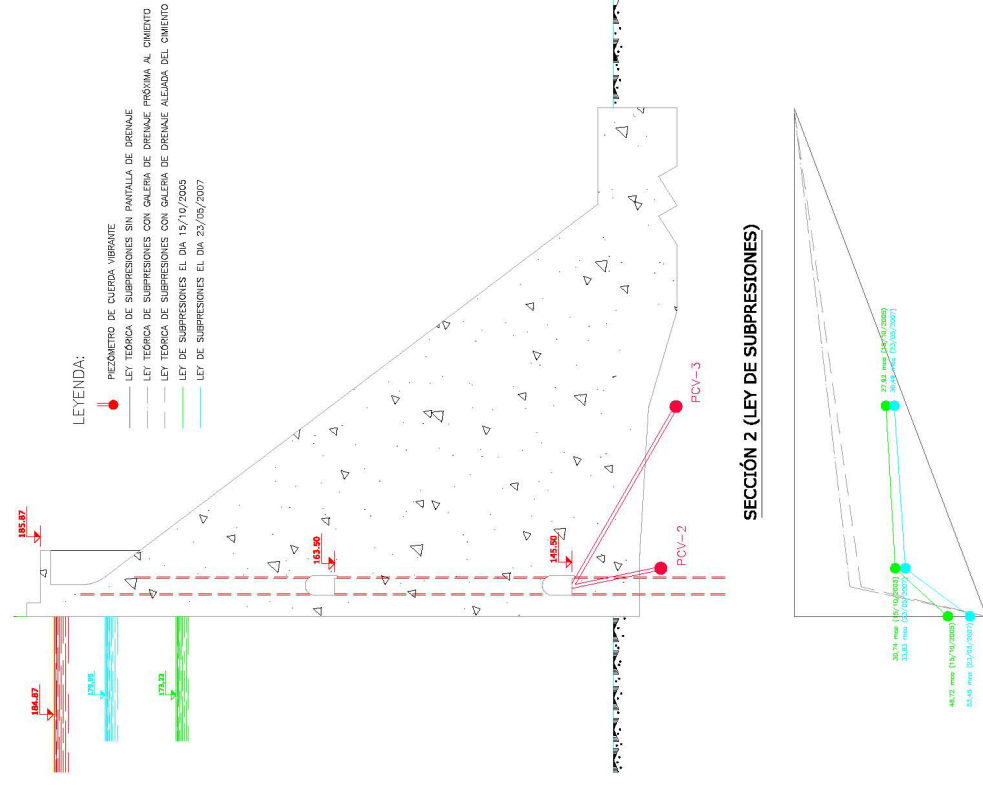


Vista lateral de la presa, desde aguas abajo



Galería inferior de la presa

ESTIMACIÓN DE LA LEY DE SUBPRESIÓN EN LAS SECCIÓN CENTRAL 2



SECCIÓN 2 (LEY DE SUBPRESIONES)

4.3.2 Identificación Personal de Modos de Fallo de la Presa de Guiamets y su Vinculación con el Sistema de Auscultación

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

PRESA DE GUIAMETS

ENTREGADO EN FECHA: 01-09-2009

**PROTOCOLO PARA EL ANÁLISIS DE
MODOS DE FALLO
EN SISTEMAS PRESA-EMBALSE**

Participante:	Luis Antonio García Kabbabe
Profesión:	Ingeniero Civil
Cargo:	

Facilitador:	
Fecha:	Septiembre de 2009
Lugar:	Universidad Politécnica de Valencia

2. FICHA TÉCNICA DE LA PRESA

Características de la Presa			
Tipo	Gravedad y hormigón en masa convencional	Ancho de Coronación (m)	5,00
Planta	Recta	Volumen de Fábrica (m³)	62000,00
Cota de Coronación (m.s.n.m.)	185,87	Número de Bloques	9
Cota de Cimientos (m.s.n.m.)	128,00	Talud Aguas Arriba (H:V)	Vertical
Cota de Cauce (m.s.n.m.)	132,00	Talud Aguas Abajo (H:V)	0,756 : 1
Altura sobre Cimiento (m)	57,87	Geología de la Cerrada:	Formación calcárea que presenta calizas (red de juntas karstificadas) en la parte media y alta de la serie, y dolomías en la base. Estructura monoclinial buzando suavemente unos 20° hacia el este o sudeste.
Altura sobre Cauce (m)	53,87		
Longitud de Coronación (m)	189,20		

Características del Embalse			
Nivel Máximo Normal NMN (m.s.n.m.)	184,87	Superficie de Cuenca vertiente (Km²)	75,00
Nivel de Avenida de Proyecto NAP (m.s.n.m.)	Se desconoce, estos datos están errados en el Documento XYZT	Superficie de Embalse a NMN (Ha)	71,78
Nivel de Avenida Extrema NAE (m.s.n.m.)		Volumen de Embalse a NMN (Hm³)	14,43

Características del Aliviadero			
Tipo	Lateral de labio fijo	Vanos	1
Situación	Margen izquierdo, contiguo al estribo e independiente de él.	Caudal a NAP (m³/s)	84,62
Perfil del vertedero	Recto	Elemento de Disipación de Energía:	La descarga se realiza lanzando el caudal sobre la roca que aflora en la margen izquierda, a unos 150 m. aguas abajo del cuerpo de la
Longitud Total	40,00		

Características del Desagüe de Fondo			
Nº de Conductos	2	Material	Conducción de acero
Forma del conducto	Circular	Situación	Atraviesa el cuerpo de presa cerca de la margen derecha
Válvulas por conducto	2		
Cota de embocadura (m.s.n.m.)	133,05	Caudal total al N.M.N. (m3/s.)	16,20
Tipo de válvulas / compuertas	- Regulación: válvula compuerta circular de 1 m. de diámetro. - Seguridad: válvula compuerta tipo Bureau de 0,80 m. x 1 m.		

Características de la Toma de Riego			
Nº de Conductos	2	Material	Conducción de acero
Forma del conducto	Circular	Situación	Bloque 4
Válvulas por conducto	2	Cota ejes conductos (m.s.n.m.)	152,13
Cota de embocadura (m.s.n.m.)	151,05	Caudal total al N.M.N. (m3/s.)	16,20
Tipo de válvulas / compuertas	- Regulación: válvula compuerta Howel-Bunger de 1 m. de diámetro. - Seguridad: válvula compuerta tipo Bureau de 0,80 m. x 1 m.		

3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1.- Documentos que son relevantes y que permiten conocer al sistema presa-embalse.

- Normas de Explotación de la Presa de Guiamets. UTE INCLAM/SURGE. Diciembre de 2003.
- Documento XYZT de la Presa de Guiamets. UTE INCLAM/SURGE.
- Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009

3.2.- Carencias en la documentación o información, que se consideren importantes, del sistema presa-embalse.

- Estudio de la Impermeabilización del Vaso y Cerrada de la Presa de Guiamets (obra ejecutada durante la década de los 80).
- Documentación técnica relativa a las inyecciones realizadas en el cuerpo de la presa en el año 2000.
- Documentación técnica relativa al sistema de auscultación.
- Plan de Emergencia de la Presa de Guiamets.
- Informes de Seguridad de la Presa de Guiamets.

3.3.- Observaciones importantes después de analizar la documentación disponible.

Se han presentado problemas de impermeabilidad en la cerrada y en el vaso de almacenamiento a lo largo de la historia de la presa, a continuación se resumen las acciones y obras realizadas:

- Entre los años 35-40 se redacta:
 - Informe sobre los sondeos realizados en la prevista cerrada de la presa.
 - Proyecto de pantalla impermeable, el XYZT dice que se tienen dudas respecto a su ejecución, porque no se ha encontrado ningún documento que haga mención a los resultados.
- En 1951 comienza la construcción de la presa y culmina en el año 1970 (entre 1958 y 1960 las obras se paralizaron y, la concesión pasa de los regantes al M.O.P.).
- Entre 1970 y 1973, por problemas de filtraciones en el cuerpo, laderas y estribos y, pie de presa, se ejecutan inyecciones en la cimentación (pantalla de impermeabilización) y un sistema de drenaje. Las inyecciones se extienden unos 20 m. en la margen derecha para sellar un manantial existente al pie de la ladera.
- En los años 80, vuelven a aparecer problemas de impermeabilidad en la cimentación y Euroestudios, S.A. propone una pantalla de inyecciones para impermeabilizar la cerrada, esta obra se ejecuta.
- En 1997, se perfora la pantalla de drenaje, porque los drenes existentes se habían colmatado de cal y perdieron la operatividad.
- En el 2000, se realizan inyecciones de lechada en el cuerpo de la presa.

Según el Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Norma Sismorresistente NCSE-94, la aceleración sísmica básica para el emplazamiento de la presa resulta de 0,04g (siendo g la aceleración de la gravedad), resultando una aceleración sísmica de cálculo inferior a 0,06g, lo cual implica que no es necesaria la aplicación de esta Norma. Tomado del Documento XYZT.

4. PROPUESTA INDIVIDUAL DE MODOS DE FALLO

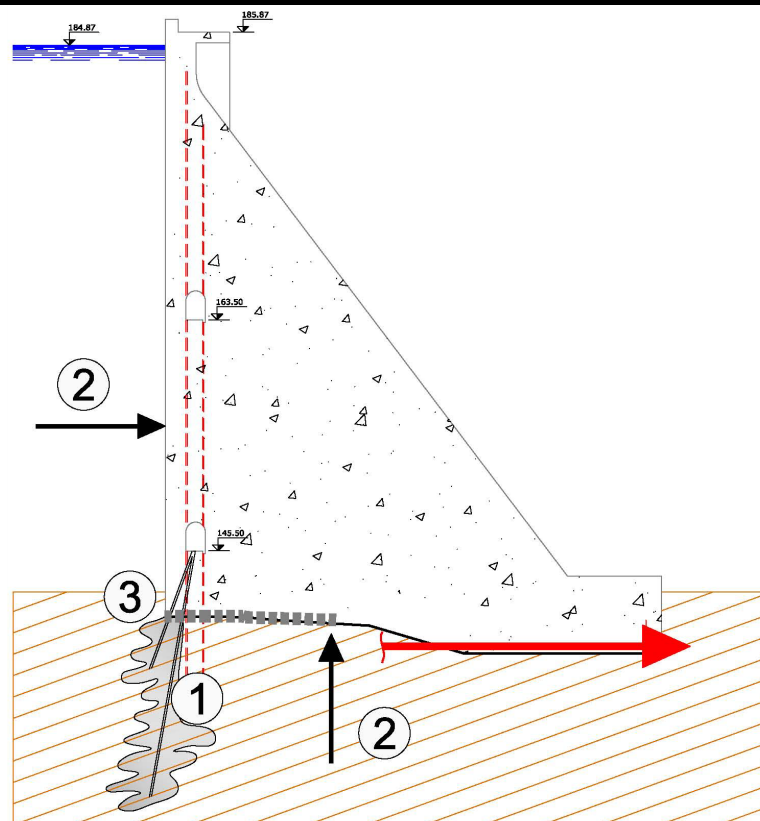
A continuación se presenta la propuesta individual de modos de fallo identificados en la presa de Guiamets.

a.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Debido a una **colmatación en los drenes (1)** y pudiendo concurrir con una **pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cemento (1)**, se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones **(2)**, producen **desplazamientos** en cimentación y **movimientos** diferenciales en el cuerpo de la presa, hasta ser capaz de generar una **grieta de tracción (3)** en el pie del contacto presa-cimiento, formando un plano débil en dicho contacto donde se agote la resistencia a cortante y se produzca el **deslizamiento** del tercer bloque de la presa y la rotura de la misma.

Esquema Gráfico de Modo de Fallo



Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-2, PCV-3 y AF-1 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son considerablemente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

b.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo a.), pero se produce el deslizamiento del cuarto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-4, PCV-5, AF-1 y AF-2 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

c.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo a.), pero se produce el deslizamiento del quinto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-6, PCV-7, PCV-8 y AF-2 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son ligeramente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

d.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo a.), pero se produce el deslizamiento del sexto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-9 y PCV-10 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son inferiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

e.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo a.), pero se produce el deslizamiento del segundo bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • El piezómetro PCV-1 instalado en la cimentación del segundo bloque, realiza lecturas no fiables. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. • Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. 		<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. • En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

f.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Ídem Modo de Fallo a.), pero se produce el deslizamiento de alguno de los siguientes bloques 7, 8 ó 9 de la presa.

Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta

ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Inspección visual	-

Factores a Favor

- En la cimentación de estos bloques no se controlan las subpresiones.
- En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones).
- En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes.
- Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes.

Factores en Contra

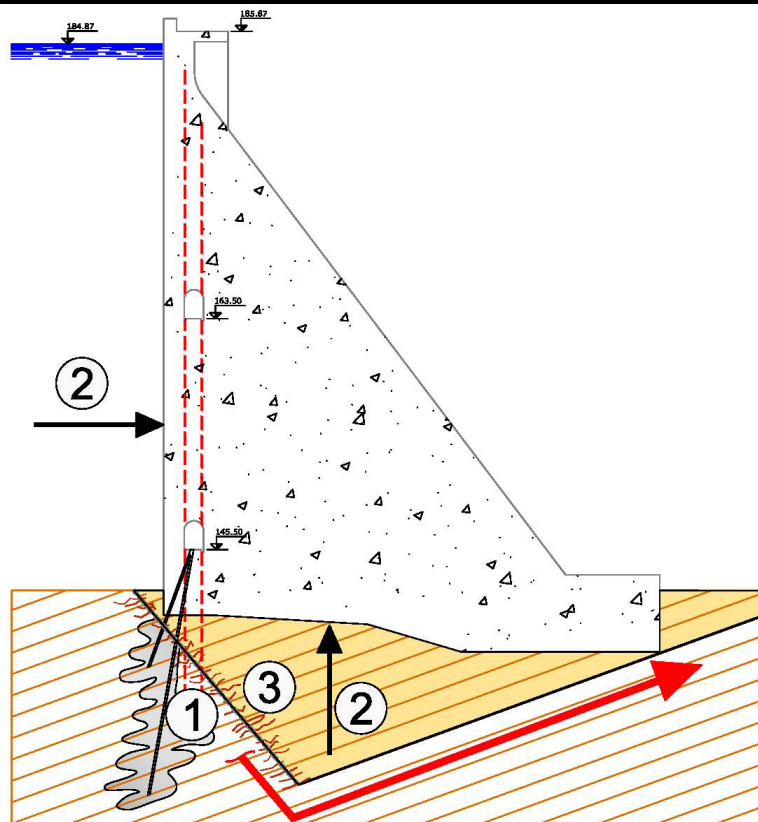
- En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente.
- En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes.

g.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Debido a una **colmatación en los drenes (1)** y pudiendo concurrir con una **pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cemento (1)**, se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones **(2)**, sea capaz de generar **grietas de tracción (3)** que progresen a través de una familia de estratos sensiblemente diaclasados en cimentación, hasta formar una combinación de planos débiles donde sea cinemáticamente posible el movimiento. Este mecanismo continúa, hasta que en las superficies débiles formadas o preexistentes se agote la resistencia a cortante y se produzca el **deslizamiento** de la cuña creada en cimentación junto con el tercer bloque de la presa y así la rotura de la misma.

Esquema Gráfico de Modo de Fallo



Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-2, PCV-3 y AF-1 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son considerablemente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realiza mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

h.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo g.), pero se produce el deslizamiento del cuarto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-4, PCV-5, AF-1 y AF-2 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

i.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo g.), pero se produce el deslizamiento del quinto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-6, PCV-7, PCV-8 y AF-2 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son ligeramente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. • Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. • Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. • En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

j.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo g.), pero se produce el deslizamiento del sexto bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	PCV-9 y PCV-10 Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • Las presiones registradas en la cimentación de esta sección de control, son inferiores a la ley teórica reducida de subpresiones. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. • Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. • Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. • En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

k.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo g.), pero se produce el deslizamiento del segundo bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Ci(4) / E-Cp(6) / C-Ci(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • El piezómetro PCV-1 instalado en la cimentación del segundo bloque, realiza lecturas no fiables. Tomado del Informe Anual de Auscultación. Junio de 2009. • En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. • Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. • Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. • En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

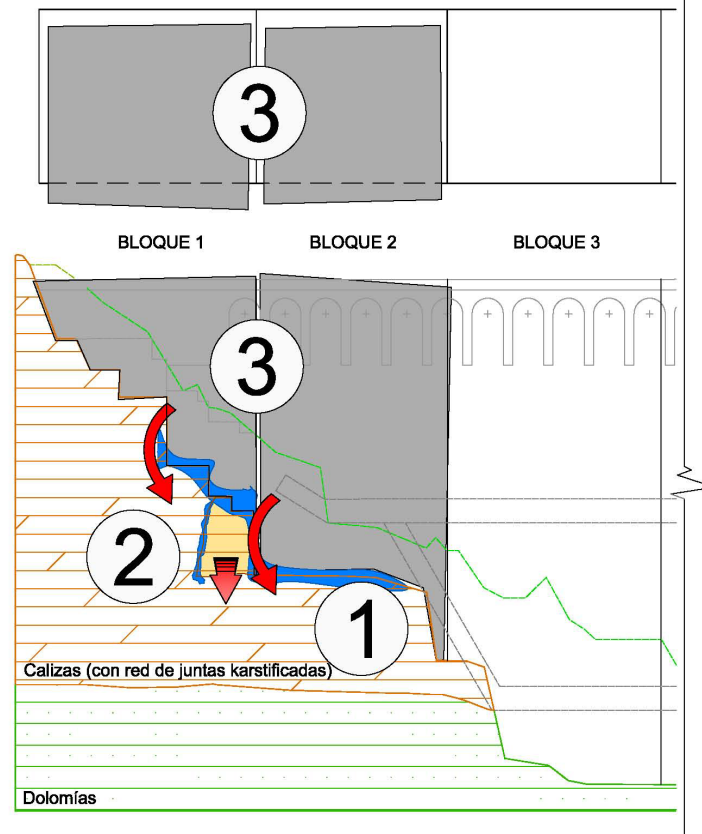
I.) Propuesta Individual de Modo de Fallo			
Escenario: Hidrológico y Explotación Normal			
Ídem Modo de Fallo g.), pero se produce el deslizamiento del segundo bloque.			
Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	E-Si(1) / E-Sd(1)	C-Es(4) / E-Cp(6) / C-Es(2)	I
VARIABLES	Subpresiones y filtraciones en las galerías (caudal procedente de los drenes).	Tensiones. Movimientos y deformaciones en la cimentación. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • En la cimentación de estos bloques no se controlan las subpresiones. • En la cerrada de la presa se han presentado varios problemas de impermeabilización a lo largo de la historia (en los años 1973 y 1982 se ejecutaron inyecciones). • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron depósitos de carbonato cálcico en la galería inferior y cerca de la zona de drenes. • Han pasado más de 11 años desde el último mantenimiento realizado a los drenes. • Se desconoce si existe una familia de diaclasas sensiblemente débiles en la formación rocosa de dolomías. 		<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observaron que los drenes se encuentran operativos y permanecen rezumando efectivamente. • En el año 1997 se realizó mantenimiento al sistema de drenaje y se reperforan los drenes existentes. 	

m.) Propuesta Individual de Modo de Fallo

Escenario: Hidrológico y Explotación Normal

Se **incrementa el caudal de filtración (1)** a través de las juntas karstificadas del estribo derecho, siendo capaz de crearse un plano débil (2) en la cimentación de los bloques del estribo donde sea cinemáticamente posible el movimiento, originando **desplazamientos (3)** diferenciales entre los bloques de la margen derecha. Este mecanismo continúa, hasta producirse el **deslizamiento** de la cuña formada en la cimentación karstificada, desconfinando lateralmente y desestabilizando los bloques 1 y/o 2 de la presa, hasta producir la rotura de la misma.

Esquema Gráfico de Modo de Fallo



Codificación del Modo de Fallo según la Herramienta			
ESCENARIO	INICIO	DESARROLLO	ROTURA
H-N	Incremento de filtración	C-Es(4) / E-Cp(6)	I
VARIABLES	Aforadores y turbidez del agua	Movimientos y deformaciones en los estribos. Movimientos en juntas, desplazamientos horizontales y verticales, y giros.	-
INSTRUMENTOS	Inspección visual	Inspección visual	-
Factores a Favor		Factores en Contra	
<ul style="list-style-type: none"> • En la inspección realizada a la presa el día 12/09/2008, se observó la existencia de una filtración en la zona del estribo derecho de la presa. • La geología de los estribos de la presa presenta calizas con red de juntas karstificadas y planos de estratificación abiertos. Tomado del Documento XYZT. Diciembre de 2003. • Han pasado más de 38 años que se trató el manantial de la margen derecha de la presa. 		<ul style="list-style-type: none"> • A comienzos de los años 70, cuando se realizaban trabajos para impermeabilizar la cerrada, se ejecutaron inyecciones unos 20 m. hacia la ladera derecha de la presa para sellar un manantial existente en el sector del estribo. • Las subpresiones registradas en la zona del estribo son bajas e inferiores a la ley teórica (reducida) de cálculo. 	

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La elaboración de esta Tesina de Máster ha constituido un aporte al análisis cualitativo de modos de fallo en sistemas presa – embalse y a la vinculación de los mismos con la auscultación de las presas de hormigón, ya que fue planteado un protocolo que facilita las sesiones de análisis de modos de fallo, también se propuso una herramienta complementaria para estructurar los mismos; además permitió en los casos de aplicación, analizar y parametrizar el comportamiento de las presas de hormigón de “El Val” y “Guiamets” a partir de los registros de auscultación y el juicio ingenieril, incluyendo la identificación de modos de fallo de las presas estudiadas a través de las herramientas propuestas.

A continuación se recogen una serie de conclusiones que se derivan de lo expuesto en los capítulos anteriores, éstas han sido organizadas para mayor claridad según su relación con: la modelación estadística y la parametrización del comportamiento, el protocolo para analizar modos de fallo, la herramienta complementaria para estructurar modos de fallo en presas de hormigón y los casos de estudio (análisis de comportamiento e identificación de modos de fallo).

5.1.1 Conclusiones relacionadas con la modelación estadística y la parametrización del comportamiento

De acuerdo con la aplicación práctica de los modelos estadísticos realizados en los casos de estudio, puede indicarse que:

1. La experiencia del ingeniero que analiza los datos de auscultación es fundamental para disminuir las incertidumbres asociadas a las mediciones, ya que estos registros son los datos de partida para la modelación estadística.
2. La modelación estadística de los datos de auscultación ayuda al análisis y permite evaluar el comportamiento de la presa, siempre y cuando la modelización se elabore con rigor y juicio ingenieril.

3. Parametrizar el comportamiento de una presa y actualizar los registros de auscultación frecuentemente, permite detectar en poco tiempo cualquier anomalía en su comportamiento.
4. Se logró parametrizar el comportamiento, a través de varios instrumentos de medición en las dos presas estudiadas.

5.1.2 Conclusiones referentes al protocolo para el análisis de modos de fallo en sistemas presa – embalse

En relación con el protocolo propuesto se puede comentar lo siguiente:

1. Combinar las ideas esenciales de las metodologías planteadas por la FERC y el PCAR convierten al protocolo en una herramienta ordenada y robusta para analizar cualitativamente modos de fallo.
2. La confección de un protocolo que ayude a analizar los modos de fallo, es de gran importancia ya que constituye un instrumento práctico y útil que guía a los participantes del proceso a establecer el análisis fácilmente.
3. Los apartados del protocolo, utilizados en la presente Tesina de Máster se han completado con éxito.

5.1.3 Conclusiones respecto a la Herramienta para Estructurar los Modos de Fallo en Presas de Hormigón

En relación a la herramienta para estructurar los modos de fallo se concluye que:

1. La herramienta en ningún momento intenta capturar la totalidad de los mecanismos de rotura en presas de hormigón, más bien pretende que no se escape ningún escenario, componente, fenómeno de inicio o desarrollo que contemple un modo de fallo típico en este tipo de presas.
2. Esta herramienta es un instrumento conciso y de fácil manejo que es capaz de ayudar a la identificación y estructuración en las definiciones de los modos de fallo en presas de hormigón, adicionalmente permite relacionar los mismos con el sistema de auscultación.
3. La utilidad de la herramienta ha quedado demostrada al describir, esquematizar y codificar los modos de fallo de las presas estudiadas; incluso se expone el carácter integral de la misma porque se logró vincular los mecanismos de rotura con los sistemas de auscultación instalados.

5.1.4 Conclusiones relacionadas con el Informe Anual de Auscultación y el Análisis de Comportamiento de la presa de El Val

Después de analizar el comportamiento de la presa de El Val se indican las siguientes conclusiones generales, las cuales se han clasificado en 4 grupos como se presenta a continuación.

a.) Sobre las lecturas de instrumentos disponibles y el estado actual del sistema de auscultación instalado:

1. Actualmente, se encuentran operativos un 55% de los instrumentos instalados en la presa y de ellos el 89% de sus lecturas son fiables. La Tabla siguiente presenta un resumen de la operatividad y fiabilidad de cada aparato.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Balanza de presión hidrostática (SAIH) y escala limnimétrica graduada	2	100%	100%
Termómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro manual y automático (SAIH)	1	100%	100%
Evaporímetro, anemómetro	2	100%	100%
Aforadores triangulares tipo Thomson	4	100%	100%
Piezómetros de cuerda vibrante (cimentación)	22	91%	95%
Piezómetros de cuerda vibrante (juntas de construcción)	10	70%	100%
6 Extensómetros de 3 varillas	18	94%	88%
Péndulos directos	12	100%	100%
Péndulos inversos	8	100%	38%
Medidores de juntas Internos	10	30%	100%
Ternas de bases para medida con defórmetro	12	0%	-
Medidores tridimensionales	12	0%	-
Extensómetros de cuerda vibrante	40	0%	-
Clinómetros	11	0%	-
Termorresistencias (termómetros)	58	66%	82%
Clavos / bases mixtas de colimación y nivelación	12	100%	100%
Bases de nivelación	8	50%	100%
Triangulación geodésica	6	100%	100%
TOTAL PUNTOS DE CONTROL:	249	55%	89%

Tabla N° 5.1

Operatividad y fiabilidad del sistema de auscultación de la presa de El Val, al 31-12-2008

b.) Sobre el comportamiento de las variables de control:

1. En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda son inferiores a las medidas en la margen derecha, tanto en la galería inferior como en la intermedia; y su comportamiento está influenciado por las oscilaciones del nivel de embalse y las precipitaciones.
2. El aforador AF-572-MD (galería intermedia) presenta efecto irreversible de filtraciones acumuladas en el tiempo del orden de 2,94 l/min. al año.
3. Las presiones registradas en la cimentación de la zona central de la presa (bloques 3, 4 y 5) son bajas e inferiores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
4. Las presiones leídas en la cimentación de las secciones cercanas a los estribos, sección de control P-3 ubicada en el bloque 2 y sección de control P-14+5 situada en el bloque 6, son mayores a la ley teórica (de cálculo) reducida de subpresiones.
5. En general, las lecturas registradas por los extensómetros de varilla tienen poca variabilidad al transcurrir el tiempo, es decir, los datos registrados oscilan en un rango muy pequeño para un mismo instrumento, por ello no se han producido desplazamientos verticales ni horizontales considerables en la cimentación.
6. Las lecturas radiales de todos los bloques instrumentados con péndulos directos (B3, B4 y B6) se comportan similarmente, respondiendo a la combinación de las variables exteriores de la siguiente manera: desplazamientos hacia aguas abajo cuando el nivel de embalse aumenta y la temperatura disminuye, y movimientos hacia aguas arriba por la combinación opuesta de las variables exteriores.
7. Las lecturas radiales de los péndulos directos presentan movimientos irreversibles (acumulados en el tiempo) hacia aguas abajo que varían entre 0,22 y 0,50 mm. al año.
8. Los valores medidos de las juntas están influenciados claramente por la onda térmica, presentando aberturas en los meses de invierno – primavera y cierres en verano – otoño.
9. En general, los rangos de variación entre la temperatura mayor y la menor registrada por todas las termorresistencias embebidas en el hormigón, son relativamente pequeñas, y debido a este comportamiento

es razonable suponer que la susceptibilidad térmica tiene un alcance limitado en el cuerpo de presa.

10. En general, los movimientos verticales de la presa han sido pequeños y han evolucionado con normalidad desde la primera campaña topográfica de la cual se tienen mediciones (08-06-2000), dependiendo básicamente de los ciclos anuales de temperatura, con izamientos debidos a dilatación térmica y asientos producidos por el efecto contrario.
11. Los desplazamientos radiales de la presa, según colimación y triangulación geodésica, han respondido a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura) de la misma manera que los movimientos registrados por los péndulos directos.
12. Los modelos estadísticos de colimación, realizados en los bloques centrales de la presa, presentan en promedio un movimiento radial irreversible en el tiempo hacia aguas abajo de 0,64 mm al año.
13. Se determinaron los instrumentos fiables y que proporcionan información significativa sobre el comportamiento de la presa de El Val, éstos se muestran en la siguiente Tabla, en ella se explica el motivo por el cual es importante vigilar la evolución de los aparatos.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Aforadores	AF-572- MD	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005, presenta tendencia irrecuperable de aumento de caudales y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en el estribo derecho o en el cuerpo de la presa (fisuración o agrietamiento).
	AF-572- MI AF-544- (MD,MI)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2005 y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo, en la cimentación o estribos de la presa (AF-572-MI ubicado en la galería intermedia y AF-544-MD y MI situados en la galería inferior).
Piezómetros	PZ-B2- (1,2) PZ-B6- (1,2)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas que realizan estos piezómetros son fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Piezómetros	PZ-B3- (1,2,4,5) PZ-B4- (1,2,3,4,5,6) PZ-B5- (2,3,4,5,6)	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007 y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
Extensómetros de Varillas	EV-B3-1- A(1,3) EV-B4-1- A(1,2,3) EV-B4-2- A(1,2,3) EV-B5-1- A(1,2,3) EV-B5-2- A(1,2,3) EV-B5-3- A2	Se dispone de registros fiables de estos extensómetros desde enero de 2007. Además, estas lecturas serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
Péndulos directos	PD-B3- (2,3)R PD-B4- (2,3)R PD-B6- 3R	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007, presentan movimiento irreversible de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo y realizan lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
	PD-B6- 2R	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2007 y realiza lecturas fiables, las cuales serían indicativas de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Medidores de juntas internas	MJI- 23-G3 MJI- 56-G3 MJI- 67-G3	Se dispone de registros fiables de aperturas de juntas desde enero de 2007. Además, estas lecturas serían las indicativas de un comportamiento anómalo entre los bloques de la presa.
Nivelación topográfica	Pilares N4 a N15	Se dispone de lecturas fiables desde julio de 2008, estos desplazamientos verticales serían indicativos de movimientos anómalos en el cuerpo de la presa.
Colimación topográfica	Pilares N4 a N12	Está parametrizado su comportamiento desde enero de 2004, permiten controlar la evolución de movimientos irreversibles hacia aguas abajo y se tiene fiabilidad en las lecturas topográficas.

Tabla N° 5.2
Instrumentos a seguir exhaustivamente en la presa de El Val

c.) Sobre la inspección realizada:

1. En la inspección realizada no se detectó ninguna anomalía en la presa.
2. Las canaletas ubicadas entre las galerías inferior e intermedia del estribo derecho y que se encargan de conducir las filtraciones de esa zona de la presa hasta el aforador AF-544-MD, se encuentran en mal estado y no están conectadas entre sí, por ello el caudal proveniente de las filtraciones y de los drenes transita por el suelo, hasta llegar al aforador; a diferencia de lo observado en las galerías del estribo izquierdo donde las canaletas se encuentran en buen estado.

d.) Sobre la seguridad de la presa:

1. En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que el hecho de registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques cercanos a los estribos, es una anomalía caracterizada en la presa y debe seguirse con especial atención, dada la importancia de esta fuerza desestabilizadora en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad; no pudiéndose descartar que el origen de estas altas subpresiones esté vinculado a alimentaciones de caudal procedentes de ambos estribos.

También, que los modelos estadísticos de colimación topográfica y péndulos directos muestren un leve movimiento irrecuperable en el tiempo hacia aguas abajo de la presa, si bien no es un hecho alarmante al día de hoy, requiere de un minucioso seguimiento.

Igualmente, la tendencia irreversible al aumento de caudales medidos por el aforador AF-572-MD precisa de una especial observación.

5.1.5 Conclusiones relacionadas con los modos de fallo identificados en la presa de El Val y su vinculación con el sistema de auscultación

Tras realizar la identificación de modos de fallo se puede decir que:

1. El análisis de la información disponible establece que la presa actualmente no presenta puntos vulnerables significativos, aunque existe incertidumbre respecto a las propiedades geológicas de la cerrada.
2. En esta presa sólo se identificó un modo de fallo y se planteó que este puede ocurrir en cualquiera de los bloques de la misma. El modo de fallo identificado se presenta en la siguiente Figura.

Descripción detallada del modo de fallo	Esquema gráfico
<p>Escenario: Hidrológico y Explotación Normal</p> <p>Debido a una colmatación en los drenes (1) y pudiendo concurrir con una pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cimiento (1), se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones (2), producen desplazamientos en cimentación y movimientos diferenciales en el cuerpo de la presa, hasta ser capaz de generar una grieta de tracción (3) en el pie del contacto presa-cimiento, formando un plano débil en dicho contacto donde se agote la resistencia a cortante y se produzca el deslizamiento de alguno de los siguientes bloques: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de la presa y la rotura de la misma.</p>	

Figura N° 5.1

Modo de fallo identificado en la presa de Val

- Aunque, actualmente no se tienen indicios de que el modo de fallo identificado esté pronto a ocurrir, ni se ha completado el proceso de análisis cualitativo establecido en el protocolo (para determinar la factibilidad de ocurrencia), lo importante es que la eventual evolución o desarrollo de este mecanismo ya está capturado por el sistema de auscultación existente en la presa.
- Se realizó satisfactoriamente la vinculación entre el sistema de auscultación y el modo de fallo identificado en cada uno de los bloques, definiendo los instrumentos claves que se deben vigilar, ya que éstos capturarían la eventual evolución o desarrollo del modo de fallo identificado. La Tabla N° 5.3 muestra los aparatos que detectarían la propagación del modo de fallo identificado.

Modo de fallo identificado	Instrumentos que vigilan la eventual propagación del modo de fallo
MF 1 desarrollado en el bloque 2	PZ-B2- (1,2); AF-572-MD; MJI-23-G3; Pilares topográficos N4 y N5 (colimación y nivelación); Inspección visual
MF 1 desarrollado en el bloque 3	PZ-B3- (1,2,4,5); AF-544-MD; EV-B3-1- A(1,3); PD-B3- (2,3)R; MJI-23-G3; Pilares topográficos N6 y N7 (colimación y nivelación); Inspección visual

Modo de fallo identificado	Instrumentos que vigilan la eventual propagación del modo de fallo
MF 1 desarrollado en el bloque 4	PZ-B4- (1,2,3,4,5,6); AF-544- (MD,MI); EV-B4-1- A(1,2,3); EV-B4-2- A(1,2,3); PD-B4- (2,3)R; Pilares topográficos N8 y N9 (colimación y nivelación); Inspección visual
MF 1 desarrollado en el bloque 5	PZ-B5- (2,3,4,5,6); AF-544- MI; EV-B5-1- A(1,2,3); EV-B5-2- A(1,2,3); EV-B5-3- A2; MJI-56-G3 Pilares topográficos N10 y N11 (colimación y nivelación); Inspección visual
MF 1 desarrollado en el bloque 6	PZ-B6- (1,2); AF-572-MI; PD-B6- (2,3)R; MJI-56-G3; MJI-67-G3; Pilar topográfico N12 (colimación y nivelación); Inspección visual
MF 1 desarrollado en el bloque 7	MJI-67-G3; Pilar topográfico N14 y N15 (nivelación); Inspección visual.
MF 1 desarrollado en algunos de los bloques 1 ó 8	Inspección visual.

Nota:

- | | | |
|----------------------|----------------------------------|------------------------|
| 1. MF: Modo de fallo | 4. AF: Aforador | 7. PD: Péndulo directo |
| 2. PZ: Piezómetro | 5. MJI: Medidor de junta interno | |
| 3. B: Bloque | 6. EV: Extensómetro de varilla | |

Tabla N° 5.3

Vinculación entre el modo de fallo identificado y el sistema de auscultación de la presa de El Val

5.1.6 Conclusiones relacionadas con el Informe Anual de Auscultación y el análisis de comportamiento de la presa de Guiamets

Tras analizar el comportamiento de la presa de Guiamets se indican las siguientes conclusiones generales, las cuales se han clasificado en 4 grupos como se presenta a continuación.

- a.) Sobre las lecturas de instrumentos disponibles y el estado actual del sistema de auscultación instalado:
 1. Actualmente, sólo se encuentran operativos un 31% de los instrumentos instalados en la presa, de ellos un 93% arroja lecturas fiables. La Tabla siguiente presenta un resumen de la operatividad y fiabilidad de cada aparato.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS	PORCENTAJE DE FIABILIDAD EN LAS LECTURAS
Limnógrafo eléctrico (SAIH)	1	100%	100%
Pluviómetro (SAIH)	1	100%	100%
Termómetro (SAIH)	1	100%	100%
Aforadores triangulares Thomson	2	100%	100%
Piezómetros	10	100%	90%
Medidores XYZ tridimensionales	10	0%	-
Péndulo directo	1	0% ⁽¹⁾	-
Péndulo invertido	1	0% ⁽¹⁾	-
Pilares de observación	2	0%	-
10 Clavos mixtos (nivelación-colimación)	10	0%	-
10 Clavos para nivelación topográfica	10	0%	-
TOTAL PUNTOS DE CONTROL:	49	31%	93%

Nota:

(1) Sólo se dispone de lecturas desde enero de 2003 hasta mayo de 2008

Tabla Nº 5.4

Operatividad y fiabilidad del sistema de auscultación de la presa de Guiamets, al 31-12-2008

b.) Sobre el comportamiento de las variables de control:

1. En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda, las cuales oscilan entre 8 y 20 l/min., son inferiores a las medidas en la margen derecha que varían entre 10 y 50 l/min.
2. El comportamiento de los aforadores está influenciado únicamente por el nivel del embalse y ninguno presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.
3. Se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes piezómetros situados en la cimentación de la presa, lográndose parametrizar el comportamiento de los mismos.
4. Tras realizar el análisis estadístico se concluye que el comportamiento de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-4, PCV-5 y PCV-7 tienen influencia, únicamente, de la carga hidrostática.
5. En cambio, los piezómetros PCV-6, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan una particular dependencia, además de la carga hidrostática, de la

temperatura medioambiental, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante de los instrumentos.

6. Los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo.
7. Tras analizar la estimación de la ley de subpresiones se concluye que:
 - 7.1. Las presiones leídas en la cimentación del centro de la presa, sección de control 2, son considerablemente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.
 - 7.2. Las presiones registradas en la cimentación de la presa, en las secciones centrales de control 3 y 4 son sistemáticamente superiores a la ley teórica reducida de subpresiones.
 - 7.3. Las presiones leídas en la cimentación de la presa y cerca de los estribos, secciones de control 1 y 6, son inferiores a la ley teórica de subpresiones.
8. Se determinaron los instrumentos fiables y que proporcionan información significativa sobre el comportamiento de la presa de Guiamets, éstos se muestran en la siguiente Tabla, en ella se explica el motivo por el cual es importante vigilar la evolución de los aparatos.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Aforadores	AF1 y AF2	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004. Además, las lecturas suministradas por estos aforadores se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en el cuerpo o en los estribos de la presa.
Piezómetros de cuerda vibrante	PCV-2 y PCV-3	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004, permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de presiones en el tiempo y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serían las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

Instrumentos	Codificación del instrumento	Motivo por el cual se debe vigilar el instrumento
Piezómetros de cuerda vibrante	PCV-4, PCV-5, PCV-6 y PCV-7	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y registran subpresiones superiores a las de cálculo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serian las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.
	PCV-8, PCV-9 y PCV-10	Está parametrizado su comportamiento desde el año 2004 y permiten controlar la tendencia irreversible de aumento de subpresiones en el tiempo. Además, las lecturas de estos piezómetros se consideran fiables y serian las indicativas de un comportamiento anómalo en la cimentación de la presa.

Tabla Nº 5.5

Instrumentos a seguir exhaustivamente en la presa de Guiamets

c.) Sobre la inspección realizada:

1. En la inspección se observó la existencia de una clara filtración en el contacto del estribo derecho con el macizo rocoso, hecho que es preocupante, por la alta permeabilidad del terreno donde se encuentra la presa, y porque no se controla su evolución.
2. En general, el paramento de aguas abajo de la presa se encuentra un poco deteriorado, pero bastante seco, a excepción de un sector húmedo que se encuentra cerca de la coronación.

d.) Sobre la seguridad de la presa

1. En conjunto, de la historia conocida y del comportamiento observado, cabe mencionar que el hecho de registrarse subpresiones superiores a las de cálculo en los bloques centrales (secciones de control 2, 3 y 4), es una anomalía caracterizada y debe seguirse con especial atención la evolución de las mismas, dada la importancia de esta fuerza en el equilibrio general de las presas de hormigón de gravedad. Sin olvidar, los distintos problemas de impermeabilidad que se han presentado en la cerrada de la presa desde su primer llenado.

Igualmente, debe precisarse un minucioso seguimiento, a la tendencia irre recuperable de aumento en las presiones de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-8, PCV-9 y PCV-10.

2. A día de hoy no se deducen otros aspectos de especial preocupación sobre el comportamiento de la presa, distintos a los mencionados en la

conclusión anterior, más allá de la propia incertidumbre asociada a la falta de registros de auscultación, en particular, los referidos al control topográfico, control de movimientos horizontales y control de apertura de juntas.

5.1.7 Conclusiones relacionadas con los modos de fallo identificados en la presa de Guiamets y su vinculación con el sistema de auscultación

Después de realizar la identificación de modos de fallo se puede decir que:

1. El análisis de la información disponible establece que la presa ha presentado problemas de impermeabilidad en la cerrada y en el vaso de almacenamiento a lo largo de la historia, además en el año 1997 se reperfilaron los drenes por haberse colmatado de cal.
2. En esta presa se identificaron tres modos de fallo, estos se presentan en la Figura N° 5 2.

Descripción detallada de cada modo de fallo	Esquema gráfico
<p>Modo de Fallo 1</p> <p>Escenario: Hidrológico y Explotación Normal</p> <p>Debido a una colmatación en los drenes (1) y pudiendo concurrir con una pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cimiento (1), se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones (2), producen desplazamientos en cimentación y movimientos diferenciales en el cuerpo de la presa, hasta ser capaz de generar una grieta de tracción (3) en el pie del contacto presa-cimiento, formando un plano débil en dicho contacto donde se agote la resistencia a cortante y se produzca el deslizamiento de alguno de los siguientes bloques: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ó 9 de la presa y la rotura de la misma.</p>	

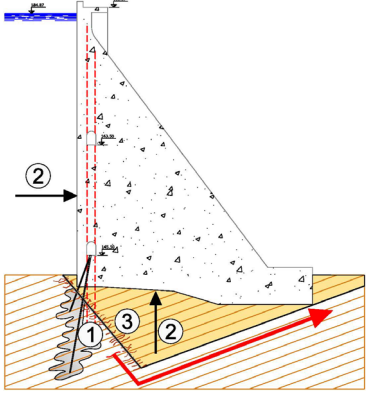
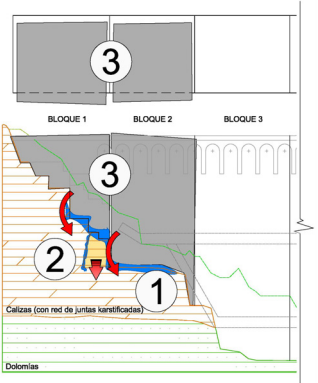
Descripción detallada de cada modo de fallo	Esquema gráfico
<p>Modo de Fallo 2</p> <p>Escenario: Hidrológico y Explotación Normal</p> <p>Debido a una colmatación en los drenes (1) y pudiendo concurrir con una pérdida en la eficacia de la impermeabilización del cimiento (1), se incrementan las presiones en la cimentación, de forma tal, que la combinación entre el empuje hidrostático y las subpresiones (2), sea capaz de generar grietas de tracción (3) que progresen a través de una familia de estratos sensiblemente diaclasados en cimentación, hasta formar una combinación de planos débiles donde sea cinemáticamente posible el movimiento. Este mecanismo continúa, hasta que en las superficies débiles formadas o preexistentes se agote la resistencia a cortante y se produzca el deslizamiento de la cuña creada en cimentación junto con alguno de los siguientes bloques: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ó 9 de la presa y así la rotura de la misma.</p>	
<p>Modo de Fallo 3</p> <p>Escenario: Hidrológico y Explotación Normal</p> <p>Se incrementa el caudal de filtración (1) a través de las juntas karstificadas del estribo derecho, siendo capaz de crearse un plano débil (2) en la cimentación de los bloques del estribo donde sea cinemáticamente posible el movimiento, originando desplazamientos (3) diferenciales entre los bloques de la margen derecha. Este mecanismo continúa, hasta producirse el deslizamiento de la cuña formada en la cimentación karstificada, desconfinando lateralmente y desestabilizando los bloques 1 y/o 2 de la presa, hasta producir la rotura de la misma.</p>	

Figura N° 5.2

Modos de fallo identificados en la presa de Guiamets

- Debido a que el proceso de análisis de modos de fallo no se ha culminado según lo que establece la metodología expuesta en el protocolo, es difícil descartar la posibilidad de que ocurra alguno de los modos de fallo identificados.
- A pesar de que el sistema de auscultación de la presa de Guiamets es insuficiente, fue posible establecer la vinculación entre los modos de fallo identificados y los pocos instrumentos operativos y fiables instalados en la presa. El seguimiento de estos equipos es fundamental y de mucha importancia ya que detectarían la evolución de alguno de los modos de fallo identificados. La Tabla N° 5.6 muestra los aparatos que detectarían la propagación de los modos de fallo identificados.

Modo de fallo identificado	Instrumentos que vigilan la eventual propagación del modo de fallo
MF 1 y 2 desarrollado en el bloque 2	Inspección visual
MF 1 y 2 desarrollado en el bloque 3	PCV-2, PCV-3, AF-1e Inspección visual
MF 1 y 2 desarrollado en el bloque 4	PCV-4, PCV-5, AF-1, AF-2 e Inspección visual
MF 1 y 2 desarrollado en el bloque 5	PCV-6, PCV-7, PCV-8, AF-2 e Inspección visual
MF 1 y 2 desarrollado en el bloque 6	PCV-9, PCV-10 e Inspección visual
MF 1 y 2 desarrollado en alguno de los bloques 7, 8 ó 9	Inspección visual
MF 3	Inspección visual

Nota:

1. MF: Modo de fallo 2. AF: Aforador 3. PCV: Piezómetro de cuerda vibrante

Tabla N° 5.6

Vinculación entre los modos de fallo identificados y el sistema de auscultación de la presa de Guiamets

5.2 Recomendaciones

A continuación se presentan unas recomendaciones de carácter general, las cuales se han dividido según la herramienta para identificar los modos de fallo y los casos de estudio.

5.2.1 Recomendaciones relacionadas con la herramienta para estructurar modos de fallo

1. Se debe seguir utilizando la herramienta para identificar y estructurar modos de fallo en otras presas de hormigón, para de esta manera enriquecer su contenido.

5.2.2 Recomendaciones referidas a la presa de El Val

1. Debe continuarse analizando las variables de auscultación de la presa y comprobándose el correcto comportamiento de ésta, así como el buen funcionamiento del sistema de auscultación.

2. Se debe efectuar un programa de mediciones manuales para comparar con las lecturas automáticas y verificar el correcto funcionamiento de las mismas.
3. Se debe realizar un seguimiento exhaustivo a la evolución de los instrumentos que capturan actualmente el modo de fallo identificado en la presa.
4. Para formalizar el análisis cualitativo de modos de fallo se debe completar el protocolo y formar el grupo de trabajo para realizar los debates respectivos.

5.2.3 Recomendaciones referidas a la presa de Guiamets

1. Debe continuarse analizando las variables de control existentes (aforadores y piezómetros) de la presa y comprobándose el correcto comportamiento de las mismas.
2. Efectuar el programa de mediciones manuales para comparar con las lecturas automáticas y verificar el correcto funcionamiento de las mismas.
3. Calibrar o reparar el piezómetro de cuerda vibrante PCV1.
4. Con el objeto de mejorar la situación de subpresiones a las que está sometida la sección central de la presa se recomienda, previa verificación manual de las mediciones, realizar las siguientes actuaciones progresivamente:
 - 4.1. Rehabilitar o ampliar la pantalla de drenaje, reperforando los drenes existentes.
 - 4.2. Realizar un seguimiento de las nuevas lecturas y subpresiones registradas.
 - 4.3. Si las nuevas presiones registradas siguen siendo mayores a las deseadas, realizar inyecciones, para luego perforar nuevos drenes.
5. Reparar los péndulos directo e inverso colocados en la presa.
6. Realizar lecturas de aperturas de juntas, ya que se dispone de las bases para medidores tridimensionales.
7. Comenzar a realizar campañas topográficas para poder controlar los movimientos en coronación, ya que se dispone de bases y clavos topográficos.

8. Controlar mediante inspección visual y documentación fotográfica la evolución de la filtración del estribo derecho de la presa.
9. Se debe realizar un especial seguimiento a la evolución de los instrumentos claves que detectarían un posible desarrollo de los tres modos de fallo identificados en la presa de Guiamets.
10. Culminar el proceso del análisis cualitativo de modos de fallo completando las planillas del protocolo y formando el grupo de trabajo para realizar los debates respectivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, M. *El cimientado y la seguridad de la presa*, 2003.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CHE). *Versión Preliminar Documento XYZT de la presa de El Val*. Zaragoza, Julio 2000.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (CHE). *Plan de Emergencia de la Presa del Val. Revisión 0*. Zaragoza, 2000.
- COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS (CNEGP). *Guías Técnicas de Seguridad de Presas: Guía Nº 7, Auscultación de las Presas y sus Cimientos*. Colegio de Caminos Canales y Puertos, 2006.
- ESCUDER, I. *Synthesis of Dam Safety Protocol*. Tesis de Máster. Wisconsin, 1996.
- ESCUDER, I.; LORENZO, J.; FLEITZ, J.; MEMBRILLERA M. *Study of Dams Behaviour: uncertainties in instrumentation records and numerical modelling. Study cases and recent approaches*. 73rd ICOLD Annual Meeting Workshop and Symposium. Teheran (Iran), 2005.
- FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION (FERC). *Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects: Chapter 14. Dam Safety Performance Monitoring Program*. 2005.
- FELL, R.; WAN, C.; FOSTER, M. *Methods for Estimating the Probability of Failure of Embankment Dams by Internal Erosion and Piping –Piping through The Embankment*. The University of New South Wales, Sydney Australia, 2004.
- INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL, I.I.C. S.A. *Informe sobre la visita de reconocimiento al sistema de auscultación automatizado de la presa de Val (ZARAGOZA)*, 2006.
- LOMBARDI, G. *Análisis e interpretación de los datos de auscultación (Ente Nacional de Energía Eléctrica de Honduras)*. Honduras, 2001.
- MEMBRILLERA M. *Contribución a la Aplicación del Análisis y Declaración de Riesgos en Presas Españolas, Incluyendo Priorización de Inversiones*. Tesis Doctoral UPV Valencia-España, 2007.

- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE, ESPAÑA. *Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses (RTSPE)*, 1996.
- NUÑEZ, A.; ANDREU, M.; LORENZO, J.; ESCUDER, I. *Seguimiento del Comportamiento de las presas del Ebro: Estructura y contenido de los informes anuales*. Comité Nacional Español de Grandes Presas, 2008.
- OFITECO S.A. *Ausmodel 3.1. Manual del Usuario*, 2000.
- OFITECO S.A. *Acondicionamiento de sala de válvulas e instalación de caudalímetros en el embalse del Val (Los Fayos/Zaragoza)*. Zaragoza, 2006.
- PÉREZ, A.; FLEITZ, J.; ESCUDER, I.; GÓMEZ, J. *Las Presas en España: Capítulo 18, Auscultación y Comportamiento*. Colegio de Caminos Canales y Puertos, 2008.
- RIERA, C. *Análisis, Evaluación del Comportamiento y Propuesta de Actuaciones de las Presas de Eugui (T.M. de Esteribar, Provincia de Navarra), González Lacasa (T.M. de Ortigosa de Cameros, Provincia de la Rioja), La Sotonera (T.M. de Alcalá de Gurrea, Provincia de Huesca), La Tranquera (T.M. de Carenas, Provincia de Zaragoza) y Maidevera (T.M. de Aranda del Moncayo, Provincia de Zaragoza) pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Ebro*. Proyecto Final de Carrera UPV Valencia-España, 2008.
- USBR. *Dam safety operation and maintenance*. International technical seminar and study tour. Colorado, Nevada and Arizona, 2004.
- UTE INCLAM/SURGE. *Documento XYZT de la Presa de Guiamets*. Zaragoza, Diciembre de 2003.
- UTE INCLAM/SURGE. *Normas de Explotación de la Presa de Guiamets*. Zaragoza, Diciembre de 2003.
- VALLARINO, E. *Tratado básico de presas. Tomo I: Generalidades – presas de hormigón y de materiales sueltos*. Colegio de Caminos Canales y Puertos, 2001.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Protocolo para el Análisis de Modos de Fallo en Sistemas Presa – Embalse

TITULAR:

PRESA DE:

ENTREGADO EN FECHA:

**PROTOCOLO PARA EL ANÁLISIS DE
MODOS DE FALLO
EN SISTEMAS PRESA-EMBALSE**

Participante:	
Profesión:	
Cargo:	

Facilitador:	
Fecha:	
Lugar:	

I. ÍNDICE

Contenido	Página
1.- Introducción	1
1.1.- Preámbulo	1
1.2.- Definiciones importantes	2
1.3.- Importancia de la Auscultación	4
2.- Ficha Técnica de la Presa	5
3.- Revisión y Análisis de la Información	7
4.- Propuesta Individual de Modos de Fallo	8
5.- Factores a Favor y en Contra de la Aparición de los Modos de Fallo Grupales	10
6.- Clasificación de Modos de Fallo Grupales	11
7.- Necesidades de Actuación sobre Modos de Fallo Grupales	12
8.- Necesidades de Reducción de Vulnerabilidad	13
9.- Notas y/o Comentarios	14

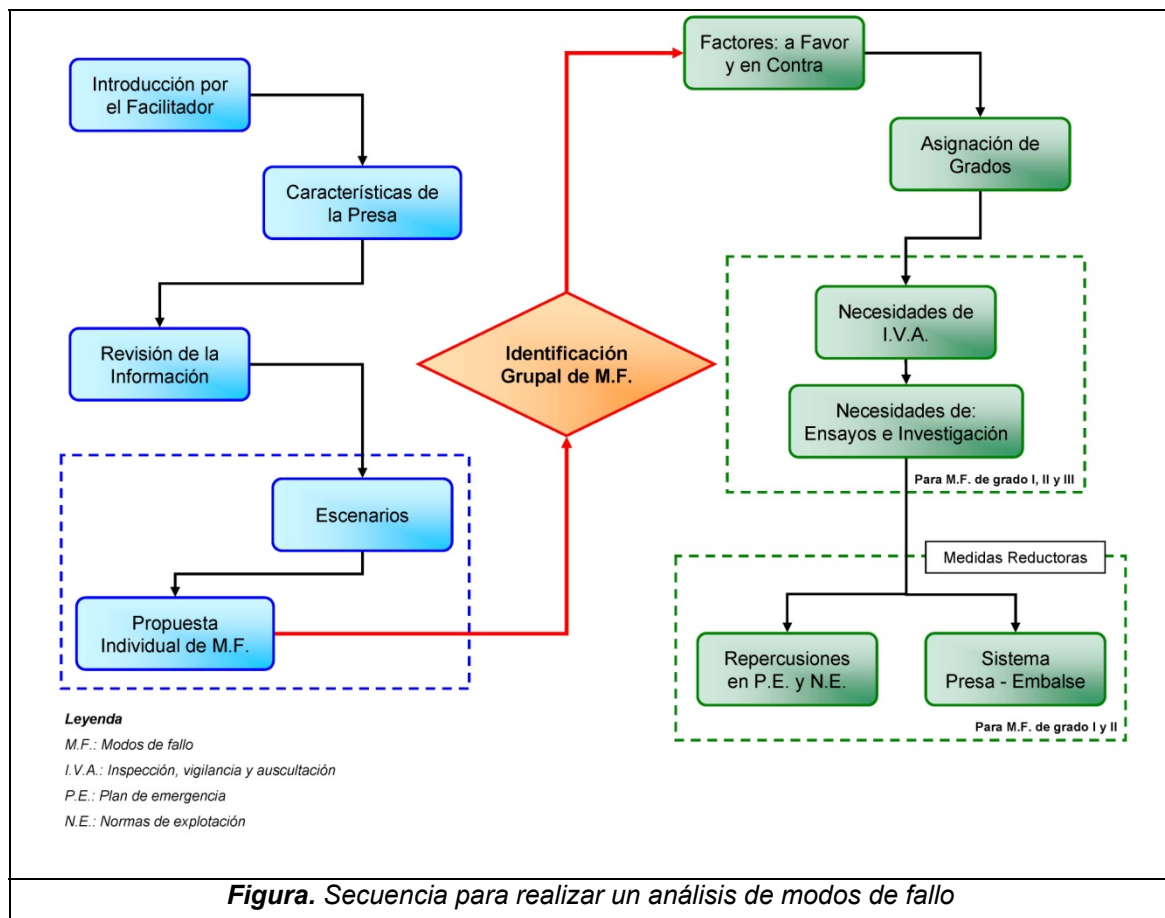
1. INTRODUCCIÓN

1.1 Preámbulo

El presente documento pretende servir de ayuda en las sesiones para la identificación, análisis y descripción detallada de los modos de fallo en un sistema presa-embalse.

La finalidad principal de este protocolo es guiar a los participantes, mediante el uso de planillas, en las pautas que se deben seguir para realizar dicho análisis.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de flujo donde se muestra la secuencia de pasos para realizar mencionado análisis, cada una de las casillas expuestas corresponde a una planilla que debe ser rellena de forma individual y posteriormente discutida en grupo.



1.2 Definiciones importantes

A continuación se definen algunos conceptos importantes que serán utilizados en el presente protocolo.

Modos de Fallo del Sistema Presa-Embalse

Un modo de fallo constituye una secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado del sistema presa-embalse o una parte del mismo. Esta serie de sucesos debe estar asociada a un determinado escenario de sollicitación y tendrá una secuencia lógica; la cual constará de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culminará por la rotura de la presa.

En principio, se analiza cualquier modo de fallo con potencial para producir un vertido incontrolado de caudales y, por tanto, con potencial para causar daños sobre la vida humana. Así mismo, el análisis de los modos de fallo no se ciñe exclusivamente a las estructuras de retención de un embalse, sino que tiene en cuenta cualquier infraestructura incluida en el sistema presa-embalse.

Escenarios de Sollicitación

Se entiende por escenarios las fuerzas que pueden actuar sobre el sistema presa-embalse debido a sollicitaciones externas. De forma general suele definirse tres escenarios de sollicitación partiendo de: eventos de naturaleza hidrológica, eventos de naturaleza sísmica y condiciones de explotación normal del embalse; aunque no se descarta otras acciones naturales o antrópicas que puedan incidir sobre el correcto funcionamiento del sistema presa-embalse.

A continuación se describen los escenarios de sollicitación generales:

Escenario Hidrológico

Se considera como tal, a toda avenida que aporte caudal al embalse, implicando ocasionalmente ciertos empujes hidrostáticos sobre la presa,

aumento de subpresiones o presiones intersticiales y sometiendo a diferentes grados de agotamiento la capacidad de los órganos de desagüe y aliviaderos.

Escenario Sísmico

Se considera como tal, al que se deriva de la ocurrencia de un sismo que somete a la presa y a sus estructuras anexas a un aumento de aceleraciones y frecuencias, a sobre presiones intersticiales y a sobre empujes dinámicos; es decir a variables diferentes a las del equilibrio estático.

Es importante mencionar que para el análisis se descarta la ocurrencia simultánea de un sismo y una avenida en vista que la probabilidad conjunta de ocurrencia es despreciable.

Escenario Explotación Normal

Se considera como tal, al que se deriva de la explotación ordinaria del embalse, incluyendo las operaciones rutinarias de explotación (variaciones en el nivel de agua), las operaciones de mantenimiento y las variaciones térmicas.

Evaluación cualitativa de Modos de Fallo.

La evaluación cualitativa consiste en realizar un análisis para ponderar que modos de fallo resultan más o menos factibles que ocurran. Esta evaluación se realiza mediante la siguiente clasificación.

Clasificación de los Modos de Fallo

Grado I: Modos de fallo que claramente se consideren factibles al existir alguna condición o estado sintomático detectado, resultar la serie de eventos probables e implicar consecuencias potenciales importantes.

Grado II: Modos de rotura considerados igualmente factibles, aunque con menores posibilidades de ocurrir o consecuencias reducidas.

Grado III: Modos de fallo para los que la información disponible resulta, a todas luces, insuficiente aunque se estiman factibles y con consecuencias potenciales de magnitud elevada. Requieren una campaña de investigación urgente.

Grado IV: Modos de rotura descartados y cuya aparición no se considera razonable.

1.3 Importancia de la Auscultación

La auscultación resulta clave en la observación y diagnóstico del comportamiento de las presas, de esta manera ayuda en el establecimiento de un conjunto de umbrales preventivos para los diferentes controles durante la construcción y explotación; además constituye una herramienta importante para ayudar a detectar diversos modos de fallo.

2. FICHA TÉCNICA DE LA PRESA

Características de la Presa			
Tipo		Ancho de Coronación (m)	
Planta		Volumen de Fábrica (m³)	
Cota de Coronación (m.s.n.m.)		Número de Bloques	
Cota de Cimientos (m.s.n.m.)		Talud Aguas Arriba (H:V)	
Cota de Cauce (m.s.n.m.)		Talud Aguas Abajo (H:V)	
Altura sobre Cimiento (m)		Geología de la Cerrada:	
Altura sobre Cauce (m)			
Longitud de Coronación (m)			

Características del Embalse			
Nivel Máximo Normal NMN (m.s.n.m.)		Superficie de Cuenca vertiente (Km²)	
Nivel de Avenida de Proyecto NAP (m.s.n.m.)		Superficie de Embalse a NMN (Ha)	
Nivel de Avenida Extrema NAE (m.s.n.m.)		Volumen de Embalse a NMN (Hm³)	

Características del Aliviadero			
Tipo		Vanos	
Situación		Caudal a NAP (m³/s)	
Perfil del vertedero		Elemento de Disipación de Energía:	
Longitud Total			

Características del Desagüe de Fondo			
Nº de Conductos		Material	
Forma del conducto		Situación	
Válvulas por conducto			
Cota de embocadura (m.s.n.m.)		Caudal total al N.M.N. (m³/s.)	
Tipo de válvulas / compuertas			

Características de la Toma de Riego			
Nº de Conductos		Material	
Forma del conducto		Situación	
Válvulas por conducto		Cota ejes conductos (m.s.n.m.)	
Cota de embocadura (m.s.n.m.)		Caudal total al N.M.N. (m³/s.)	
Tipo de válvulas / compuertas			

Otras características significativas			

3. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1.- Documentos que son relevantes y que permiten conocer al sistema presa-embalse.

3.2.- Carencias en la documentación o información, que se consideren importantes, del sistema presa-embalse.

3.3.- Observaciones importantes después de analizar la documentación disponible.

APÉNDICE B

Anejos del Informe Anual de Auscultación de la Presa de Val

ANEJO N° 1. PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1.- Sección de instrumentación del bloque 2.
- Plano 2.- Sección de instrumentación del bloque 3.
- Plano 3.- Sección de instrumentación del bloque 4.
- Plano 4.- Sección de instrumentación del bloque 5.
- Plano 5.- Sección de instrumentación del bloque 6.
- Plano 6.- Alzado de centralización, automatización y cableado.
- Plano 7.- Alzado de instrumentación.
- Plano 8.- Ley de subpresiones en el bloque 2.
- Plano 9.- Ley de subpresiones en el bloque 3.
- Plano 10.- Ley de subpresiones en el bloque 4.
- Plano 11.- Ley de subpresiones en el bloque 5.
- Plano 12.- Ley de subpresiones en el bloque 6.

Los planos presentados en este anejo han sido extraídos del “INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA)” realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A. en marzo de 2006

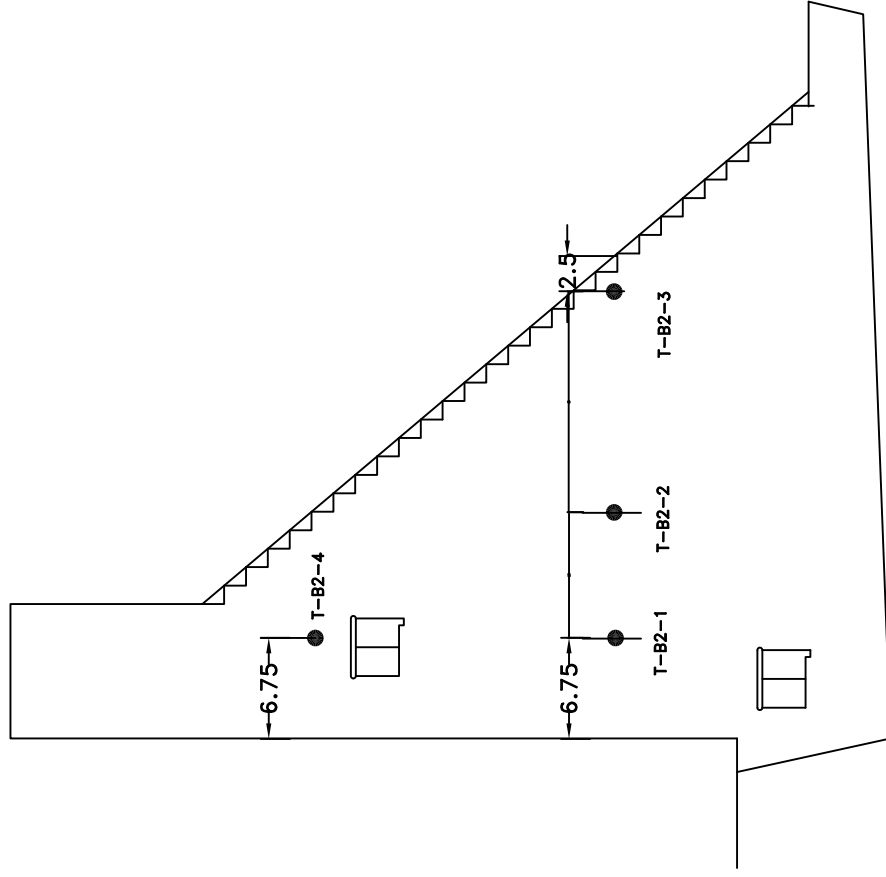
BLOQUE 2

(SECCION DE CONTROL P-3)

629.15

608.00

588.00



TERMOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
T-B2-1	+588.53	0+60	+6.75
T-B2-2	+589.06	0+60	+15.25
T-B2-3	+589.52	0+60	+28.25
T-B2-4	+609.48	0+60	+6.75

PIEZOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)
PZ-B2-1	+565.19	0+60
PZ-B2-2	+565.07	0+60

LEYENDA

- TERMOMETRO DE HORMIGON
- ▽ PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE

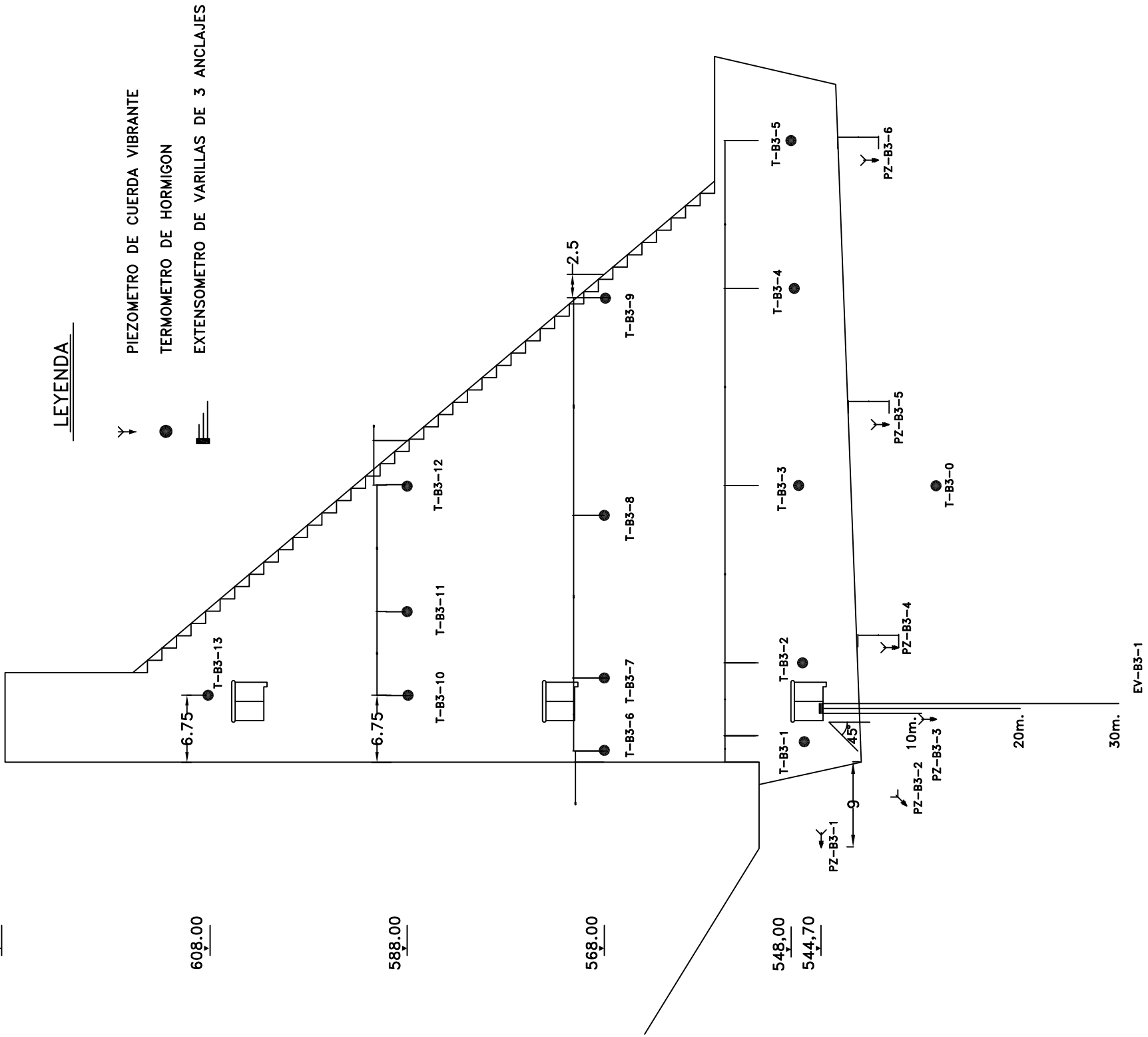
PZ-B2-1

PZ-B2-2

BLOQUE 3

(SECCION DE CONTROL P-5+8)

629.15



TERMOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
T-B3-0	+534.63	0+108	+28.00
T-B3-1	+546.54	0+111	+2.00
T-B3-2	+546.75	0+111	+8.00
T-B3-3	+548.65	0+111	+28.00
T-B3-4	+549.35	0+111	+48.00
T-B3-5	+549.98	0+111	+66.00
T-B3-6	+568.60	0+108	+0.75
T-B3-7	+568.81	0+108	+6.75
T-B3-8	+569.39	0+108	+23.25
T-B3-9	+570.07	0+108	+42.50
T-B3-10	+587.72	0+108	+6.75
T-B3-11	+588.02	0+108	+15.25
T-B3-12	+588.70	0+108	+28.25
T-B3-13	+607.68	0+108	+6.75

PIEZOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
PZ-B3-1	+544.70	0+108	-9.00
PZ-B3-2	+536.10	0+108	-3.80
PZ-B3-3	+532.70	0+108	+4.00
PZ-B3-4	+536.53	0+108	+11.00
PZ-B3-5	+536.80	0+108	+34.00
PZ-B3-6	+537.39	0+108	+63.50

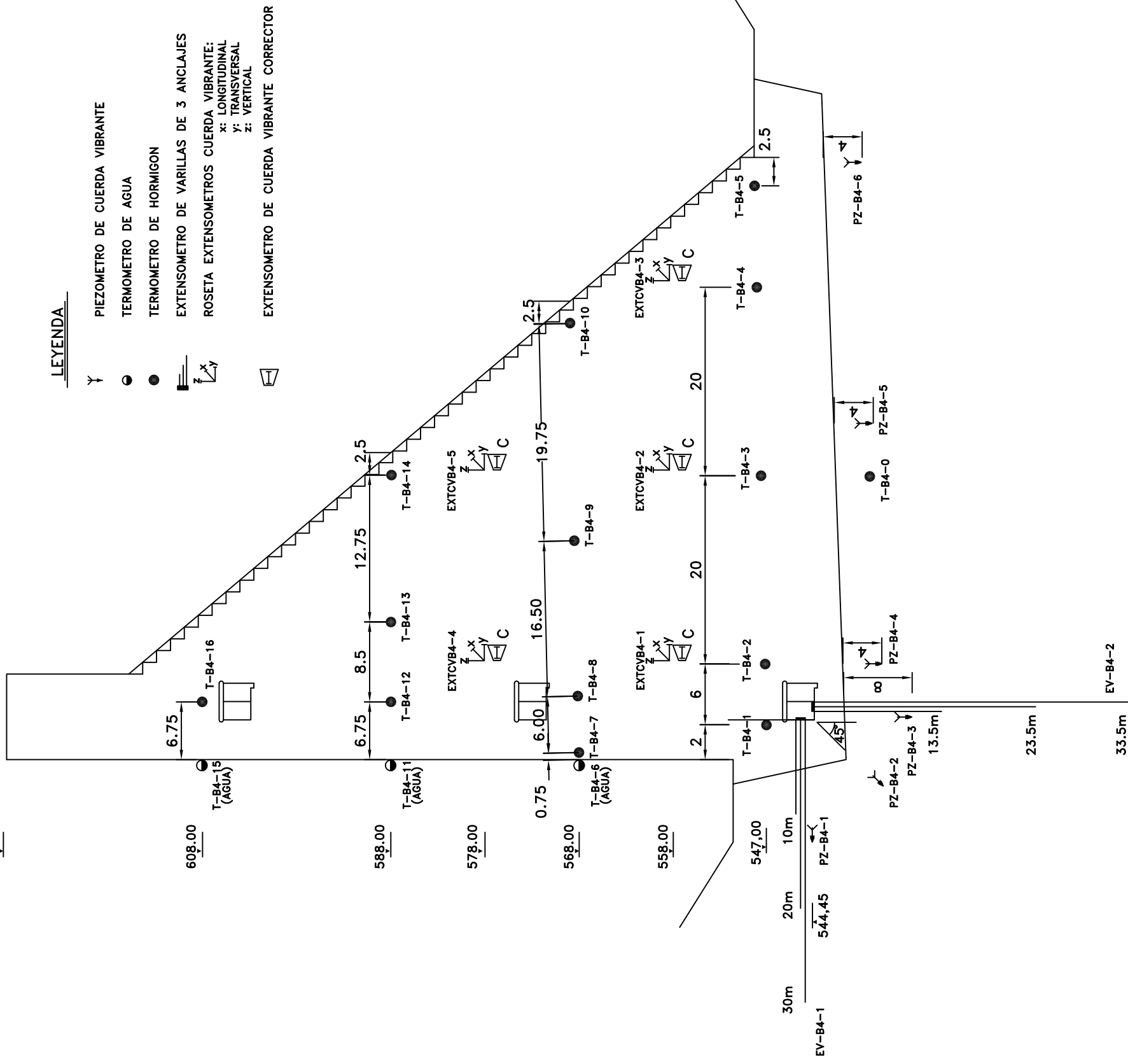
EXT. VARILLAS	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
EV-B3-1 (Vertical)	+543.7	0+108	+4.20

LEYENDA

- PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE
- TERMOMETRO DE HORMIGON
- EXTENSOMETRO DE VARILLAS DE 3 ANCLAJES

BLOQUE 4 (SECCION DE CONTROL P-8+2)

629.15



LEYENDA

- Y: PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE
- : TERMOMETRO DE AGUA
- : TERMOMETRO DE HORMIGON
- ≡: EXTENSOMETRO DE VARILLAS DE 3 ANCLAJES
- z: ROSETA EXTENSOMETROS CUERDA VIBRANTE
- x: Y: Z: TRANSVERSAL
- ≡: EXTENSOMETRO DE CUERDA VIBRANTE CORRECTOR

TERMOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
T-B4-0	+535.36	0+162	+28.00
T-B4-1	+545.94	0+165	+2.00
T-B4-2	+546.15	0+165	+8.00
T-B4-3	+546.85	0+165	+28.00
T-B4-4	+547.55	0+165	+48.00
T-B4-5	+548.20	0+165	+66.50
T-B4-6	+567.72	0+162	+0.00
T-B4-7	+567.72	0+162	+0.75
T-B4-8	+567.95	0+162	+6.75
T-B4-9	+568.52	0+162	+23.25
T-B4-10	+569.21	0+162	+43.00
T-B4-11	+587.70	0+162	+0.00
T-B4-12	+587.90	0+162	+6.25
T-B4-13	+588.23	0+162	+15.25
T-B4-14	+588.68	0+162	+28.00
T-B4-15	+607.68	0+162	+0.00
T-B4-16	+607.68	0+162	+6.75

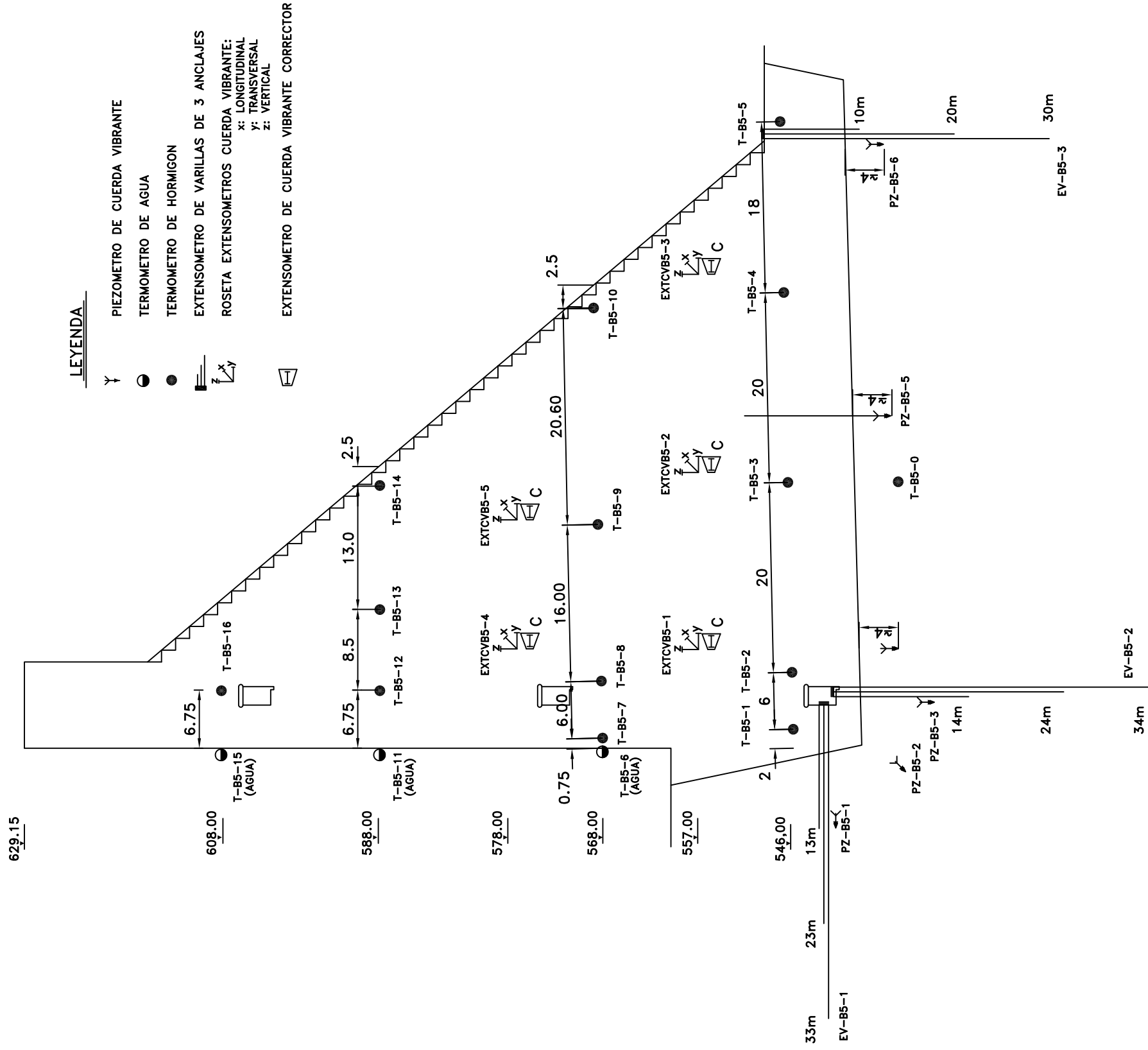
PIEZOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
PZ-B4-1	+544.45	0+162	-9.00
PZ-B4-2	+535.65	0+162	-3.80
PZ-B4-3	+532.45	0+162	+4.00
PZ-B4-4	+536.27	0+162	+11.00
PZ-B4-5	+537.55	0+162	+34.00
PZ-B4-6	+537.14	0+162	+64.00

ROSETA DE EXT. HORMIGON Y CORRECTOR	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
EXTCVB4-1	+559.18	0+168	+8.00
EXTCVB4-2	+559.88	0+168	+28.00
EXTCVB4-3	+560.58	0+168	+48.00
EXTCVB4-4	+577.40	0+168	+7.00
EXTCVB4-5	+578.20	0+168	+23.50

EXT. VARILLAS	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
EV-B4-1 (Horizontal)	+544.42	0+162	+4.00
EV-B4-2 (Vertical)	+543.42	0+162	+4.25

BLOQUE 5

(SECCION DE CONTROL P-11+10)



TERMOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
T-B5-0	+533.93	0+230	+28.00
T-B5-1	+544.73	0+212	+2.00
T-B5-2	+544.95	0+212	+8.00
T-B5-3	+545.65	0+212	+28.00
T-B5-4	+546.35	0+212	+48.00
T-B5-5	+546.98	0+212	+66.00
T-B5-6	+568.00	0+230	+0.00
T-B5-7	+568.00	0+230	+0.75
T-B5-8	+568.23	0+230	+6.75
T-B5-9	+568.80	0+230	+23.25
T-B5-10	+569.52	0+230	+43.50
T-B5-11	+587.40	0+230	+0.00
T-B5-12	+587.63	0+230	+6.75
T-B5-13	+587.93	0+230	+15.25
T-B5-14	+588.39	0+230	+28.25
T-B5-15	+607.38	0+230	+0.00
T-B5-16	+607.38	0+230	+6.75

PIEZOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
PZ-B5-1	+542.20	0+228	-8.00
PZ-B5-2	+535.30	0+228	-4.15
PZ-B5-3	+532.20	0+228	+4.00
PZ-B5-4	+536.53	0+228	+11.00
PZ-B5-5	+536.98	0+228	+34.00
PZ-B5-6	+537.33	0+228	+64.42

ROSETA DE EXT. Y CORRECTOR	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
EXTCVB5-1	+559.18	0+228	+8.00
EXTCVB5-2	+559.88	0+228	+28.00
EXTCVB5-3	+560.58	0+228	+48.00
EXTCVB5-4	+577.70	0+228	+7.00
EXTCVB5-5	+578.5	0+228	+23.25

EXT. VARILLAS	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
EV-B5-1 (Horizontal)	+545.20	0+228	+4.00
EV-B5-2 (Vertical)	+544.20	0+228	+4.25
EV-B5-3 (Vertical, Pie)	+550.30	0+228	+65.75

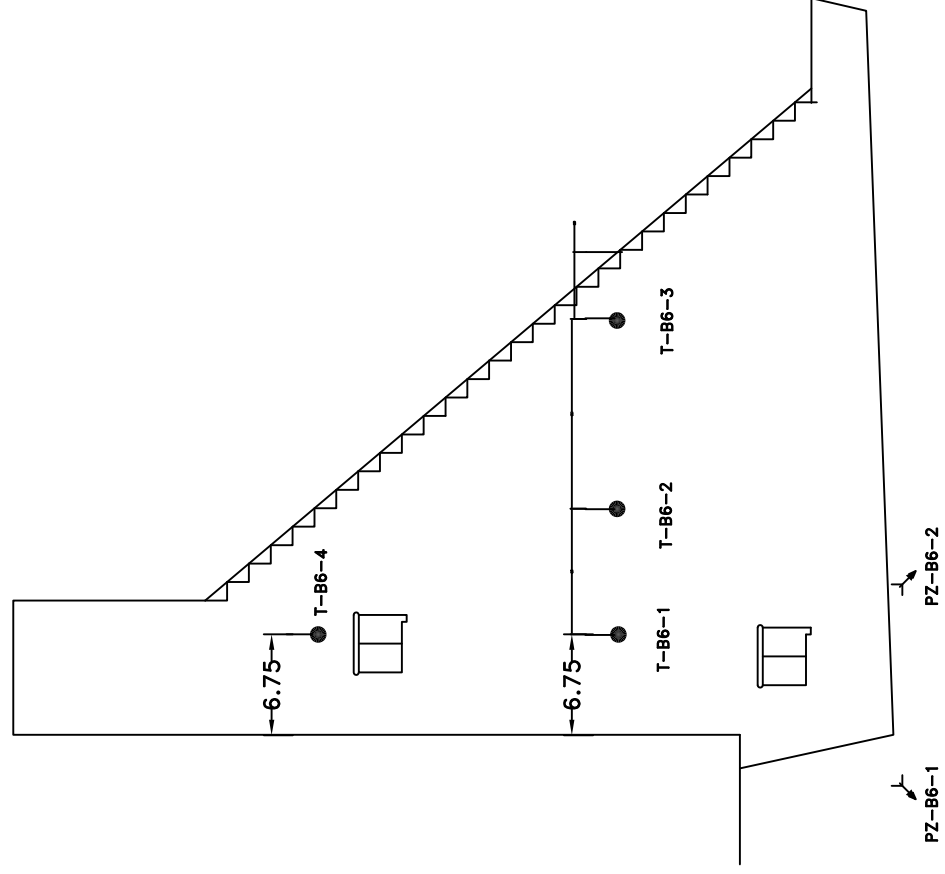
BLOQUE 6

(SECCION DE CONTROL P-14+5)

629.15

608.00

588.00

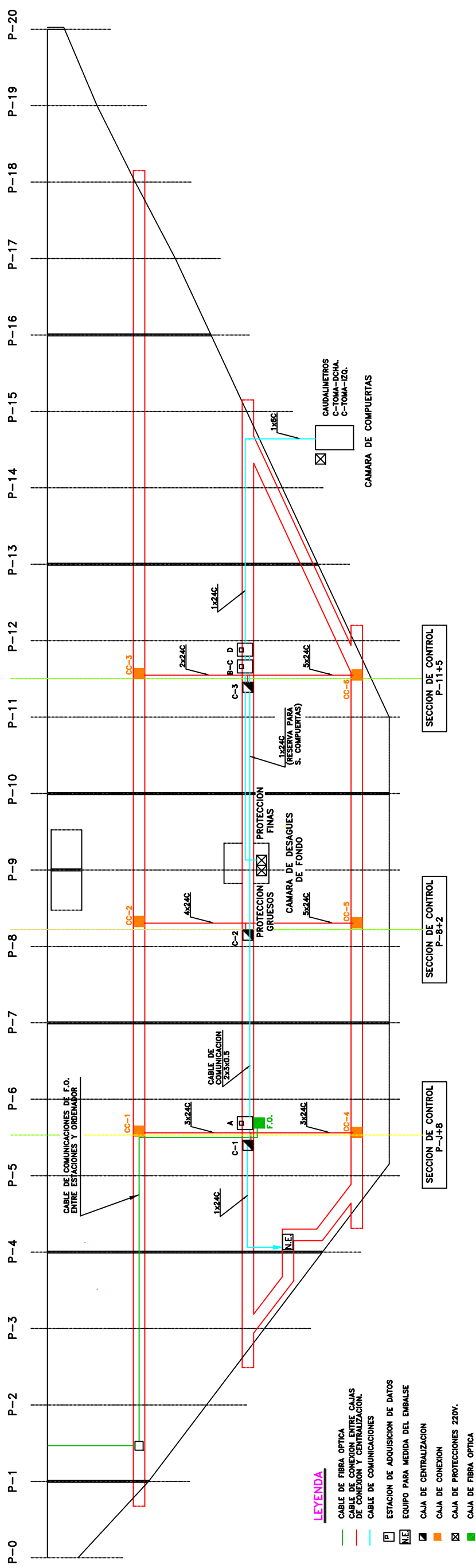


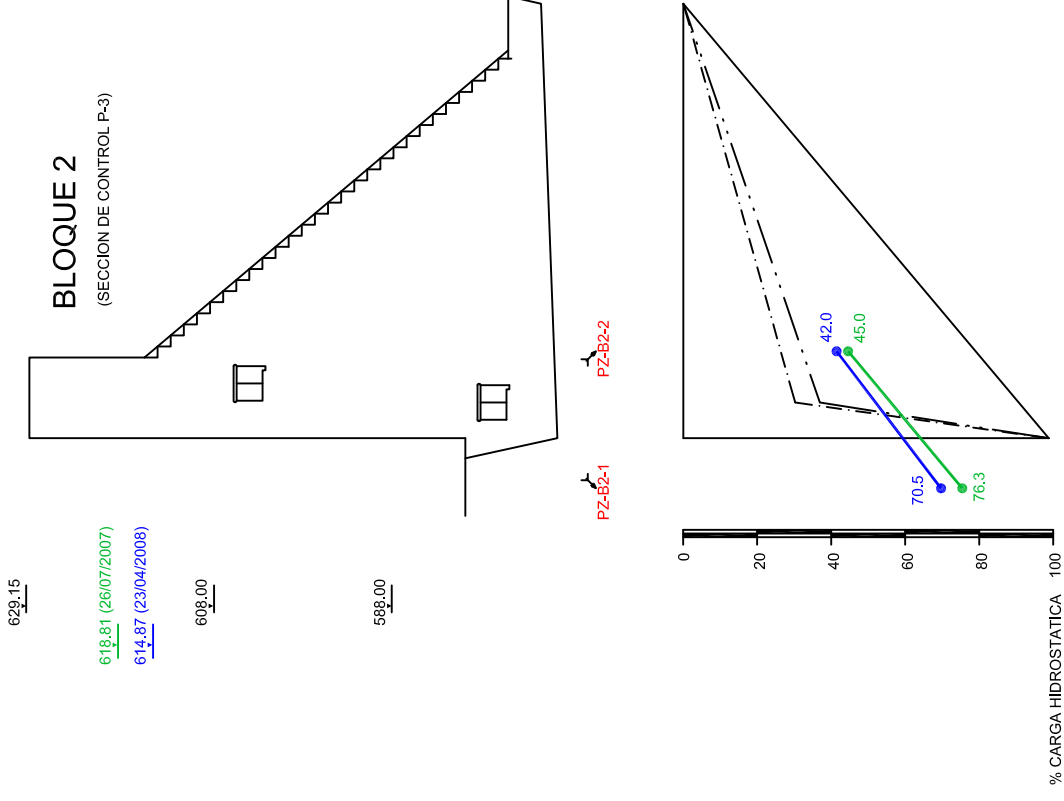
TERMOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)	DISTANCIA AL EJE (m.)
T-B6-1	+588.03	0+285	+6.75
T-B6-2	+588.30	0+285	+15.25
T-B6-3	+588.75	0+285	+28.25
T-B6-4	+607.38	0+285	+6.75

PIEZOMETRO	COTA DE INSTALACION (m.)	LOCALIZACION (P.K.)
PZ-B6-1	+567.79	0+285
PZ-B6-2	+567.77	0+285

LEYENDA


- TERMOMETRO DE HORMIGON
- ∇ PIEZOMETROS DE CUERDA VIBRANTE

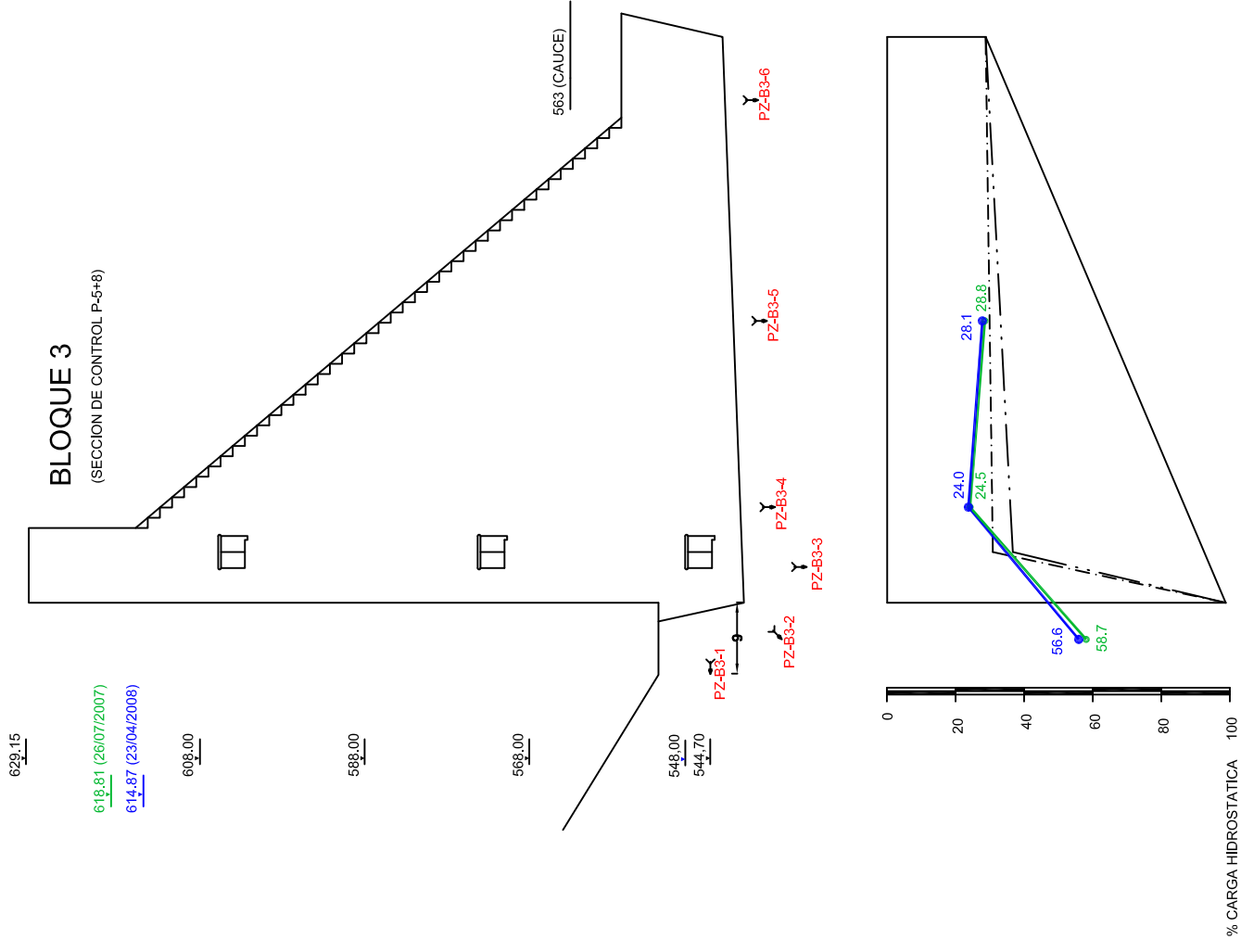




LEYENDA:


- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE PROXIMA AL CIMENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE ALEJADA DEL CIMENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES SIN SISTEMA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 26/07/07 (N.E. 618.81) (% CARGA HIDROSTATICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 23/04/08 (N.E. 614.87) (% CARGA HIDROSTATICA)

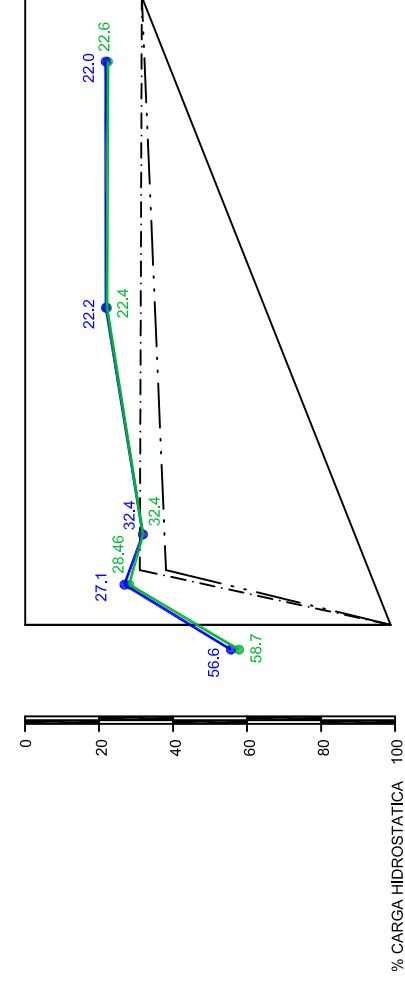
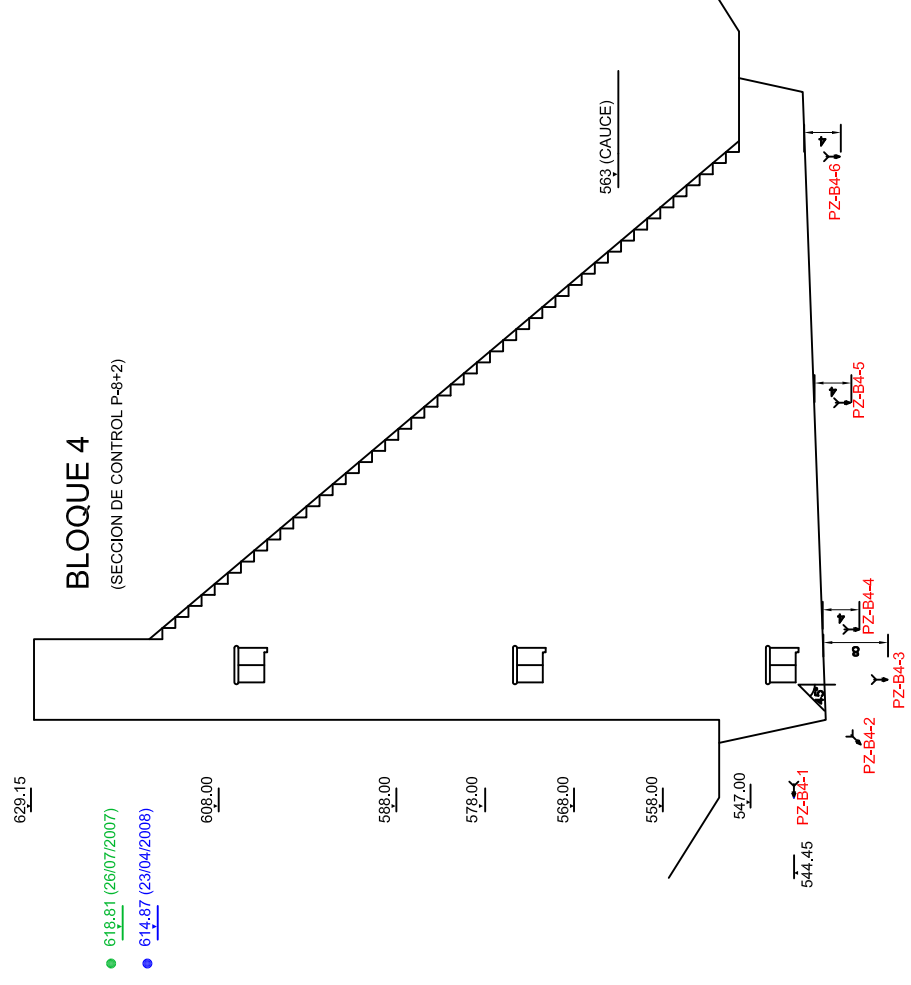
 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE VAL EN EL PERIODO DEL 01/04/05 AL 31/12/08		CODIGO DOCUMENTO:	EL CONSULTOR:	ESCALAS:	FECHA:	TITULO DEL PLANO:	Nº DE PLANO:
		CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO			CLAVE CONTRATO:		SIN ESCALA	JUNIO DE 2009	LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 2	8



LEYENDA


- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE PROXIMA AL CIMENTO
- - - LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE SEPARADA DEL CIMENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 26.07.07 (N.E. 618.81) (% CARGA HIDROSTATICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 23.04.08 (N.E. 614.87) (% CARGA HIDROSTATICA)

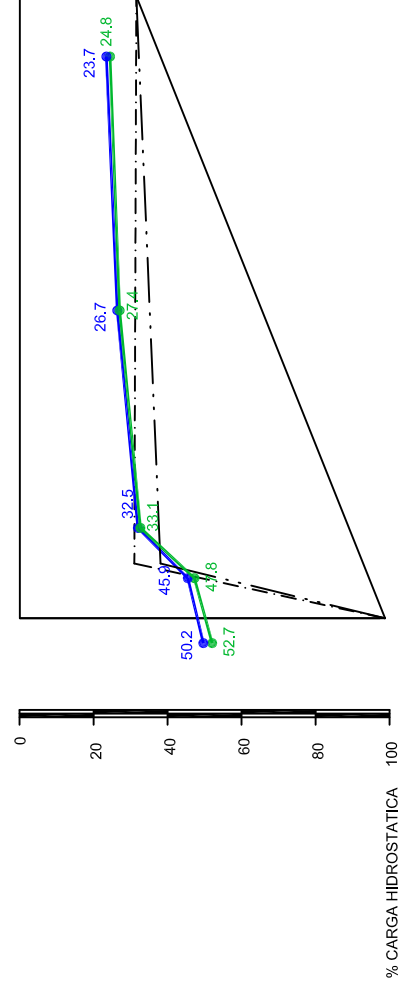
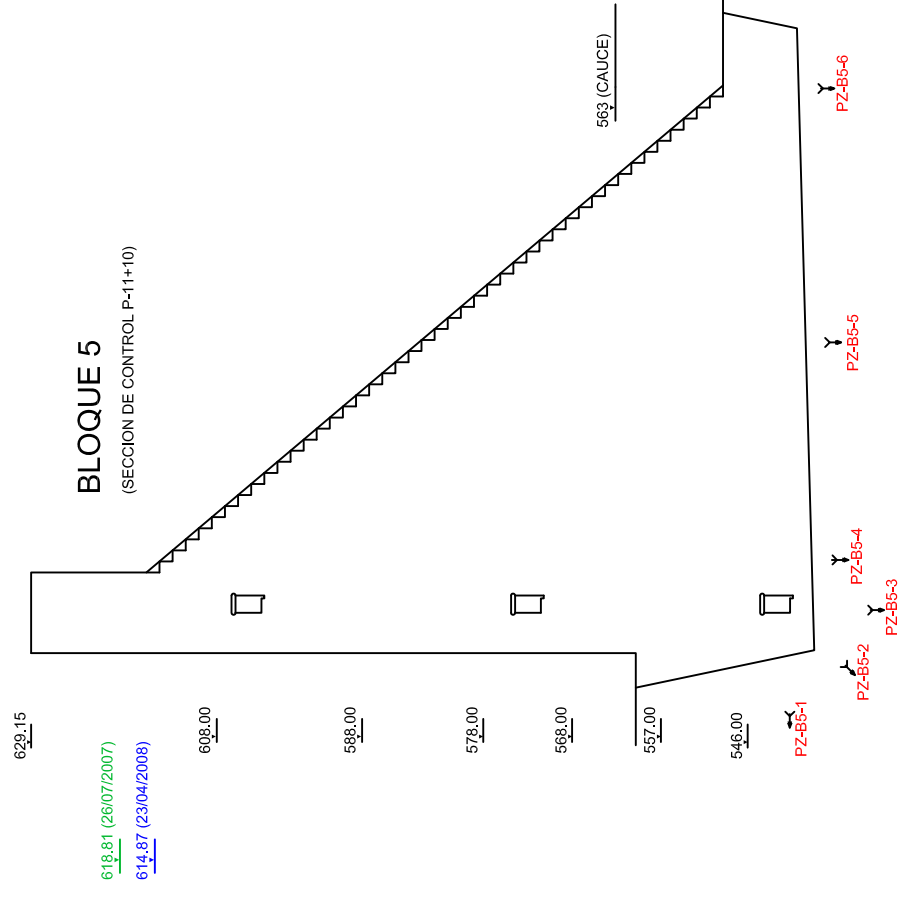
 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE VAL EN EL PERIODO DEL 01/04/05 AL 31/12/08		CODIGO DOCUMENTO: EL CONSULTOR:	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TITULO DEL PLANO: LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 3	Nº DE PLANO: 9 HOJA:
		CLAVE CONTRATO:	EL CONSULTOR:	JUNIO DE 2009	LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 3	9		



LEYENDA


- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE PROXIMA AL CIMENTO
- - - LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE SEPARADA DEL CIMENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 26.07.07 (N.E. 618.81) (% CARGA HIDROSTATICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 23.04.08 (N.E. 614.87) (% CARGA HIDROSTATICA)

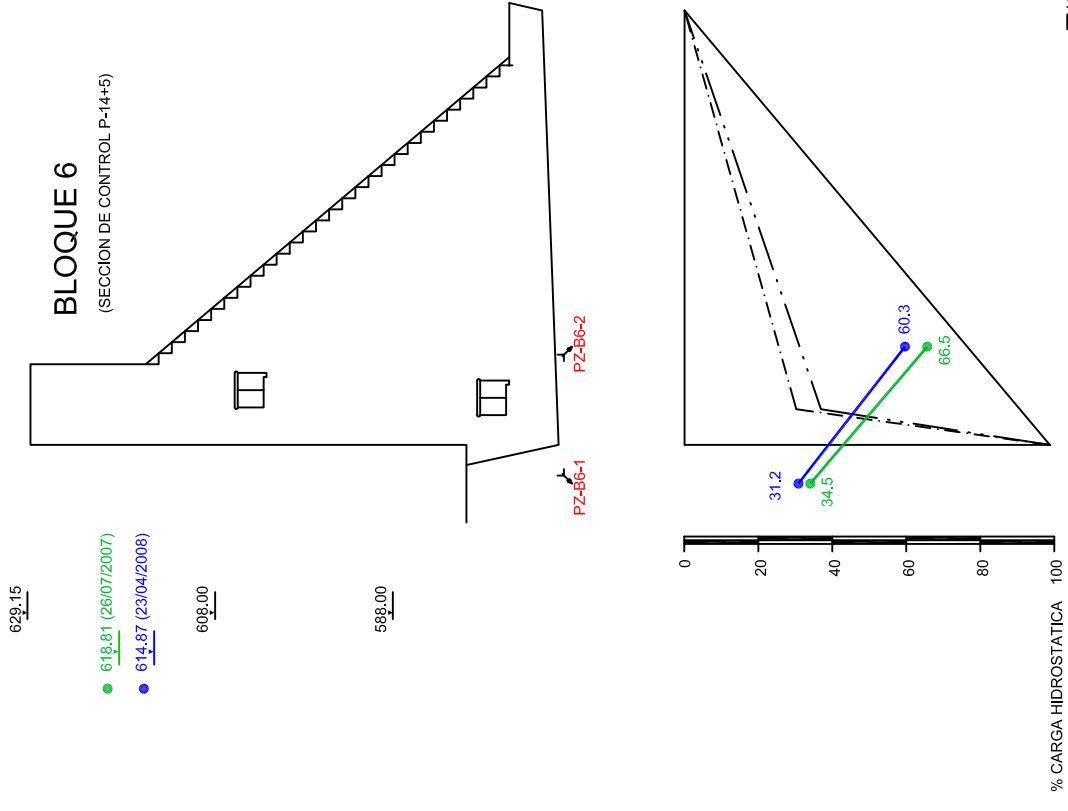
 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE VAL EN EL PERIODO DEL 01/04/05 AL 31/12/08	CODIGO DOCUMENTO: CLAVE CONTRATO:	EL CONSULTOR: 	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TITULO DEL PLANO: LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 4	Nº DE PLANO: 10 HOJA:
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------------------------------	-----------------------------



LEYENDA


- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE PROXIMA AL CIMIENTO
- · - · LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE SEPARADA DEL CIMIENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 26.07.07 (N.E. 618.81) (% CARGA HIDROSTATICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 23.04.08 (N.E. 614.87) (% CARGA HIDROSTATICA)

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO		DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE VAL EN EL PERIODO DEL 01/04/05 AL 31/12/08		CODIGO DOCUMENTO: CLAVE CONTRATO:	EL CONSULTOR: EL CONSULTOR:	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TITULO DEL PLANO: LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 5	Nº DE PLANO: 11 HOJA:



LEYENDA

- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE PROXIMA AL CIMIENTO
- - - LEY TEORICA DE SUBPRESIONES CON GALERIA DE DRENAJE SEPARADA DEL CIMIENTO
- LEY TEORICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 26.07.07 (N.E. 618.81) (% CARGA HIDROSTATICA)
- LEY DE SUBPRESIONES EL DIA 23.04.08 (N.E. 614.87) (% CARGA HIDROSTATICA)

 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE VAL EN EL PERIODO DEL 01/04/05 AL 31/12/08		EL CONSULTOR:	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TITULO DEL PLANO: LEY DE SUBPRESIONES DEL BLOQUE 6	Nº DE PLANO: 12
		CODIGO DOCUMENTO: CLAVE CONTRATO:	HOJA: 12					

ANEJO N° 2:
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ANEJO Nº 2 - GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ÍNDICE

A.) VARIABLES EXTERIORES:

- A1 Evolución temporal del nivel del embalse de Val.
- A2 Evolución temporal de la temperatura media del ambiente.
- A3 Evolución temporal de las precipitaciones en el embalse de Val.

B.) CONTROL DE FILTRACIONES. AFORADORES:

- B1 Evolución temporal de las filtraciones en la presa.
- B2 Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con el nivel de embalse.
- B3 Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con las precipitaciones.

C.) CONTROL DE SUBPRESIONES. PIEZÓMETROS:

- C1 Evolución temporal de los piezómetros situados en los bloques 2, 3 y 6.
- C2 Evolución temporal de los piezómetros situados en los bloques 2, 3 y 6, y del nivel de embalse.
- C3 Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 4.
- C4 Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 4 y del nivel de embalse.
- C5 Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 5.
- C6 Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 5 y del nivel de embalse.
- C7 Evolución temporal de los piezómetros situados en las juntas de los bloques.

D.) EXTENSÓMETROS DE VARILLAS

- D1 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B3-1
- D2 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B4-1
- D3 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B4-2
- D4 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-1
- D5 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-2
- D6 Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-3

E.) CONTROL TÉRMICO. TERMÓMETROS EMBEBIDOS EN EL HORMIGÓN DE LA PRESA

- E1** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 2.
- E2** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3.
- E3** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3.
- E4** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4.
- E5** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4.
- E6** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5.
- E7** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5.
- E8** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 6.
- E9** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 2, junto a la temperatura media del aire.
- E10** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3, junto a la temperatura media del aire.
- E11** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3, junto a la temperatura media del aire.
- E12** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4, junto a la temperatura media del aire.
- E13** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4, junto a la temperatura media del aire.
- E14** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5, junto a la temperatura media del aire.
- E15** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5, junto a la temperatura media del aire.
- E16** Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 6, junto a la temperatura media del aire.

F.) CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES. PÉNDULOS DIRECTOS E INVERTIDOS:

- F1** Evolución temporal de las lecturas radiales de los péndulos directos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F2** Evolución temporal de las lecturas tangenciales de los péndulos directos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007.

- F3** Evolución temporal del péndulo directo instalado en el bloque 3. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F4** Evolución temporal de los péndulos directo instalados en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F5** Evolución temporal de los péndulos directo instalados en el bloque 6. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F6** Evolución temporal de las lecturas radiales de los péndulos invertidos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F7** Evolución temporal de las lecturas tangenciales de los péndulos invertidos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F8** Evolución temporal del péndulo invertido instalado en el bloque 3. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F9** Evolución temporal del péndulo invertido 1 instalado en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F10** Evolución temporal del péndulo invertido 2 instalado en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007.
- F11** Evolución temporal del péndulo invertido instalado en el bloque 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

G.) CONTROL TOPOGRÁFICO:

- G1** Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, entre los años 2000 y 2002.
- G2** Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, año 2003.
- G3** Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, año 2004.
- G4** Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, entre los años 2005 y 2008.
- G5** Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2000.
- G6** Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2001.
- G7** Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, entre los años 2002 y 2003.
- G8** Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, entre los años 2004 y 2005.
- G9** Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2006.
- G10** Evolución temporal de los movimientos tangenciales mediante triangulación geodésica.
- G11** Evolución temporal de los movimientos radiales mediante triangulación geodésica.

H.) CONTROL DE APERTURA DE JUNTAS:

- H1** Evolución temporal de los Medidores de juntas internos.
- H2** Evolución temporal del medidor de junta interno MJ164-G3.
- H3** Evolución temporal del medidor de junta interno MJ123-G3
- H4** Evolución temporal del medidor de junta interno MJ156-G3

A.) VARIABLES EXTERIORES

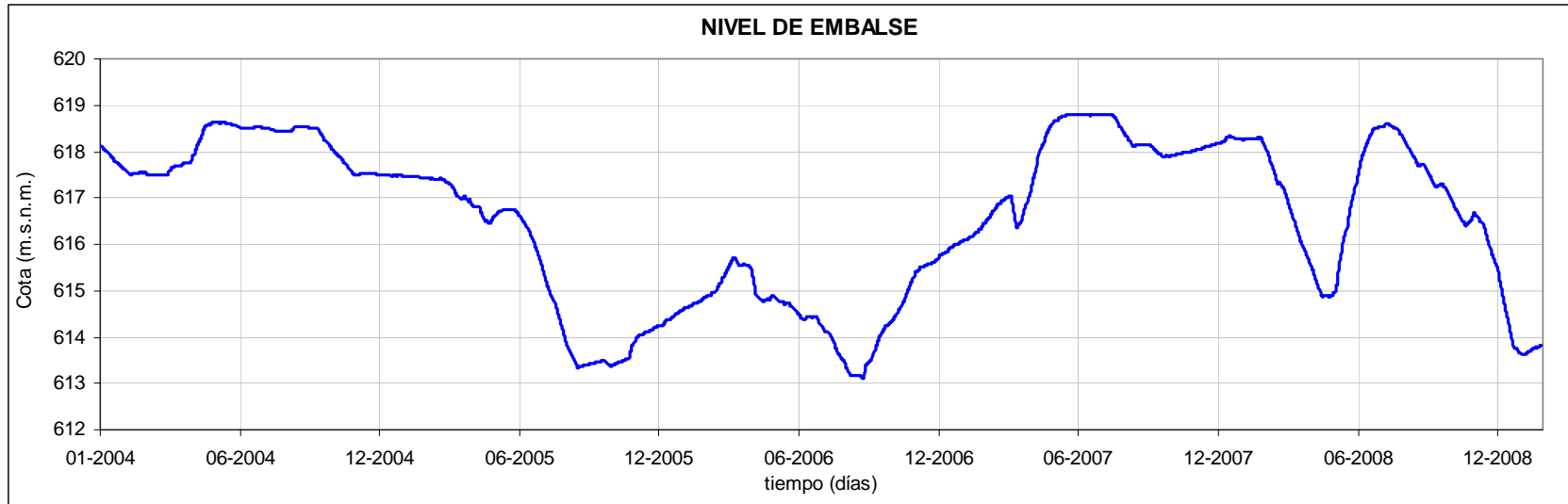


Gráfico A1. Evolución temporal del nivel del embalse de Val.

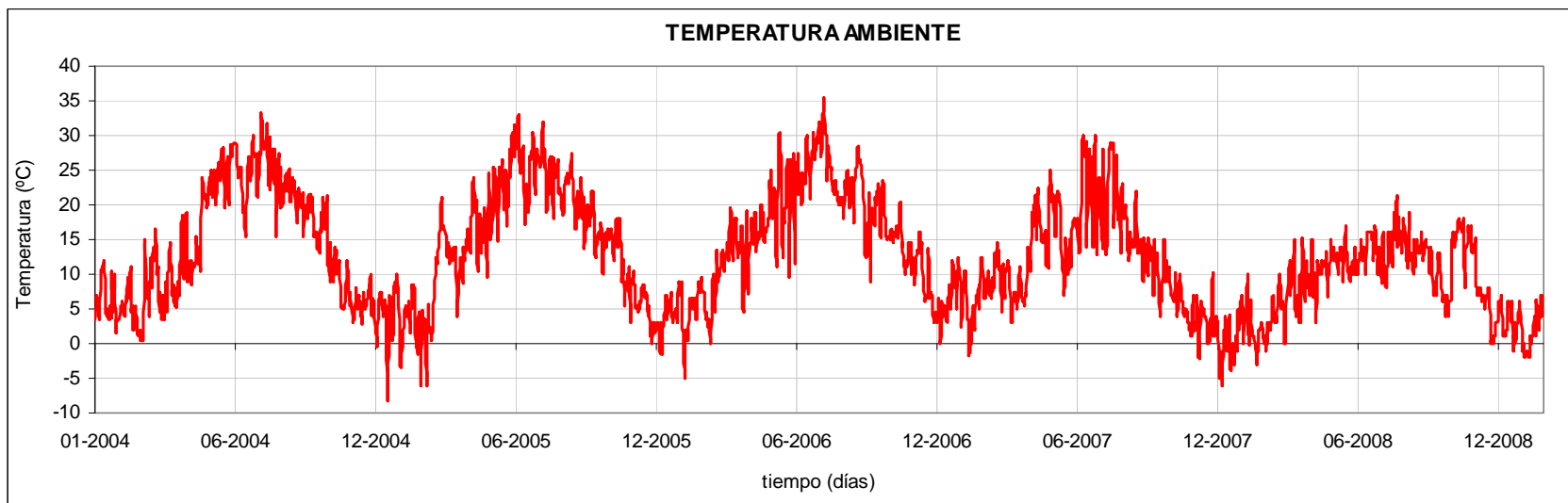


Gráfico A2. Evolución temporal de la temperatura media del ambiente.

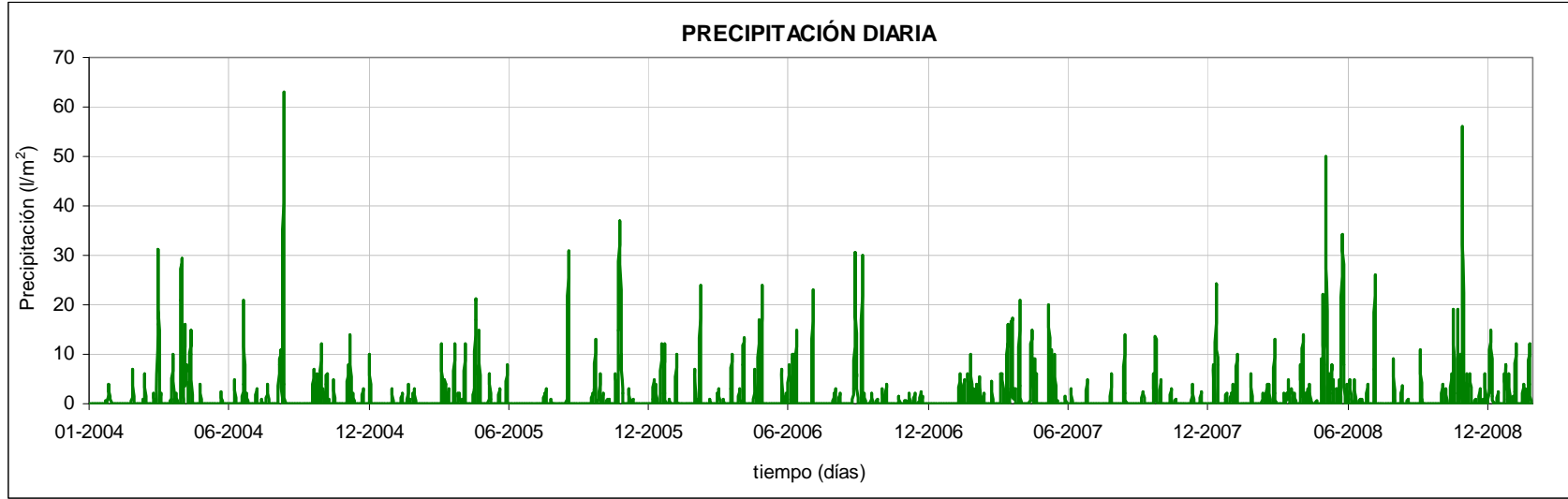


Gráfico A3. Evolución temporal de las precipitaciones en el embalse de Val.

B.) CONTROL DE FILTRACIONES. AFORADORES

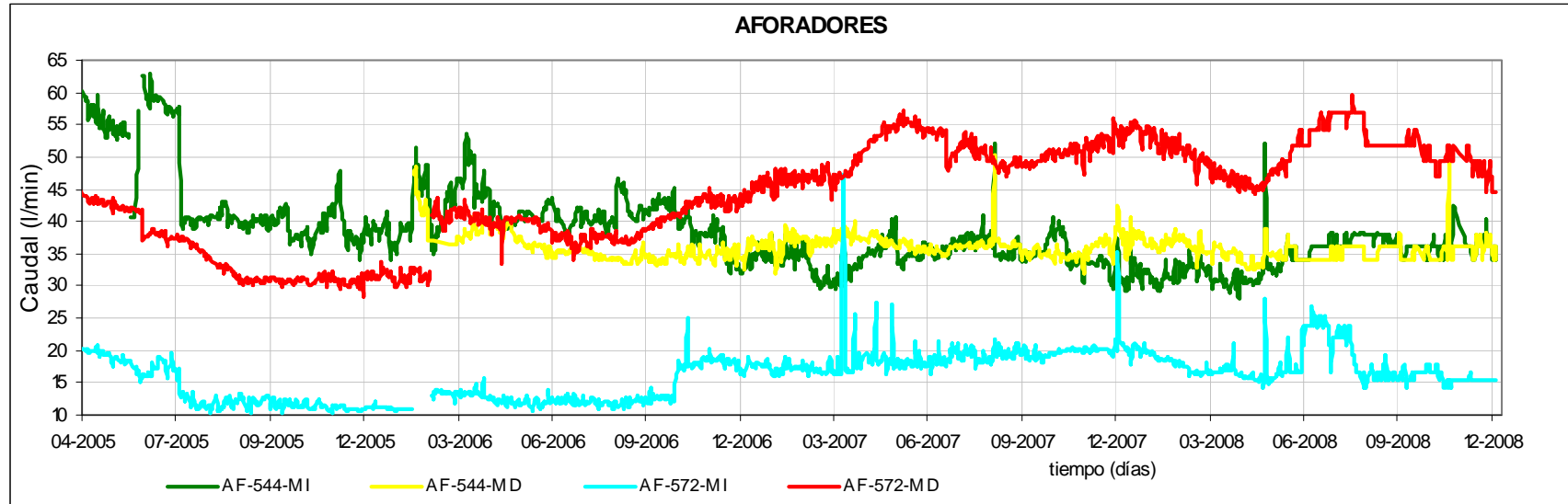


Gráfico B1. Evolución temporal de las filtraciones en la presa.

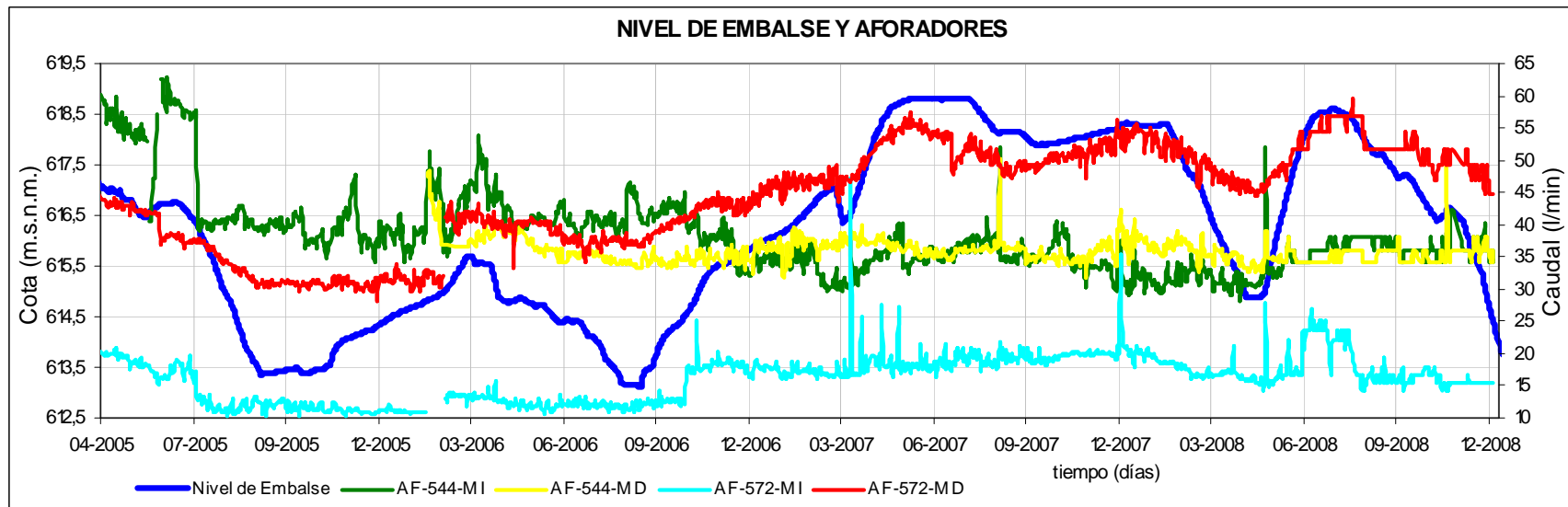


Gráfico B2. Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con el nivel de embalse.

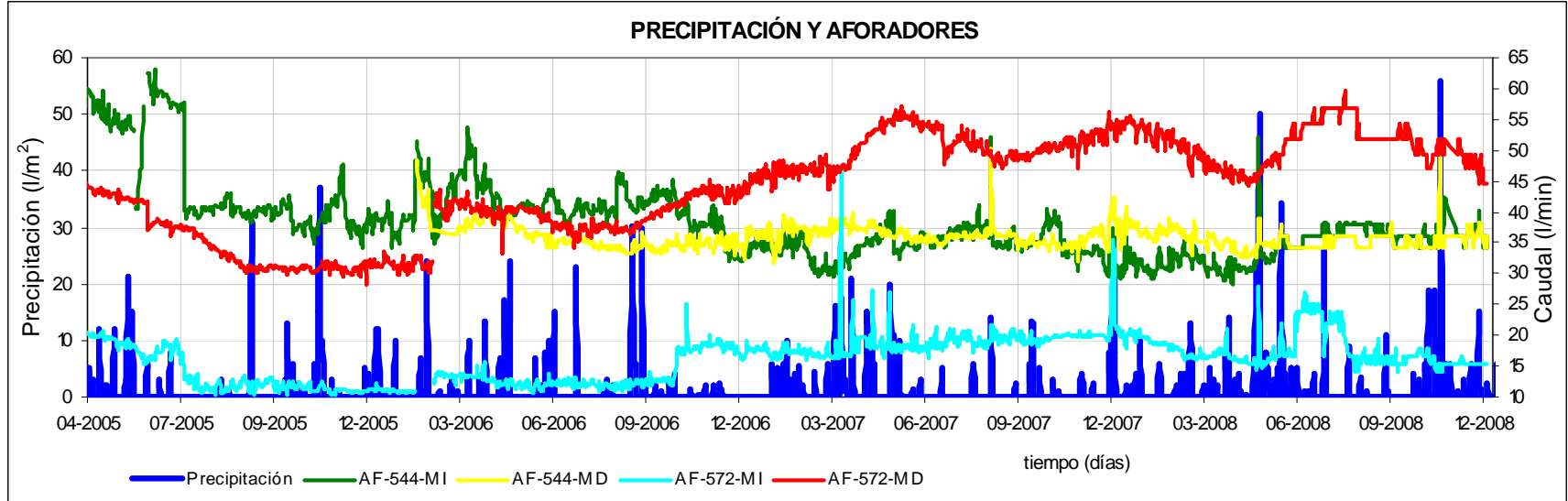


Gráfico B3. Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con las precipitaciones.

C.) CONTROL DE SUBPRESIONES. PIEZÓMETROS

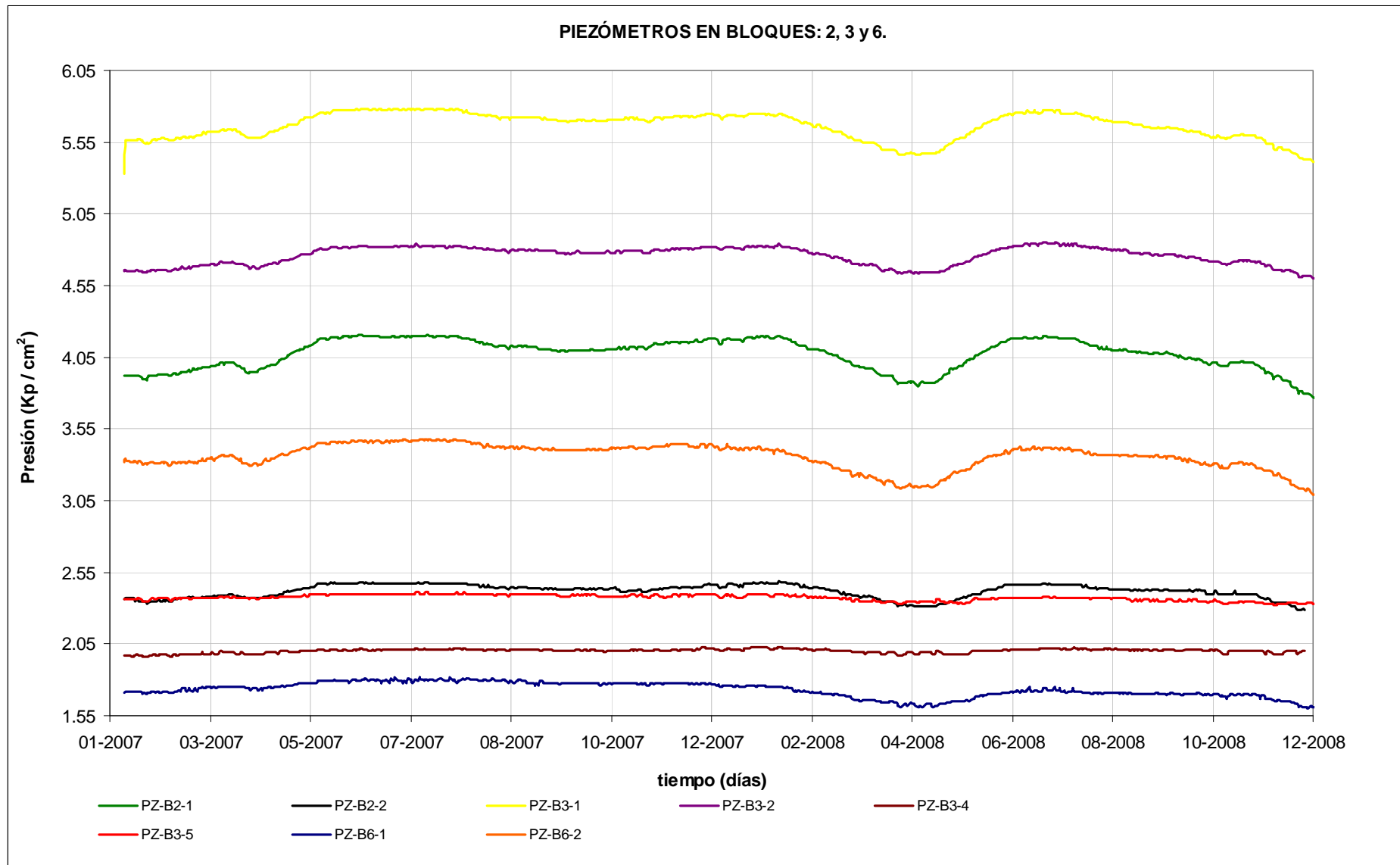


Gráfico C1. Evolución temporal de los piezómetros situados en los bloques 2, 3 y 6.

NIVEL DE EMBALSE Y PIEZÓMETROS EN BLOQUES: 2, 3 y 6.

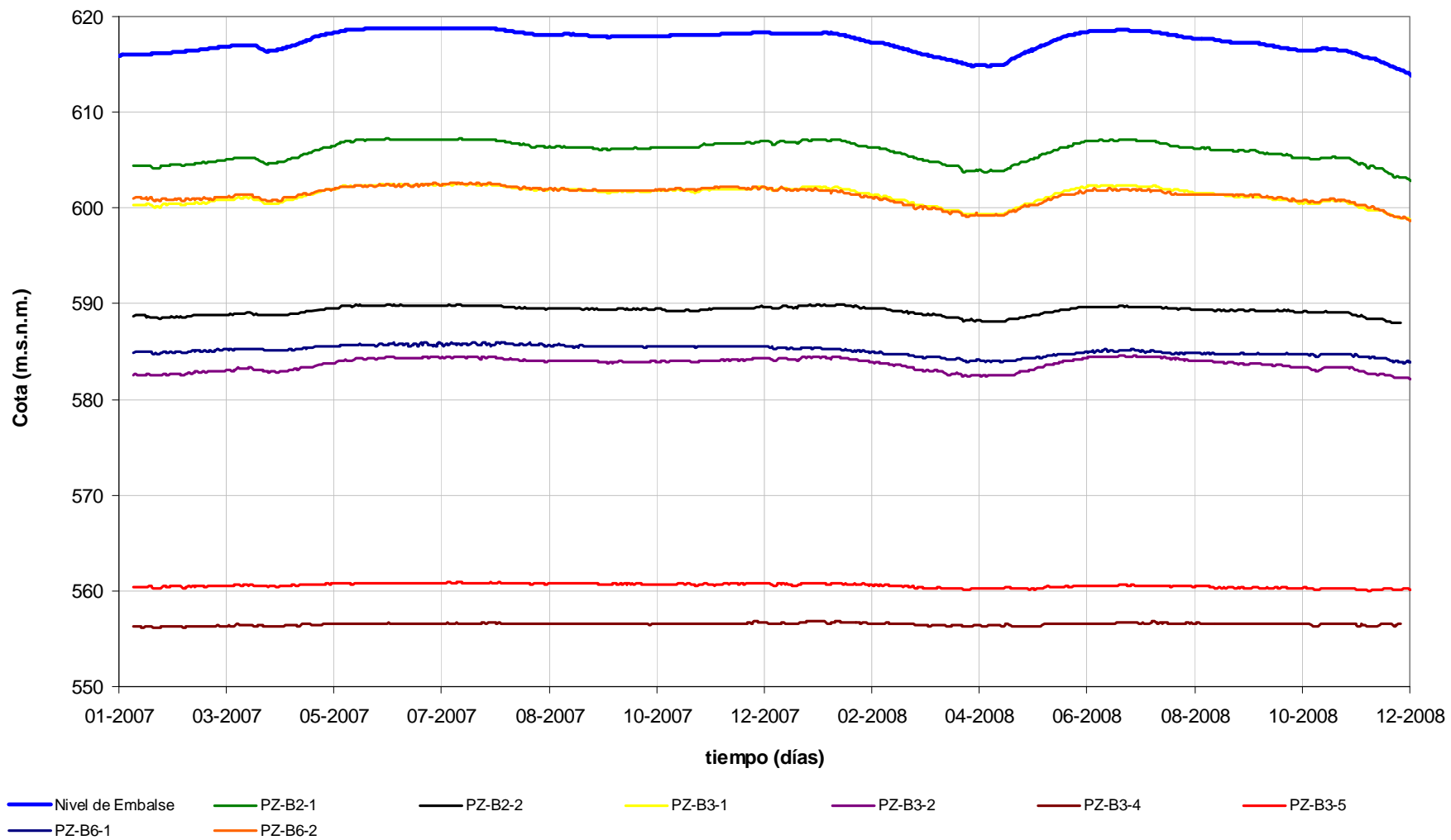


Gráfico C2. Evolución temporal de los piezómetros situados en los bloques 2, 3 y 6 , y del nivel de embalse.

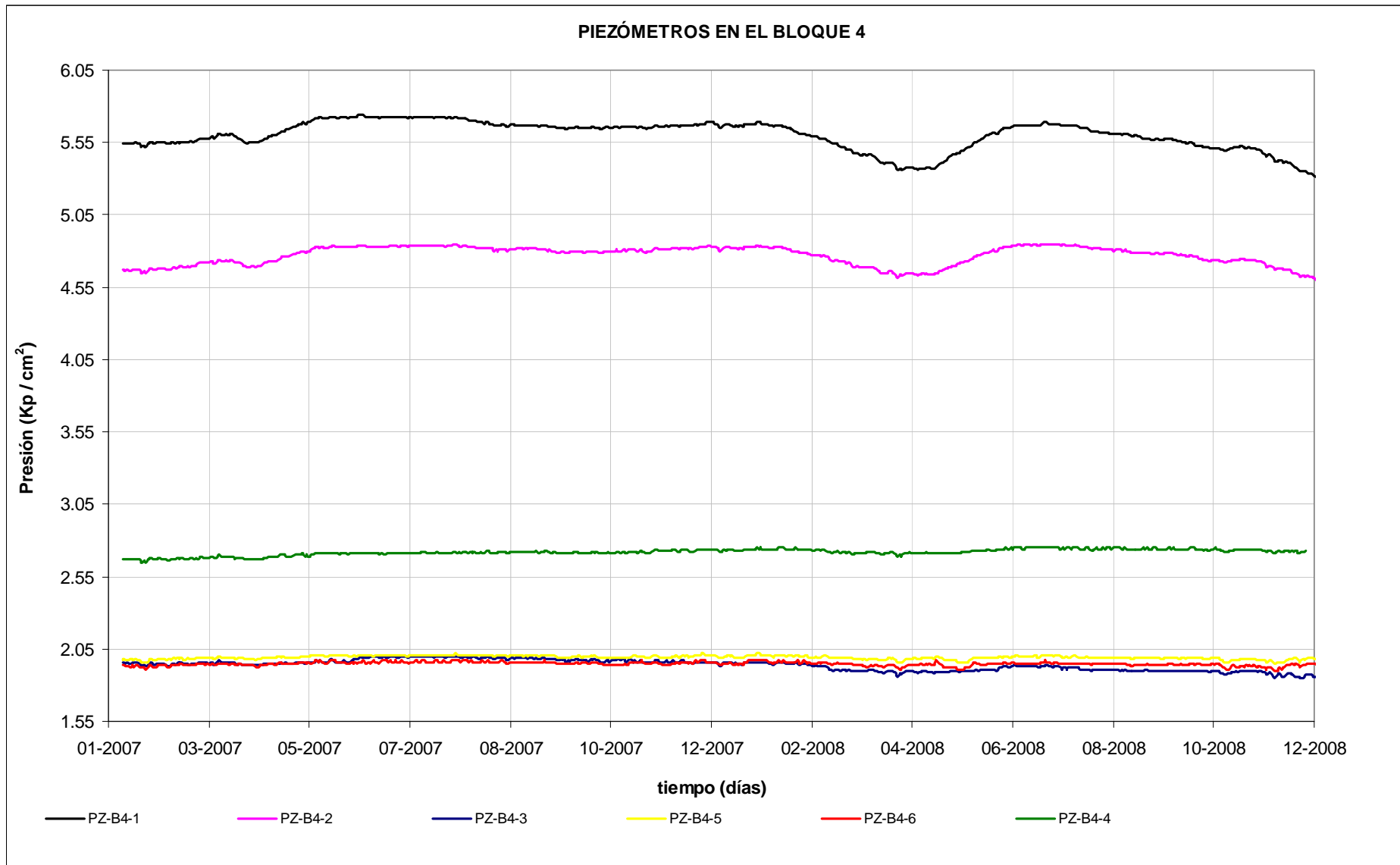


Gráfico C3. Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 4.

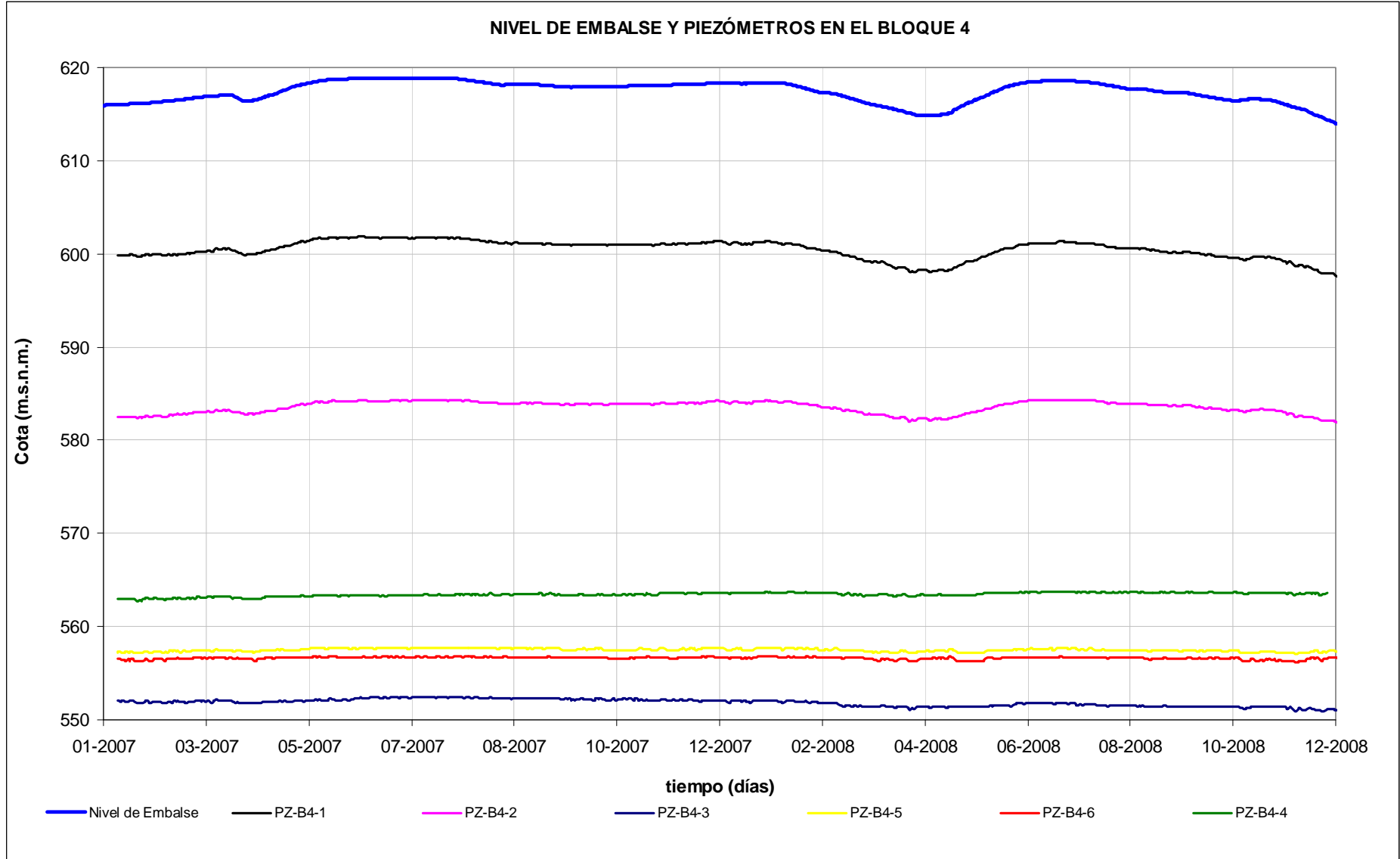


Gráfico C4. Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 4 y del nivel de embalse.

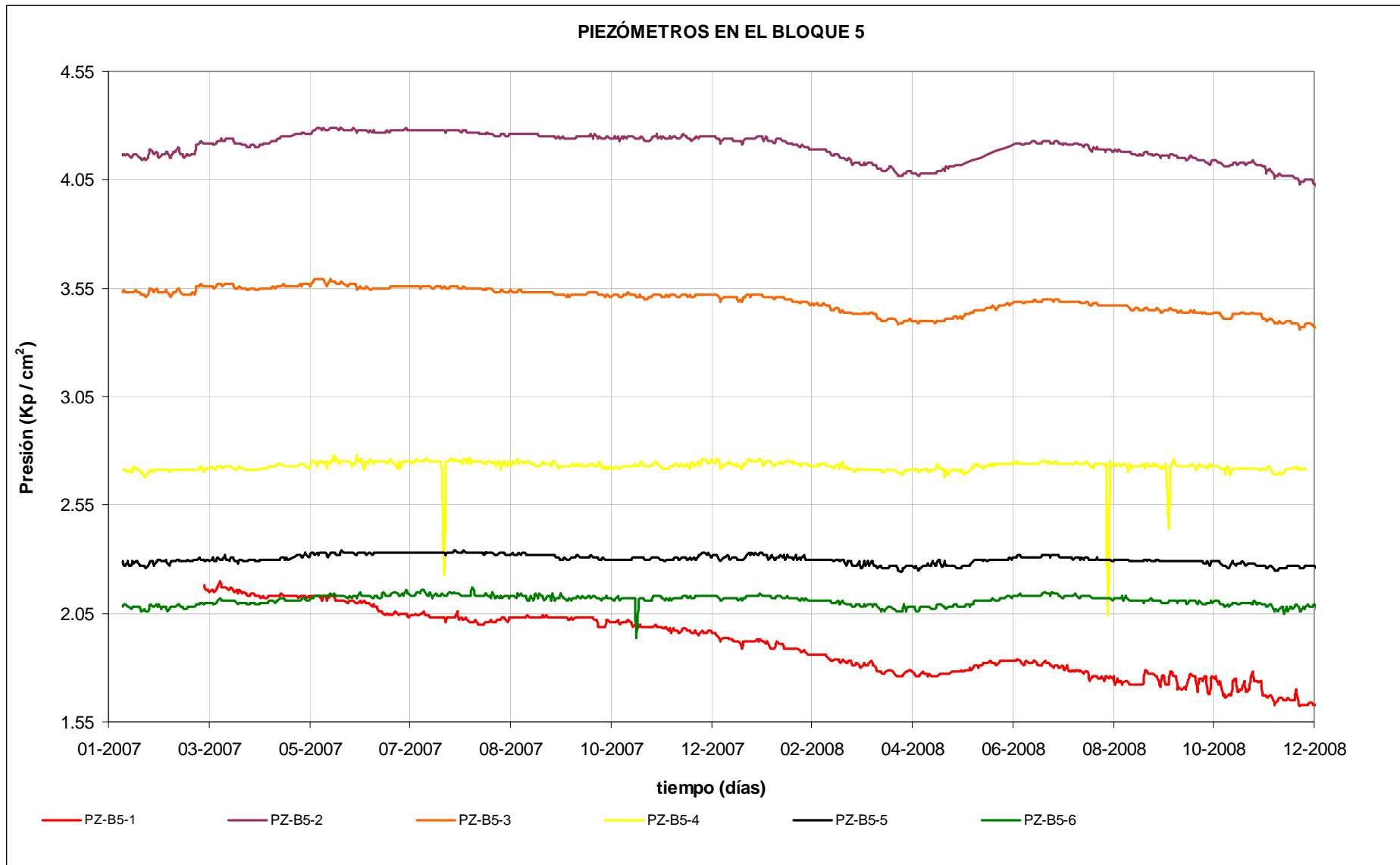


Gráfico C5. Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 5.

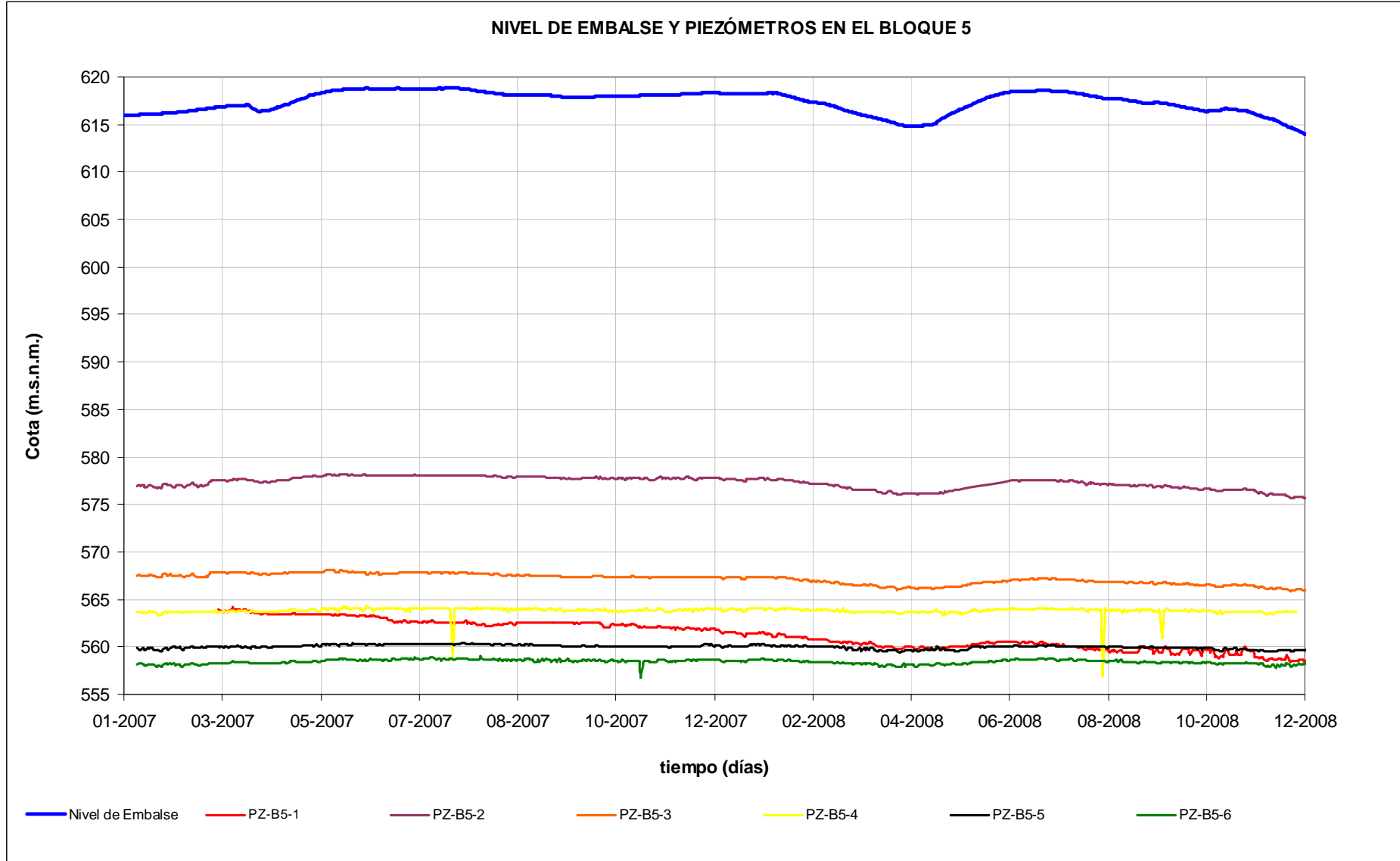


Gráfico C6. Evolución temporal de los piezómetros situados en el bloque 5 y del nivel de embalse.

PIEZÓMETROS EN JUNTAS

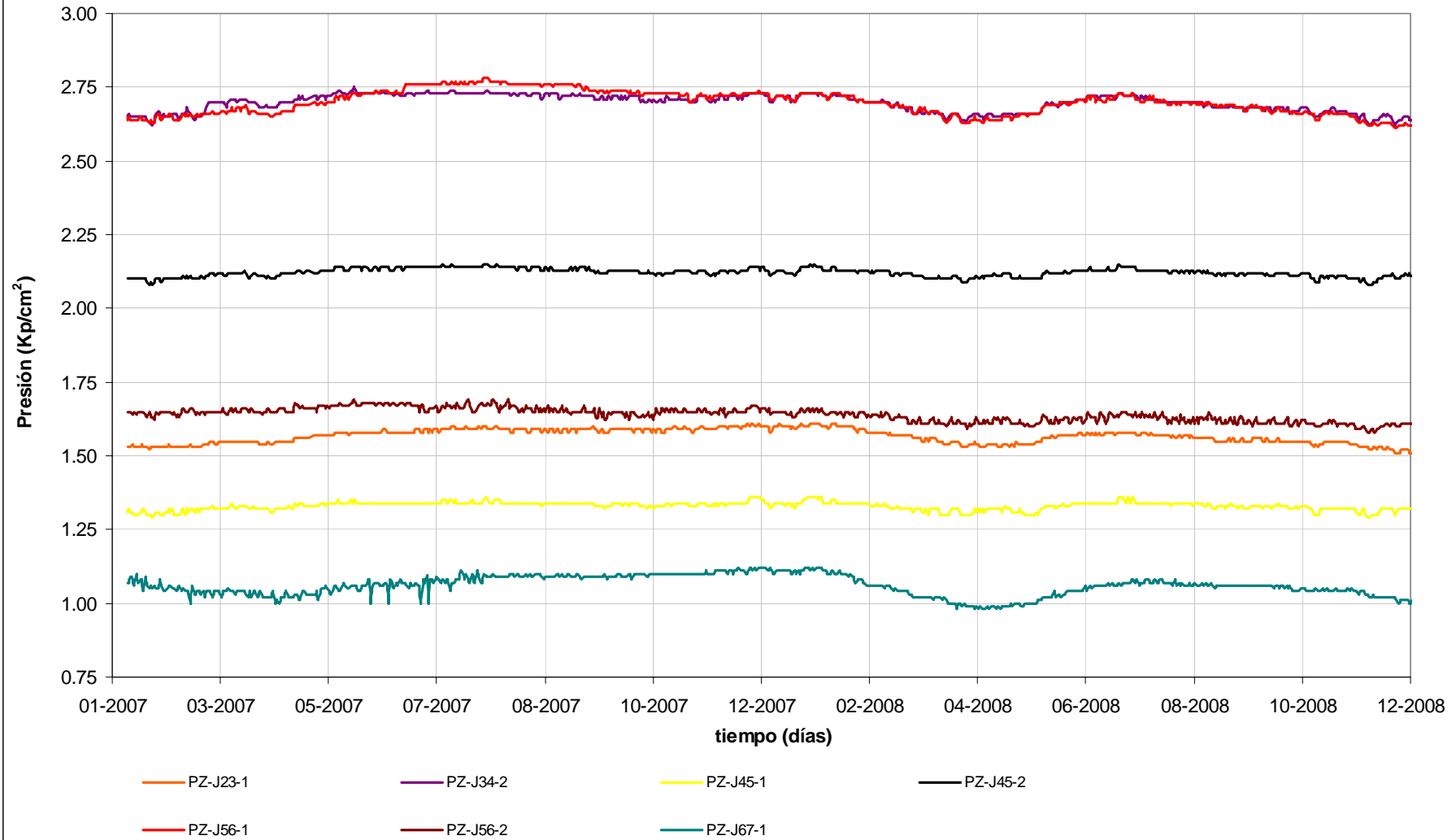


Gráfico C7. Evolución temporal de los piezómetros situados en las juntas de los bloques.

D.) EXTENSÓMETROS

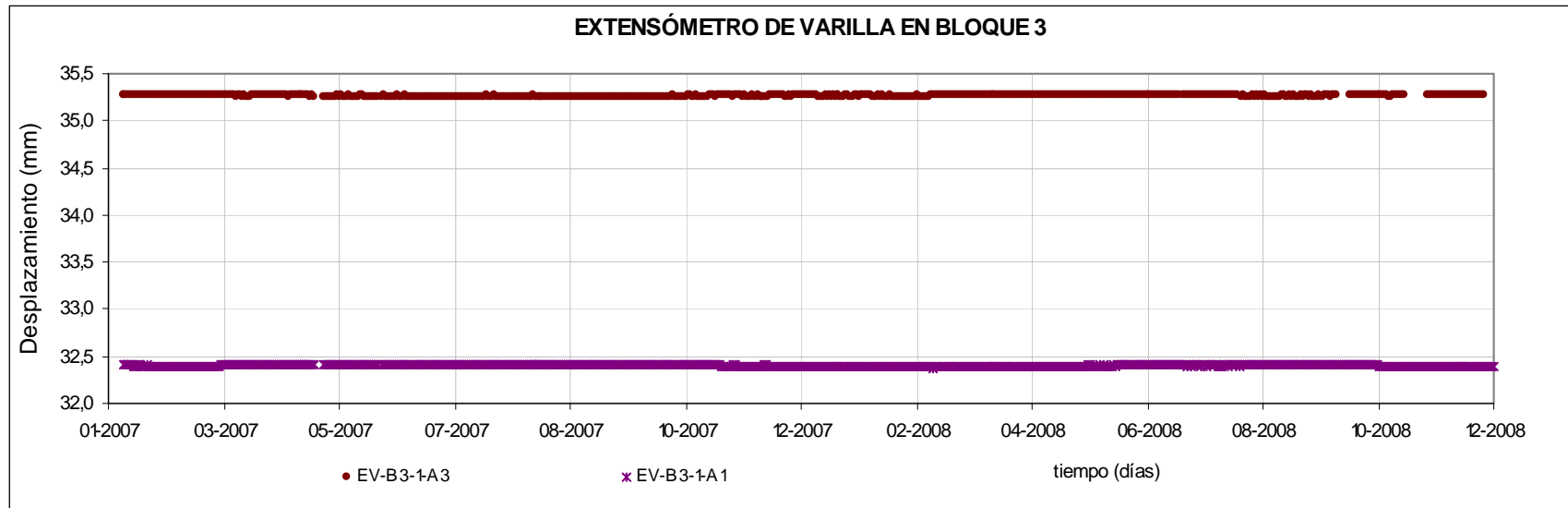


Gráfico D1. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B3-1.

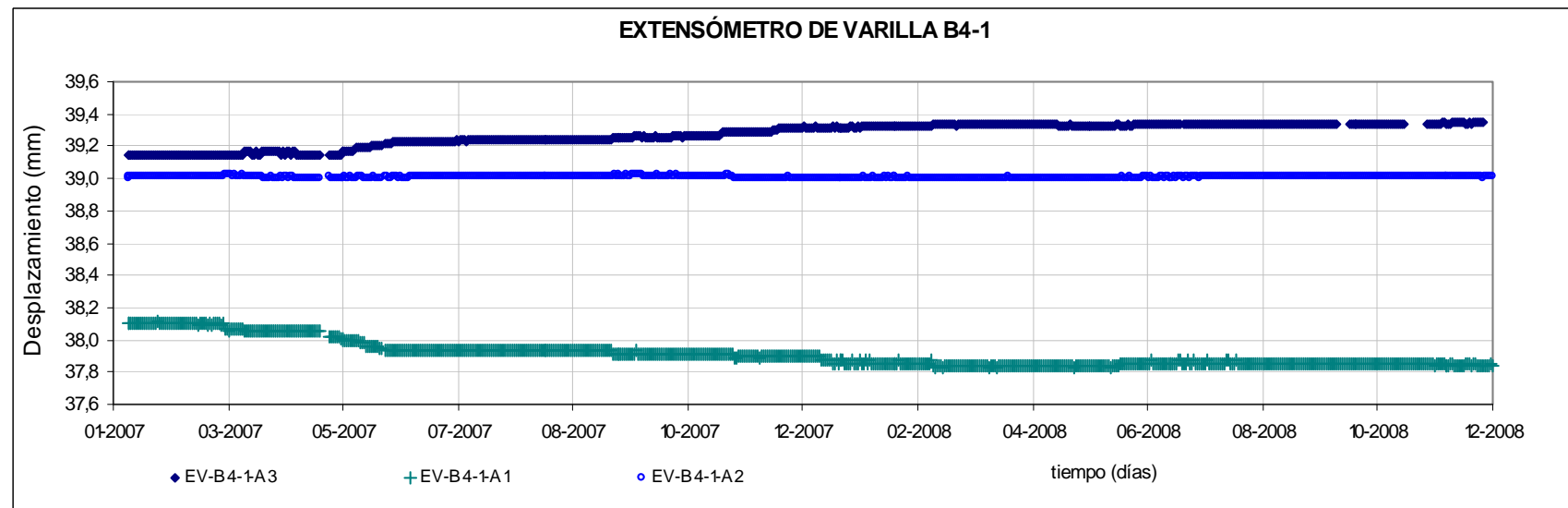


Gráfico D2. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B4-1.

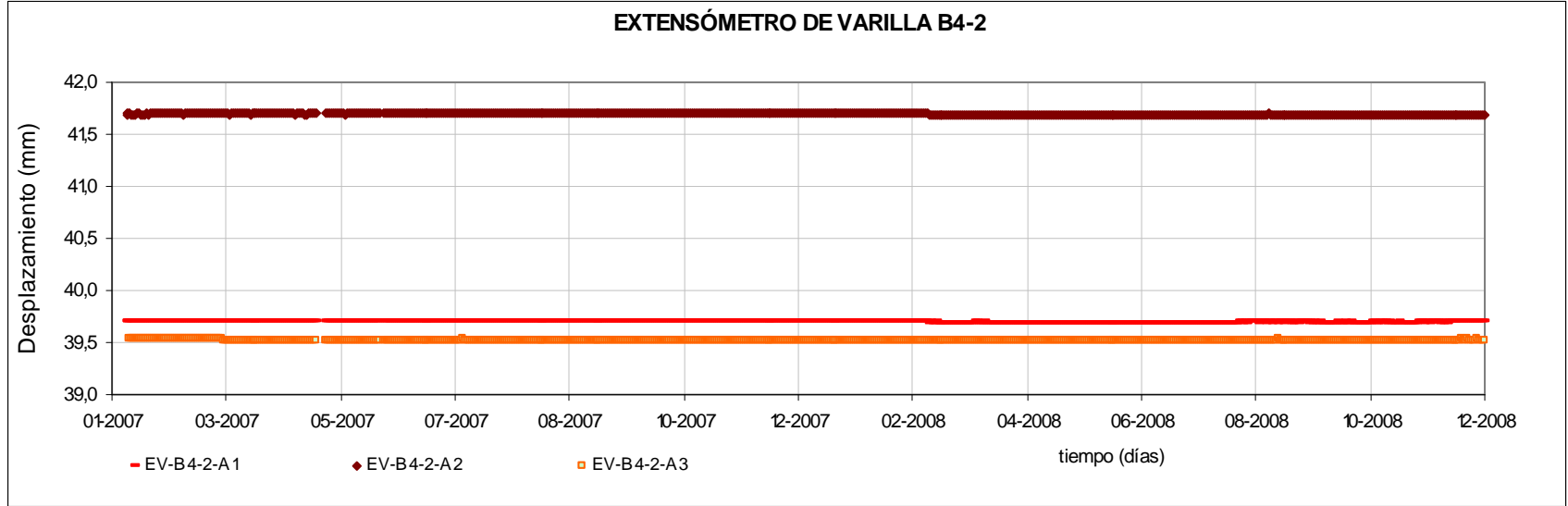


Gráfico D3. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B4-2.

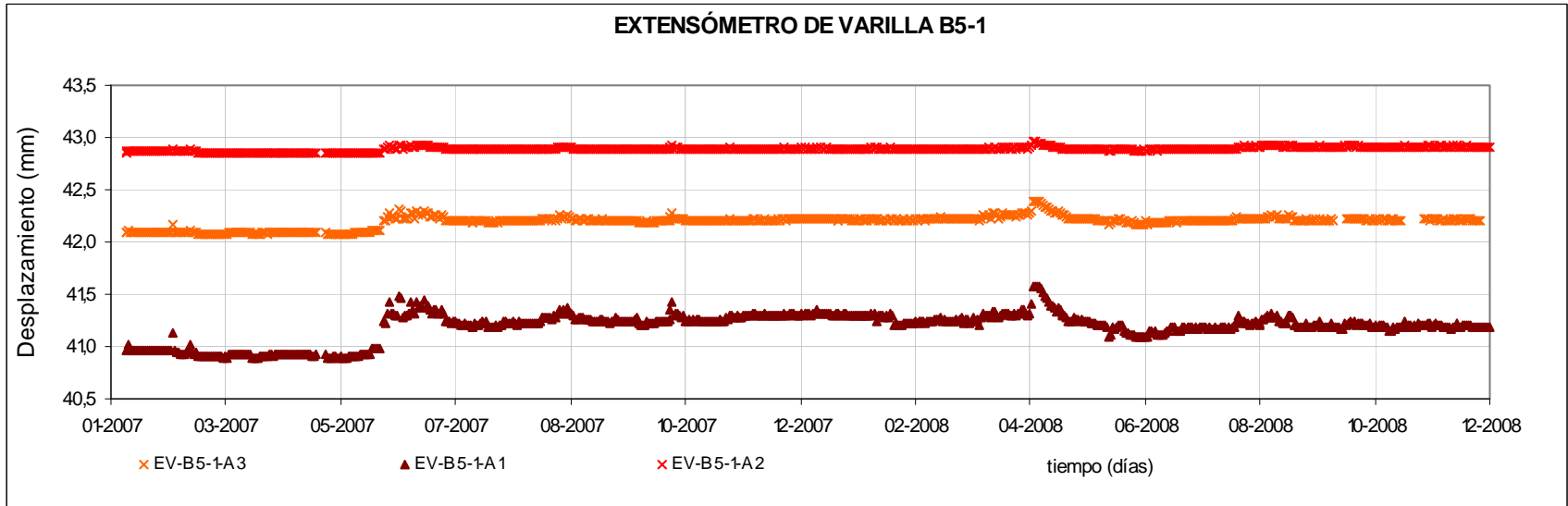


Gráfico D4. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-1.

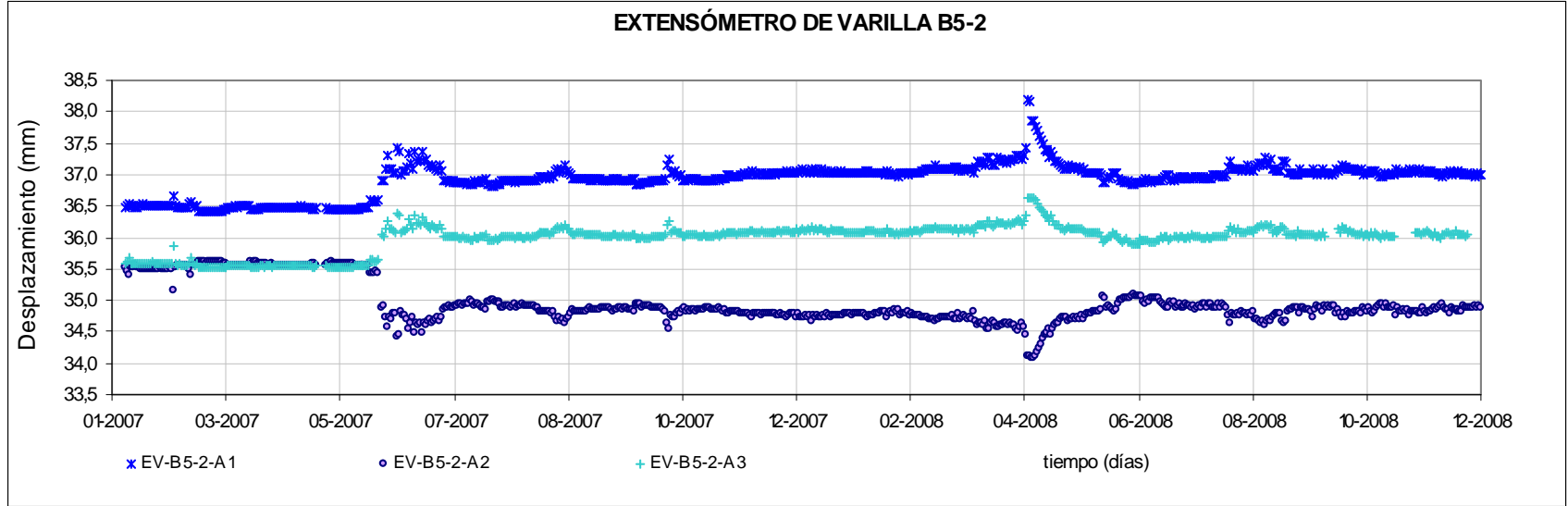


Gráfico D5. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-2.

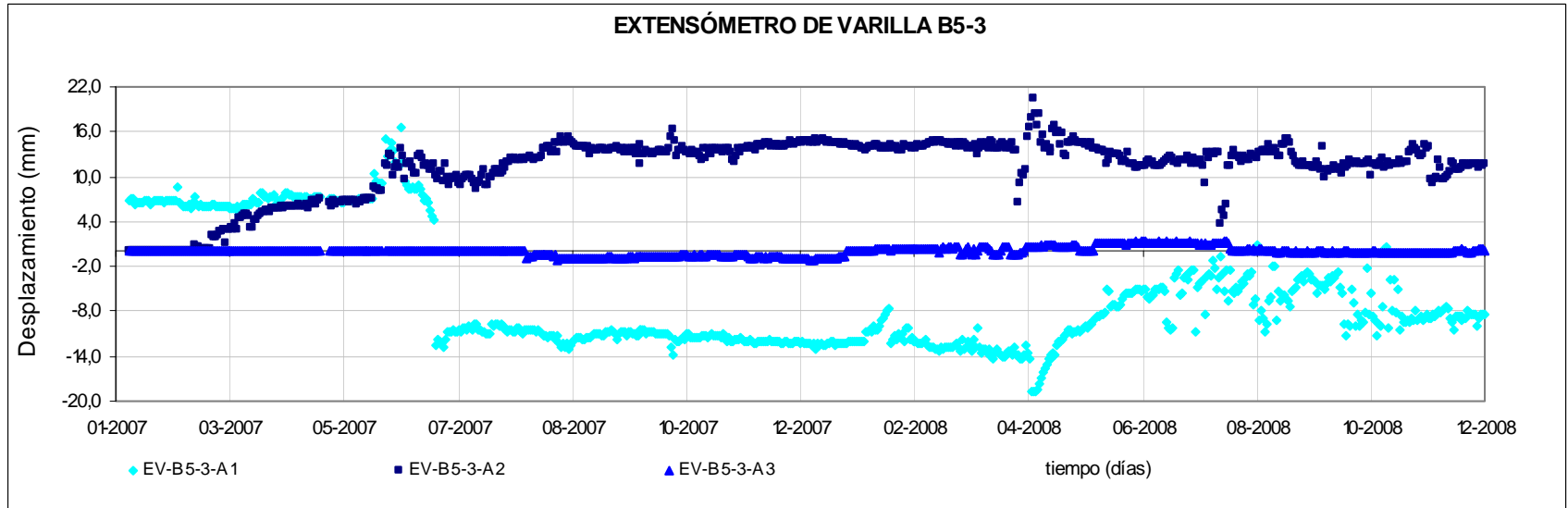


Gráfico D6. Evolución temporal del extensómetro de varilla EV-B5-3.

E.) TERMÓMETROS EMBEBIDOS EN EL HORMIGÓN DE LA PRESA

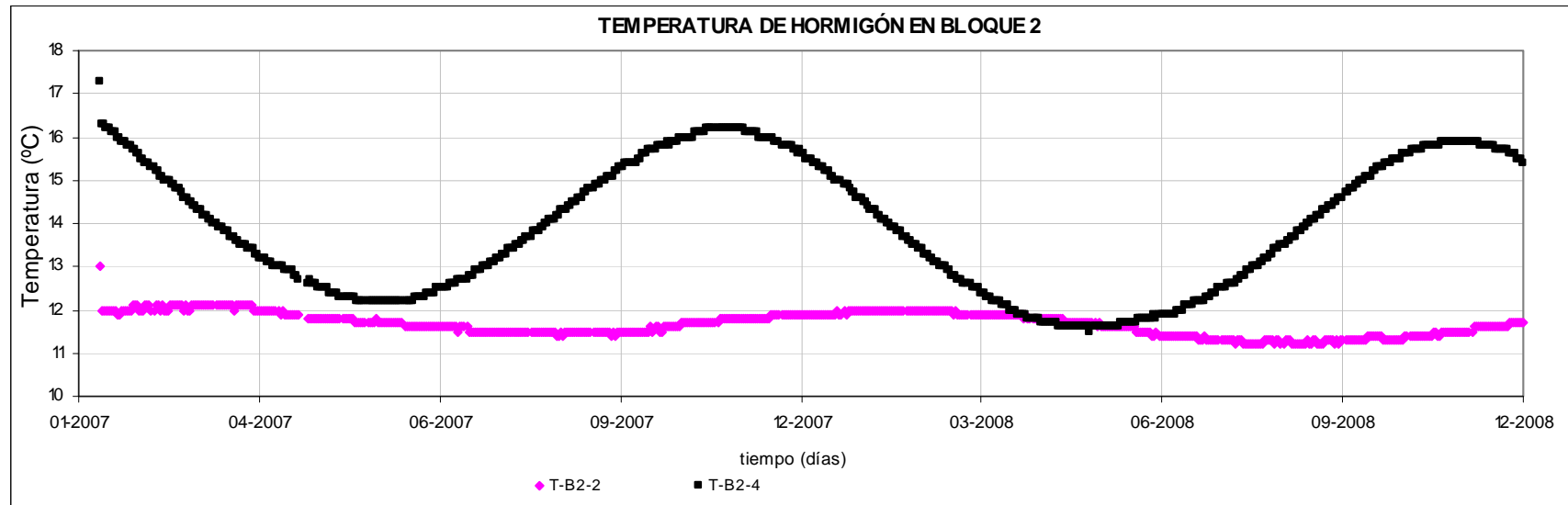


Gráfico E1. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 2.

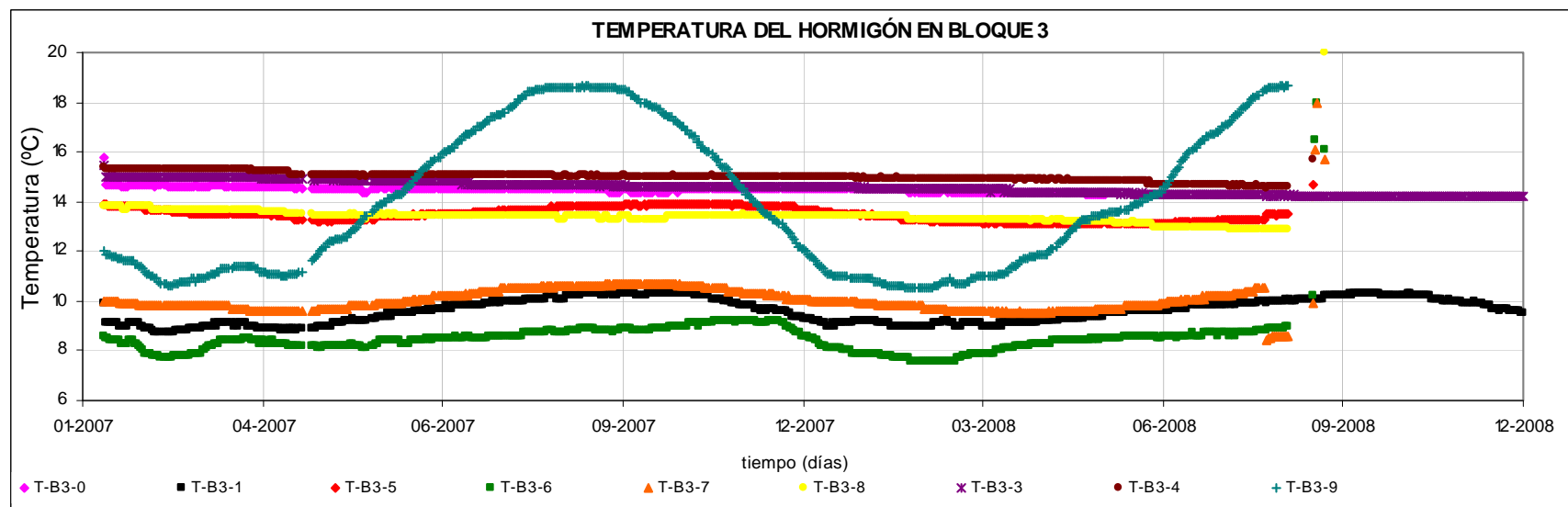


Gráfico E2. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3.

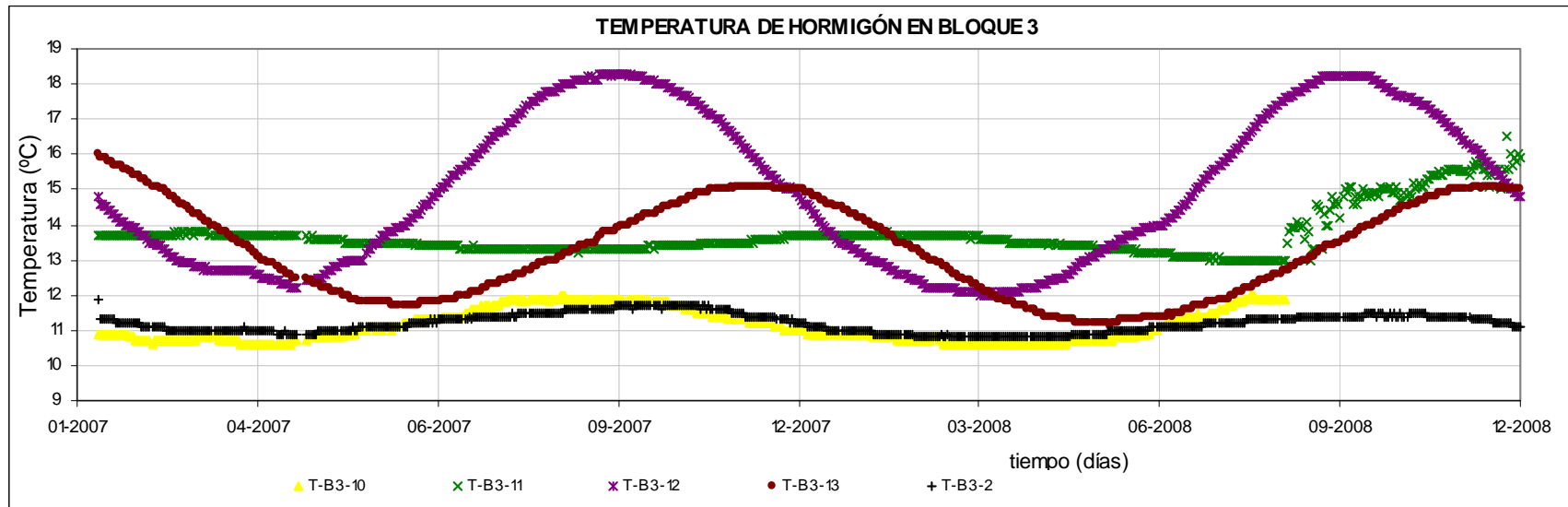


Gráfico E3. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3.

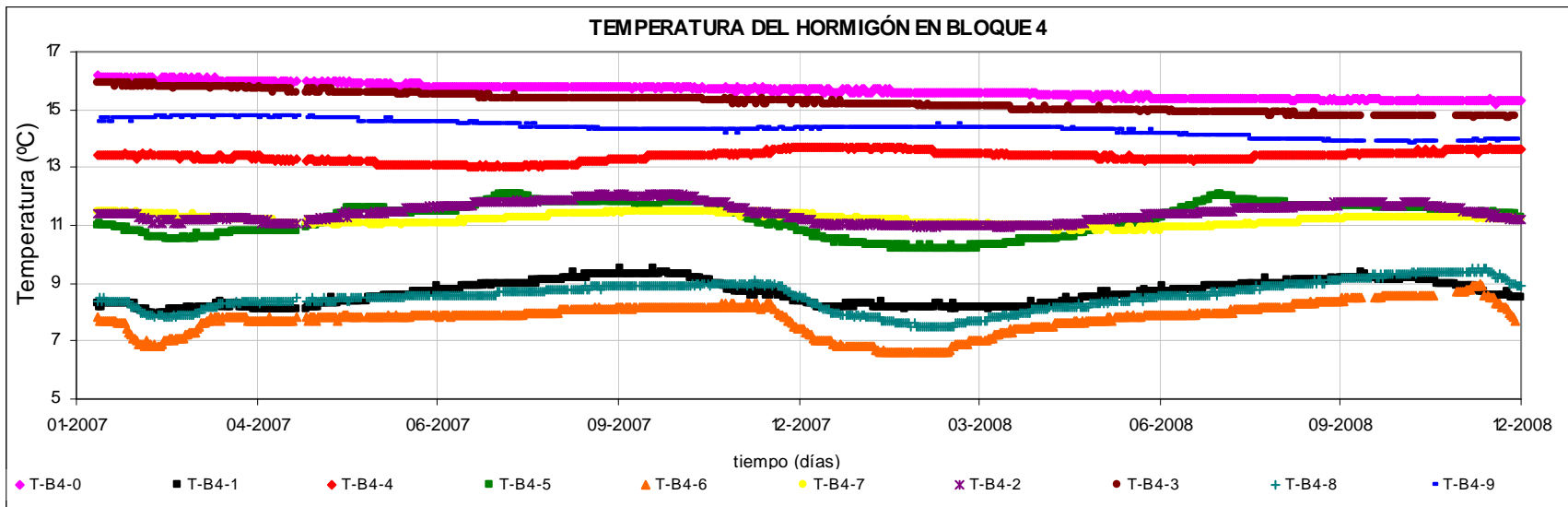


Gráfico E4. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4.

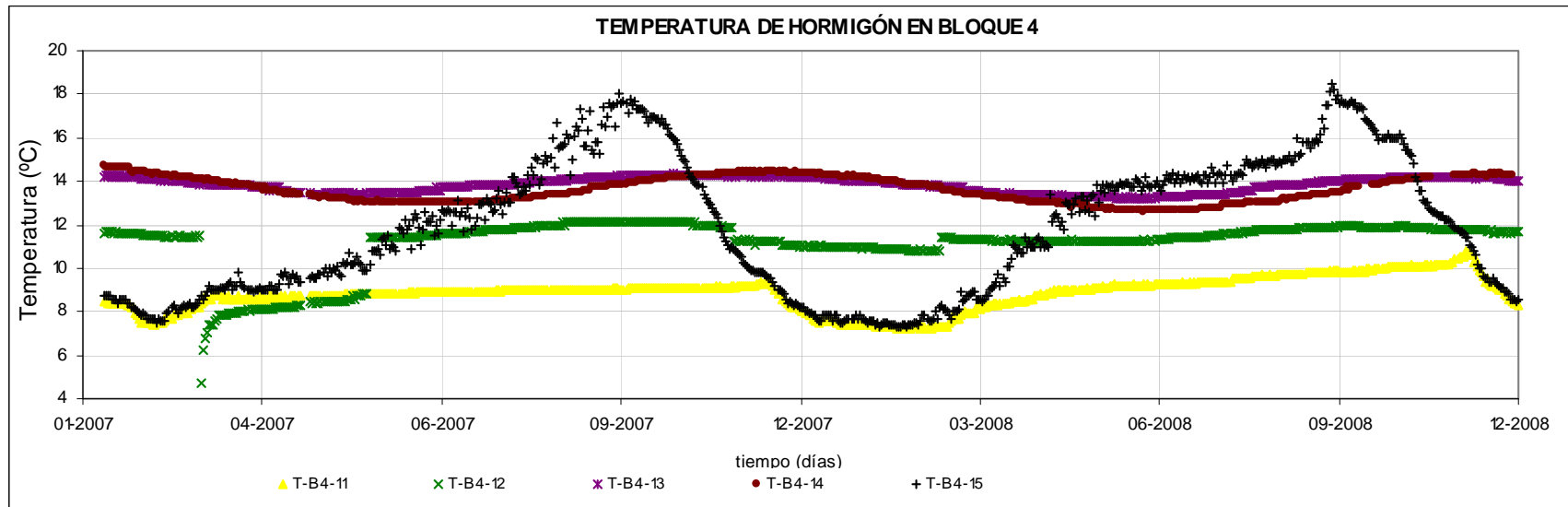


Gráfico E5. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4.

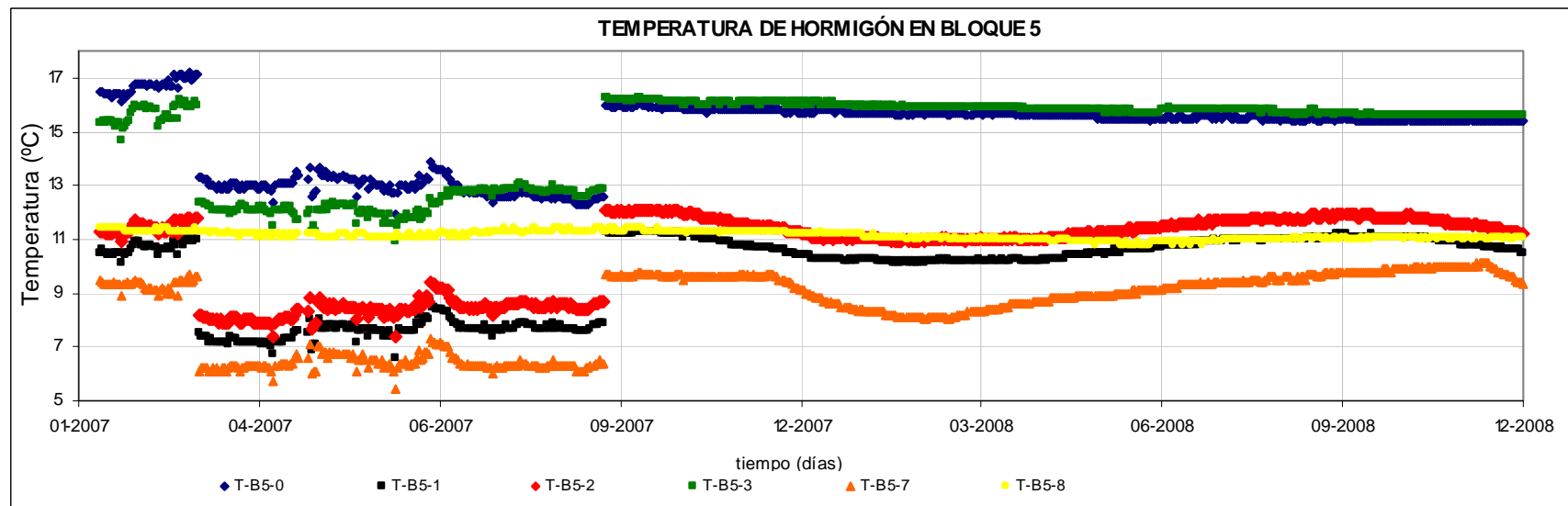


Gráfico E6. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5.

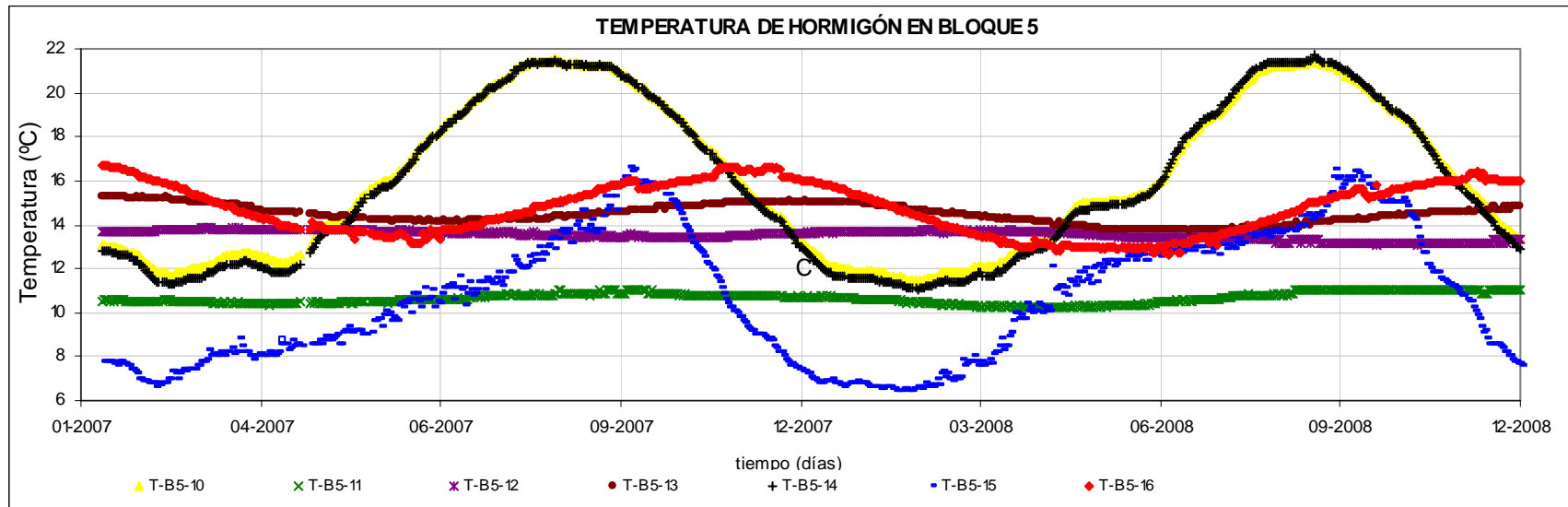


Gráfico E7. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5.

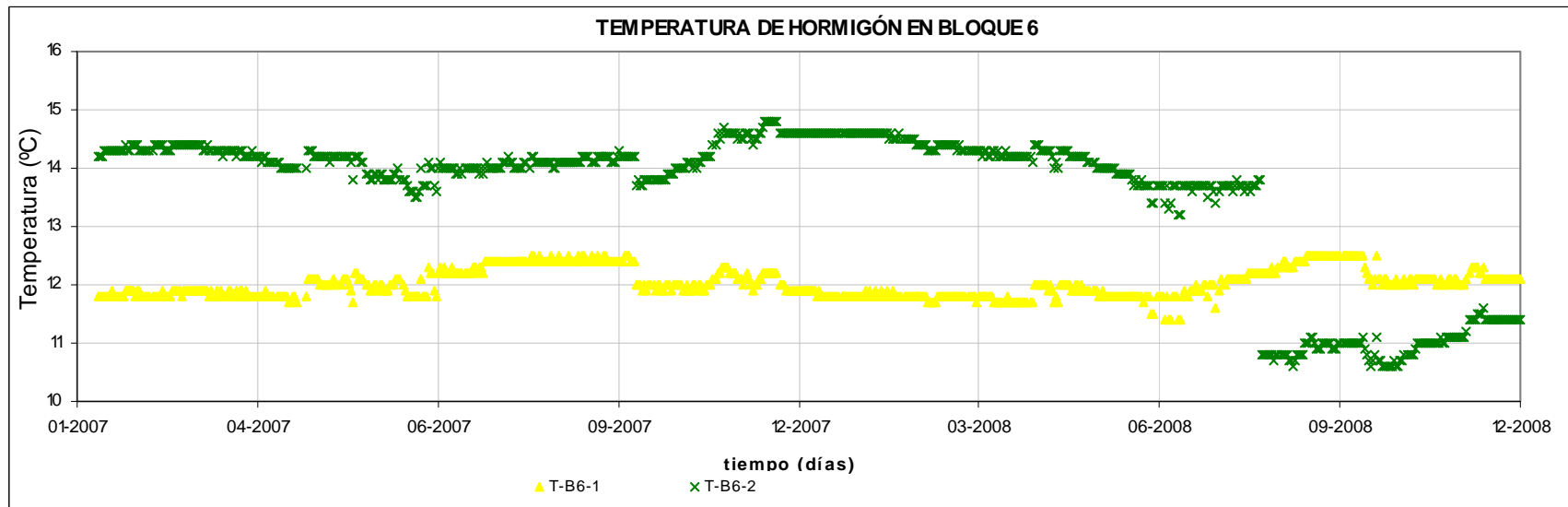


Gráfico E8. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 6.

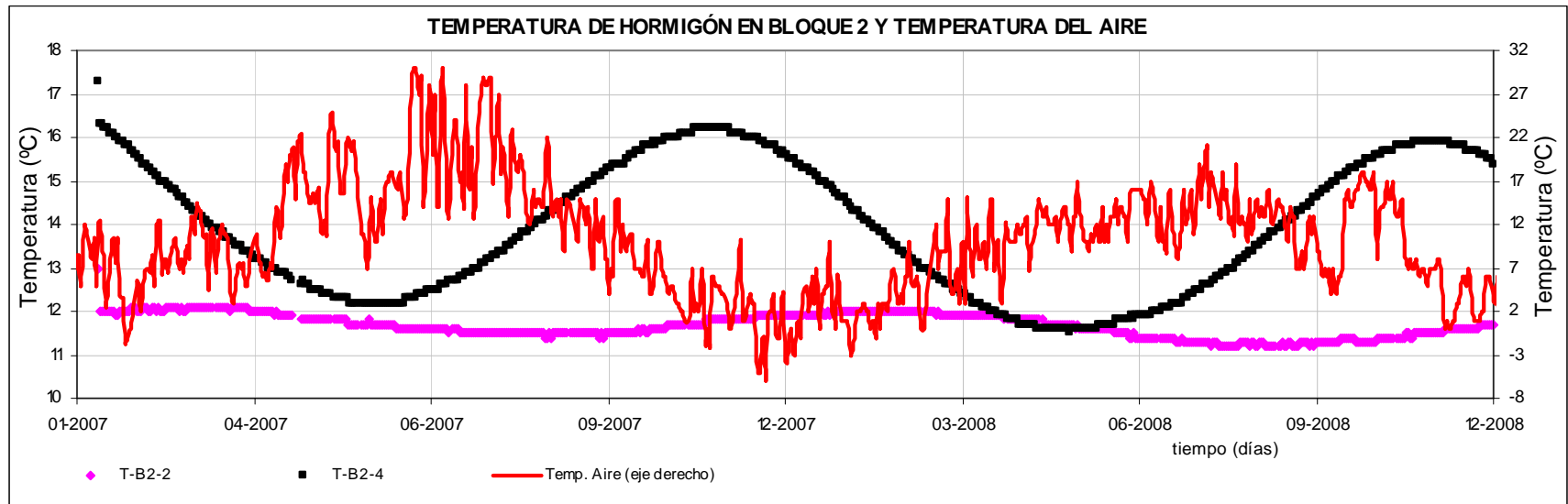


Gráfico E9. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 2, junto a la temperatura media del aire.

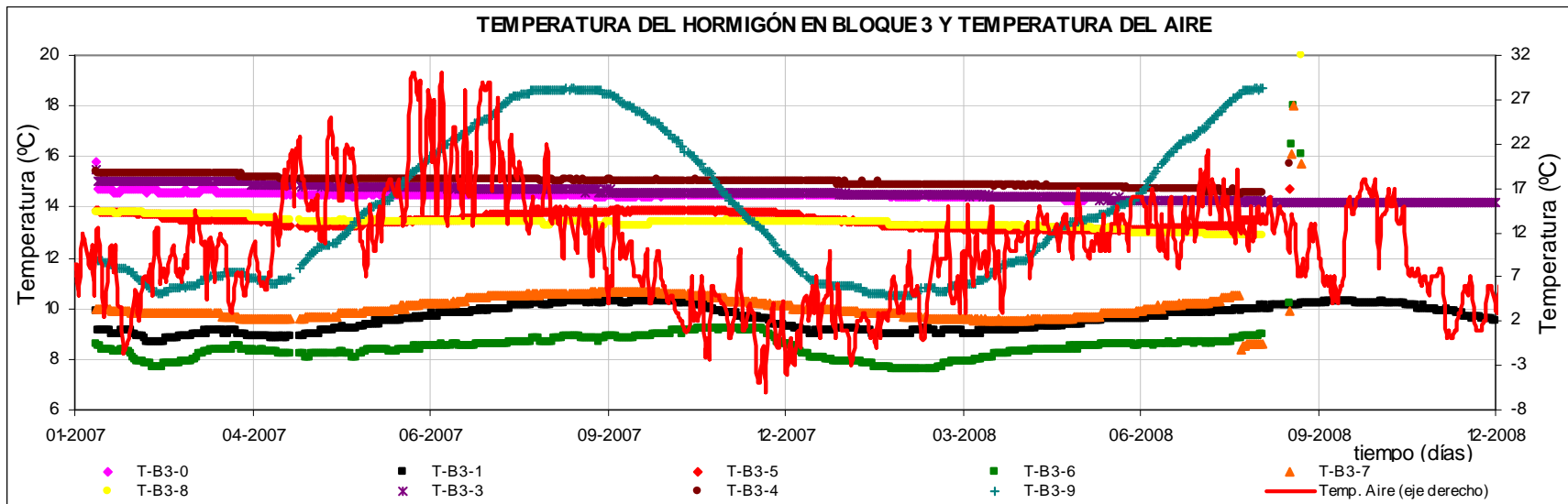


Gráfico E10. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3, junto a la temperatura media del aire.

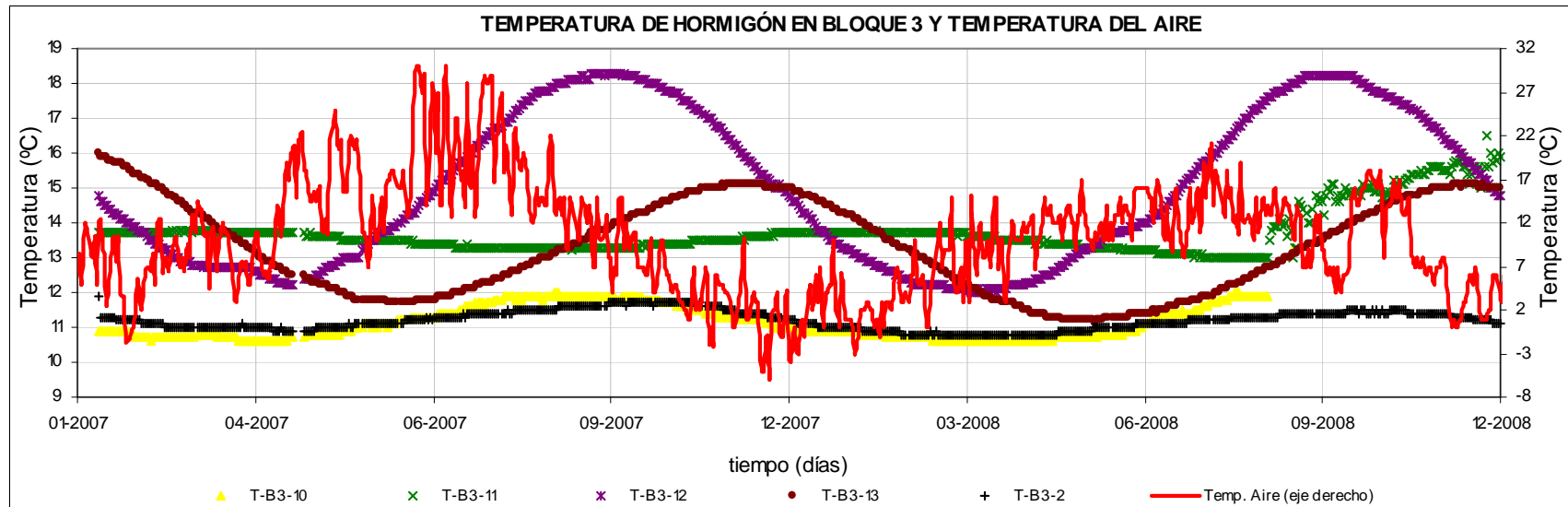


Gráfico E11. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 3, junto a la temperatura media del aire.

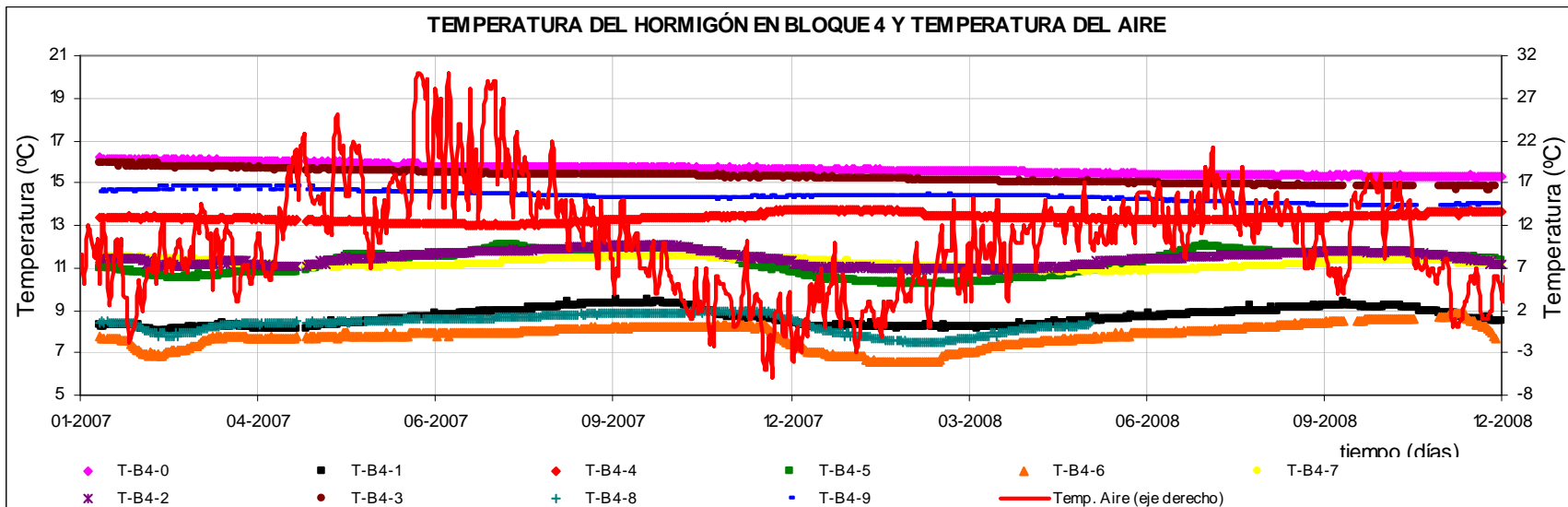


Gráfico E12. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4, junto a la temperatura media del aire.

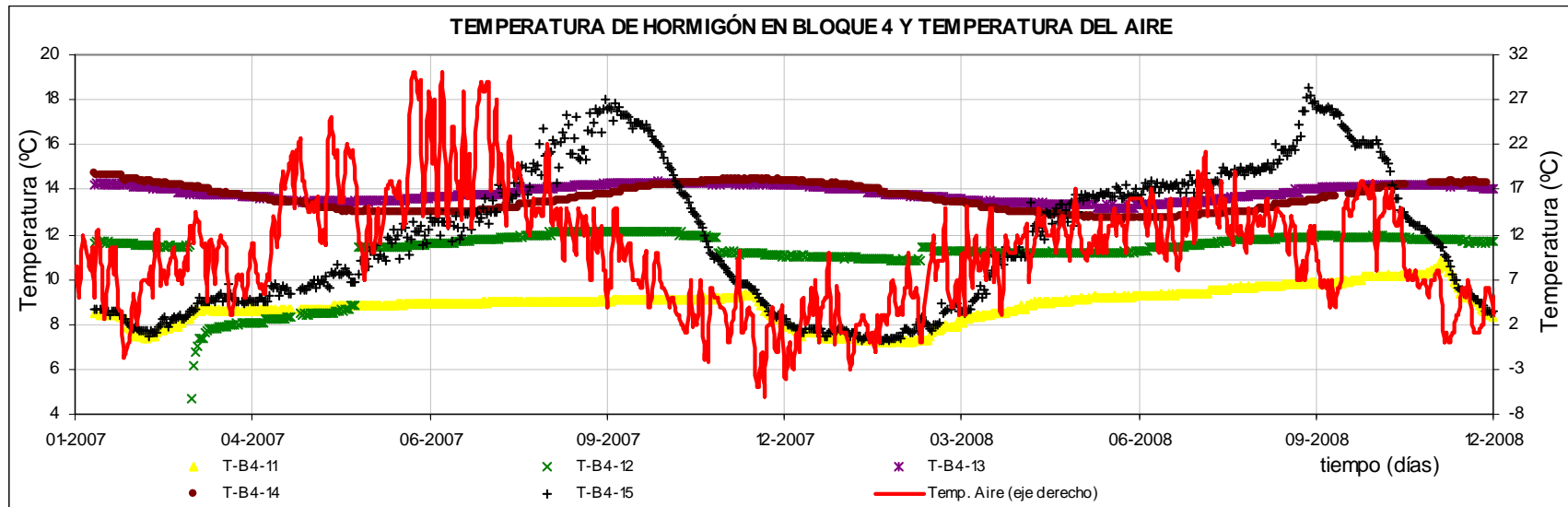


Gráfico E13. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 4, junto a la temperatura media del aire.

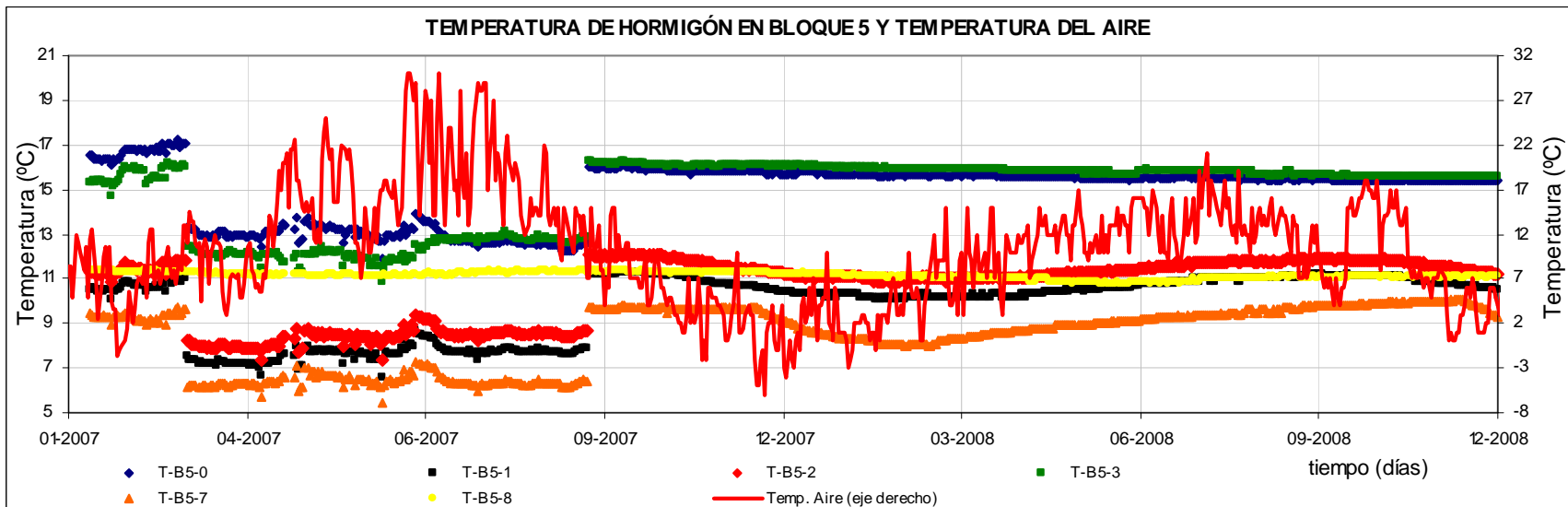


Gráfico E14. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5, junto a la temperatura media del aire.

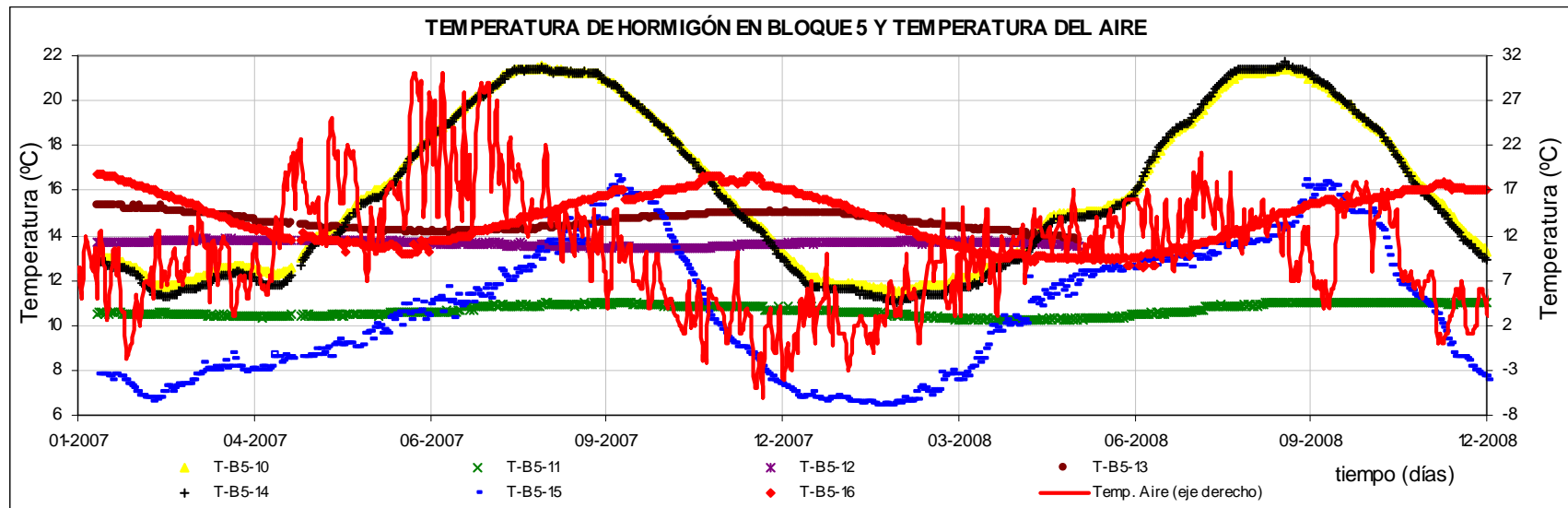


Gráfico E15. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 5, junto a la temperatura media del aire.

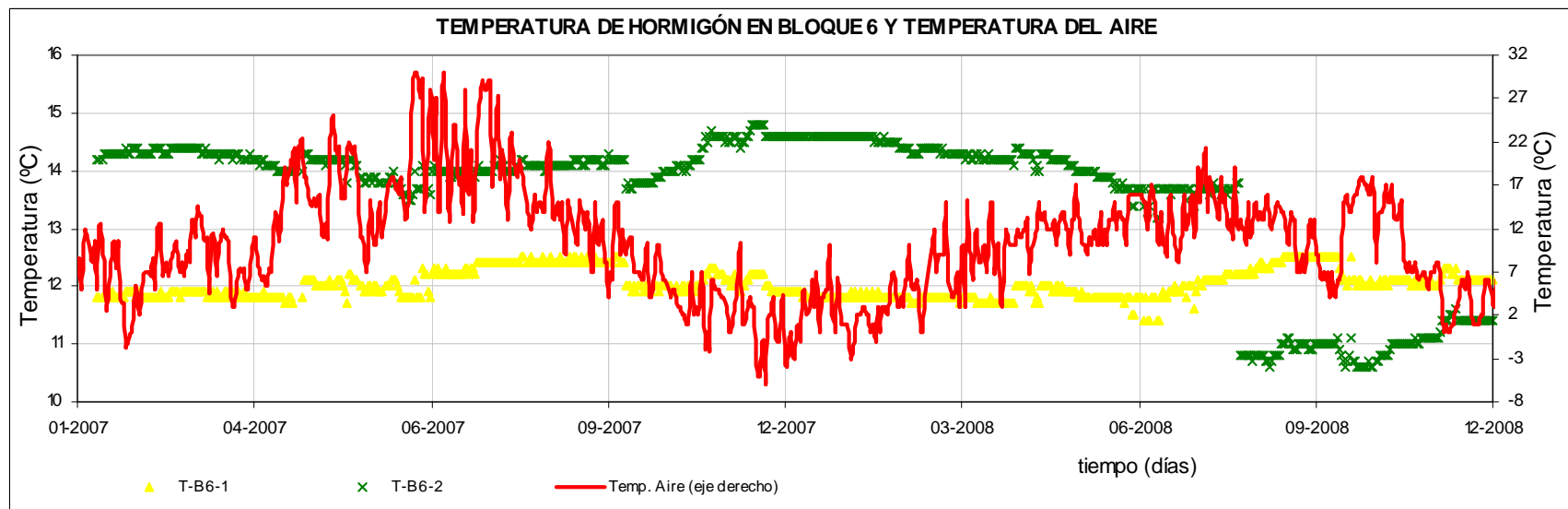


Gráfico E16. Evolución temporal de los termómetros embebidos en el hormigón del bloque 6, junto a la temperatura media del aire.

F.) CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES. PÉNDULOS DIRECTOS E INVERTIDOS

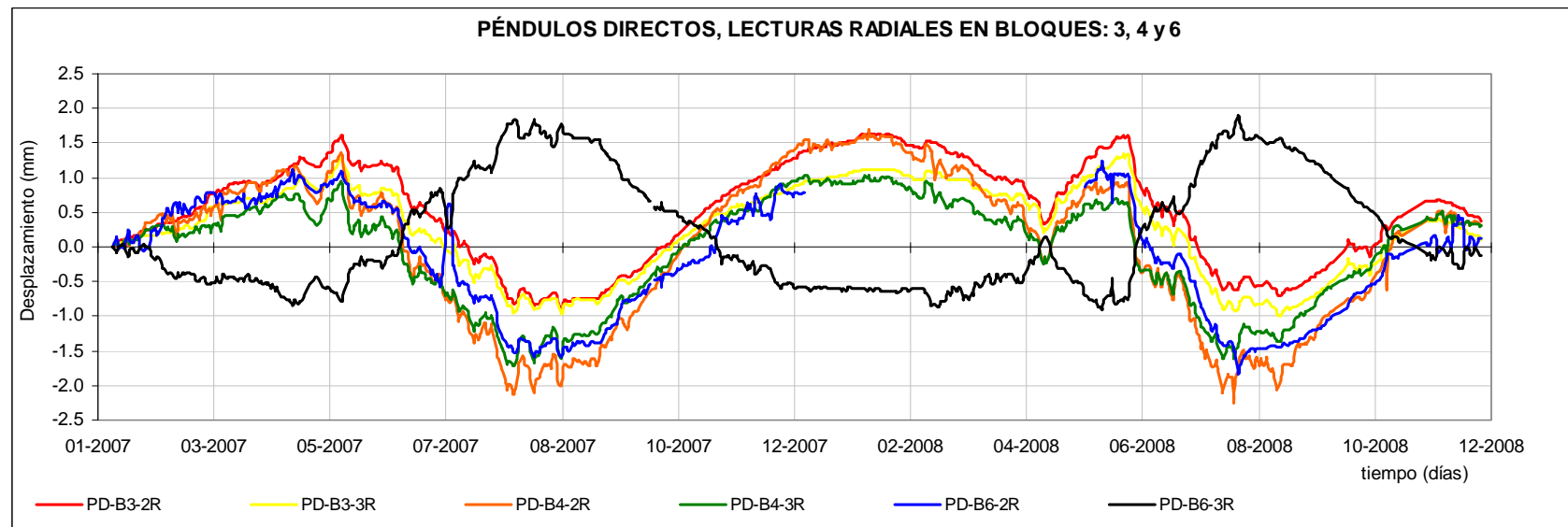
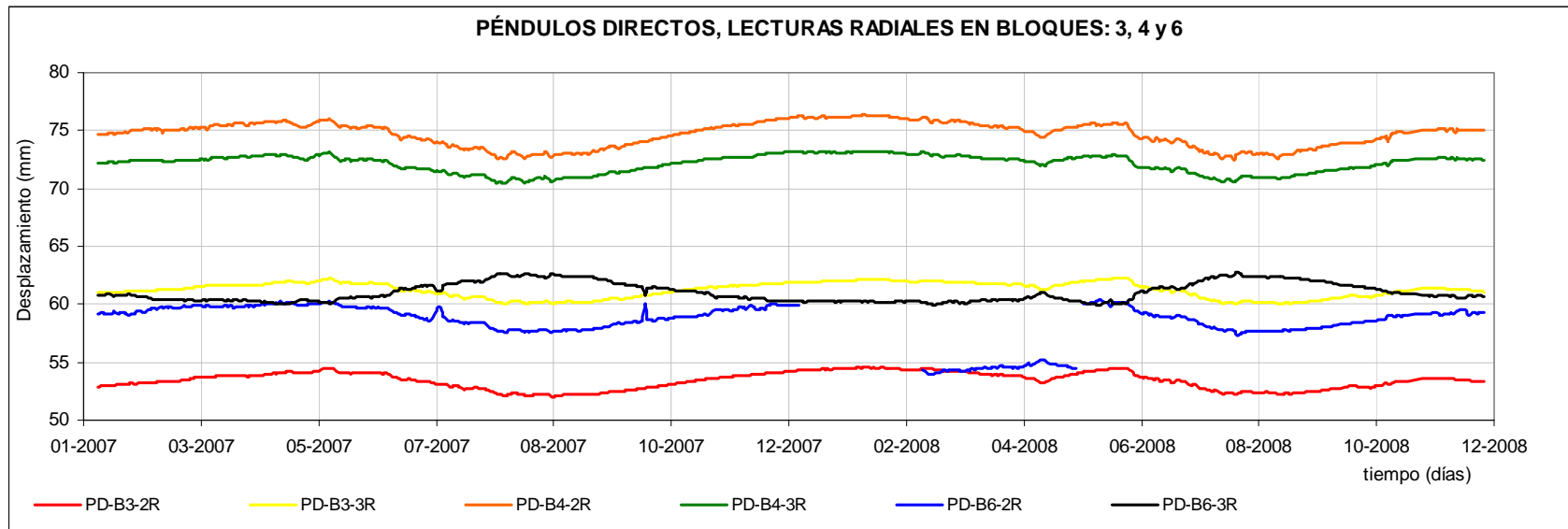


Gráfico F1. Evolución temporal de las lecturas radiales de los péndulos directos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

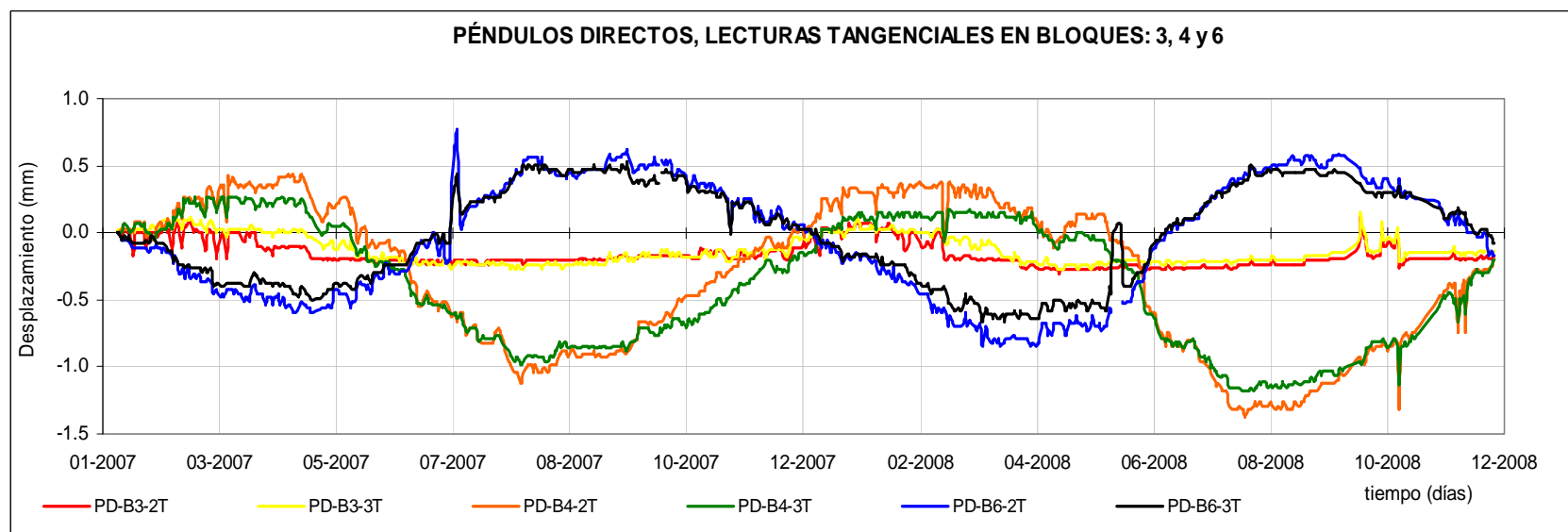
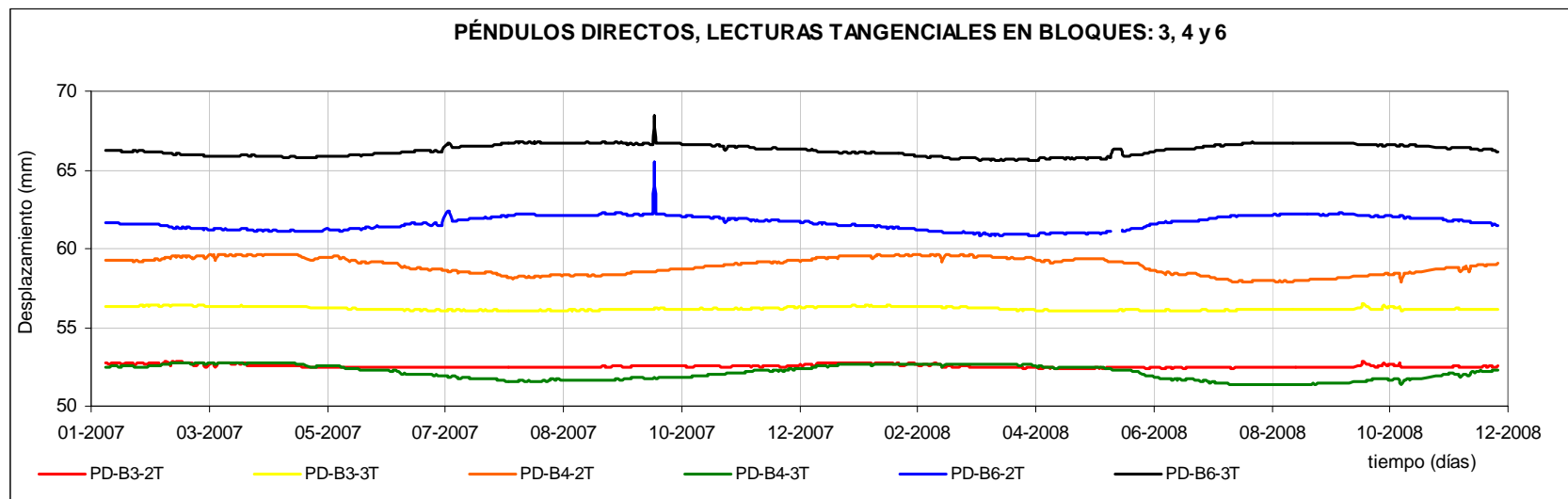


Gráfico F2. Evolución temporal de las lecturas tangenciales de los péndulos directos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

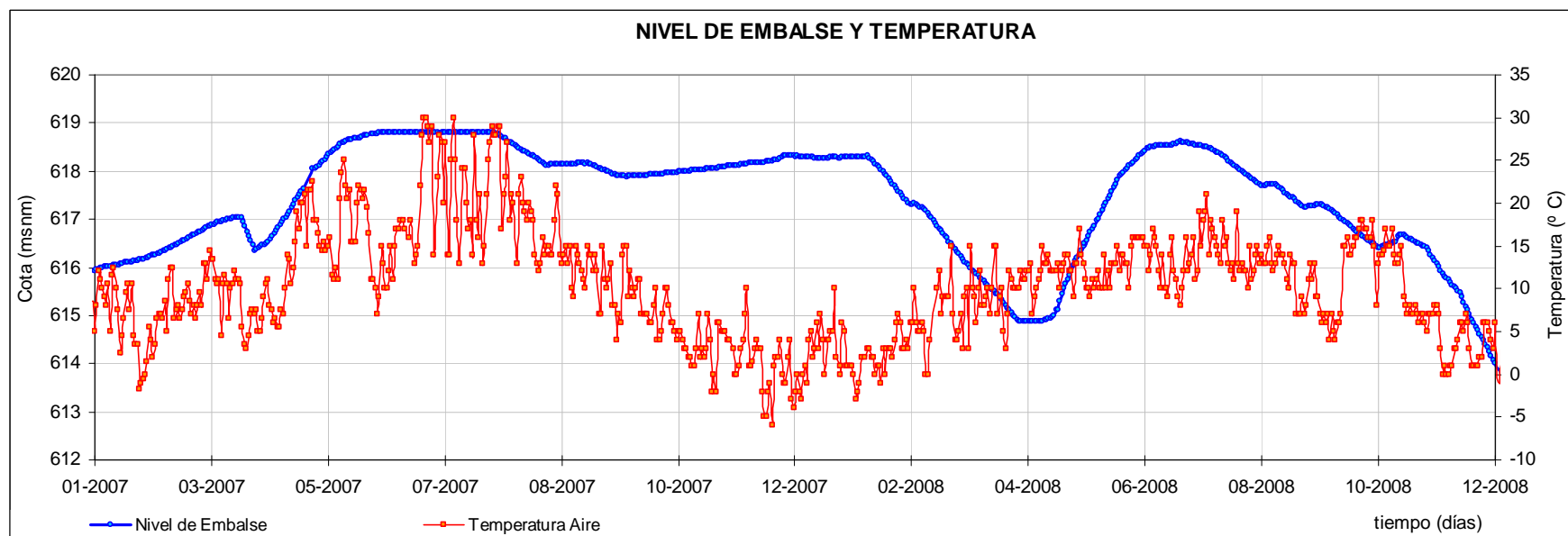
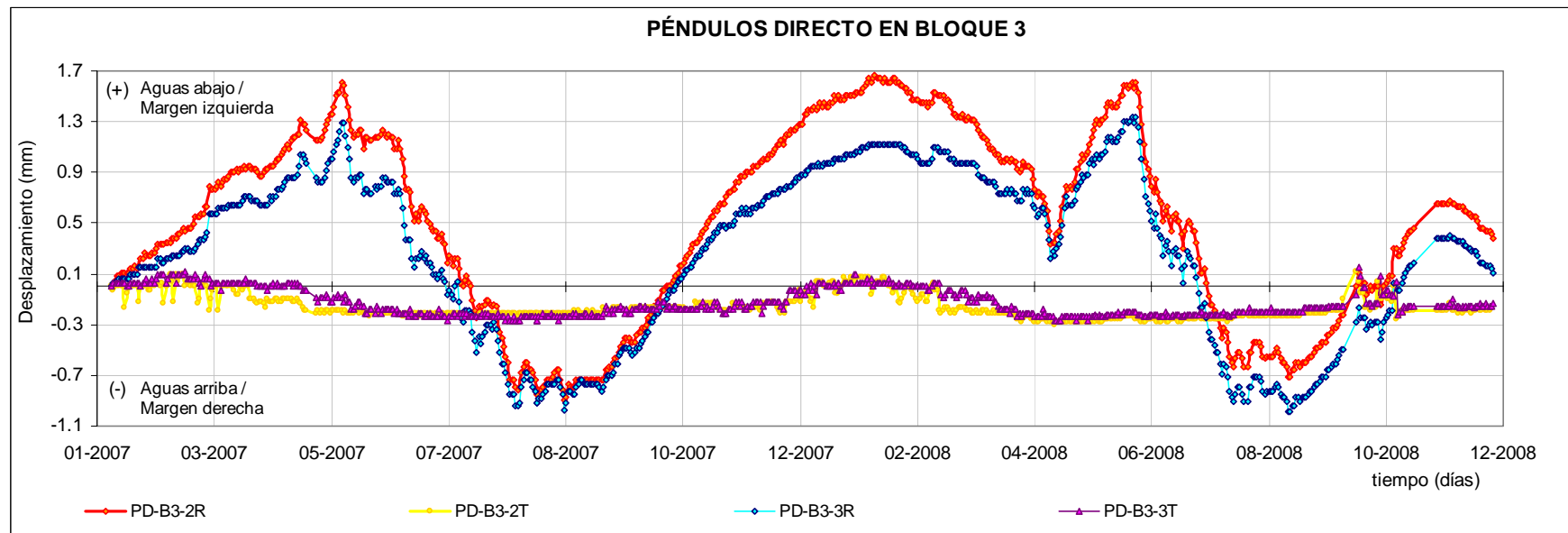


Gráfico F3. Evolución temporal del péndulo directo instalado en el bloque 3. Fecha de Referencia 10-01-2007

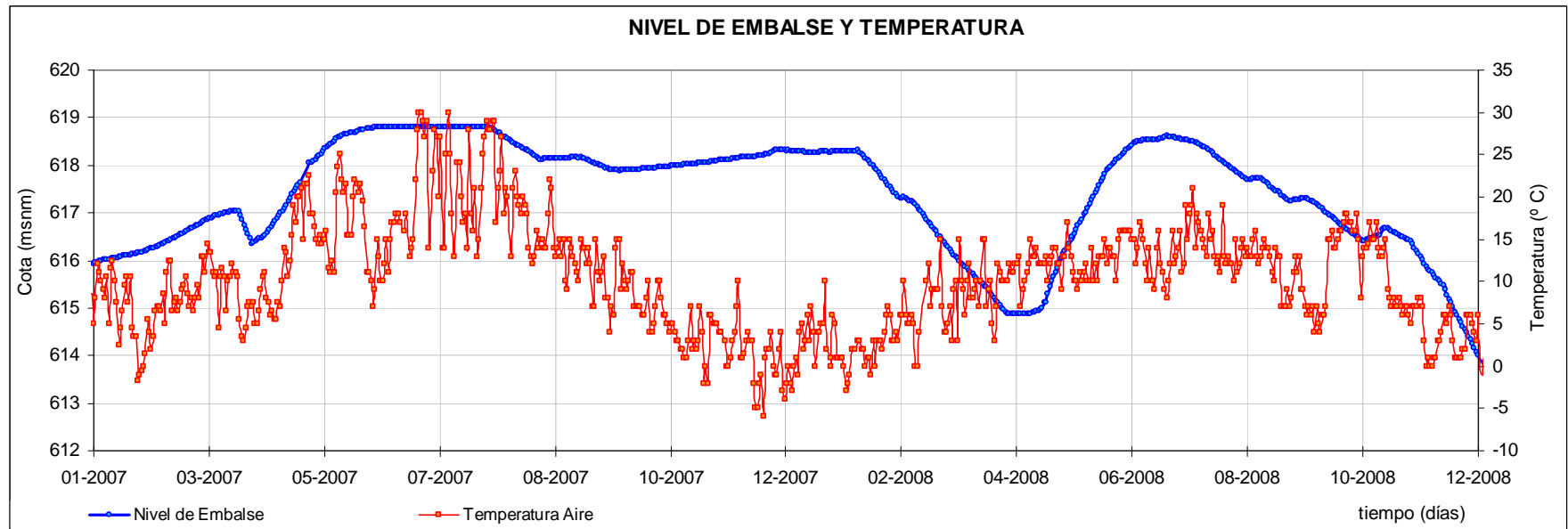
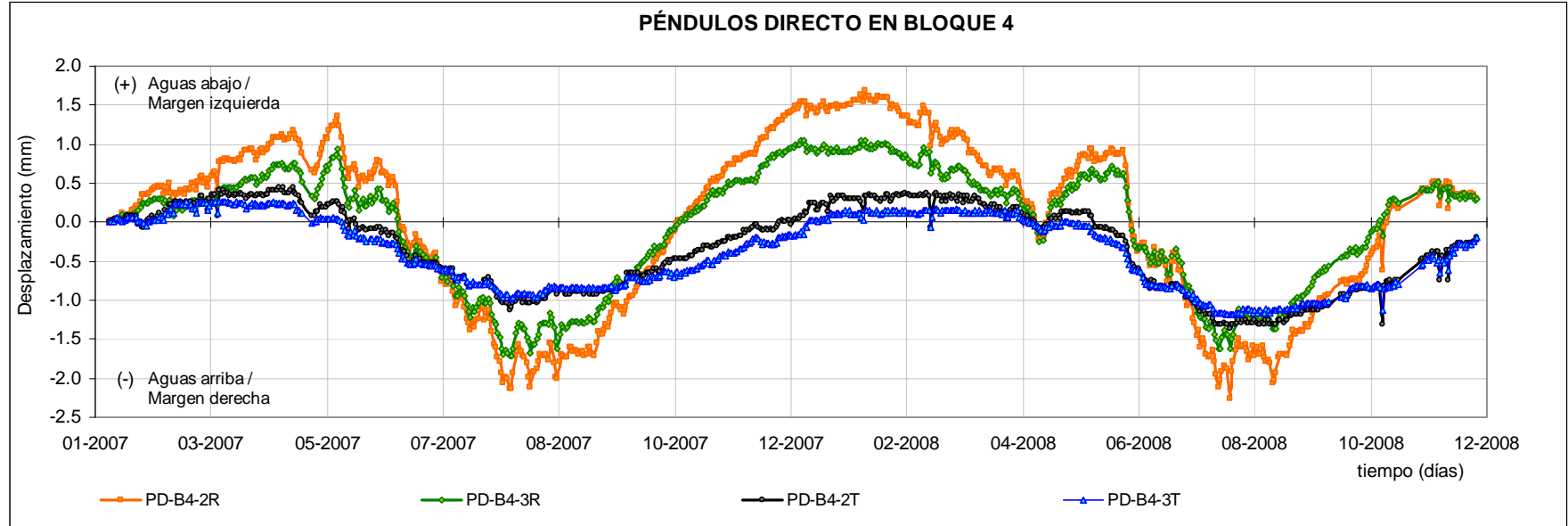


Gráfico F4. Evolución temporal de los péndulos directo instalados en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007

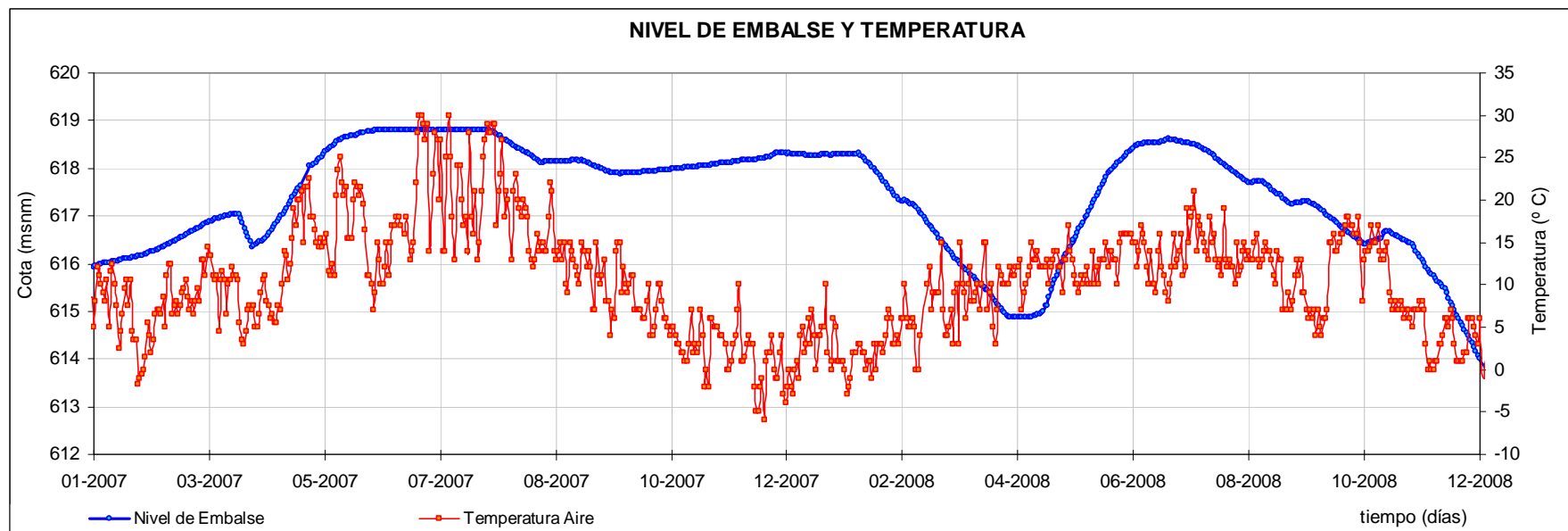
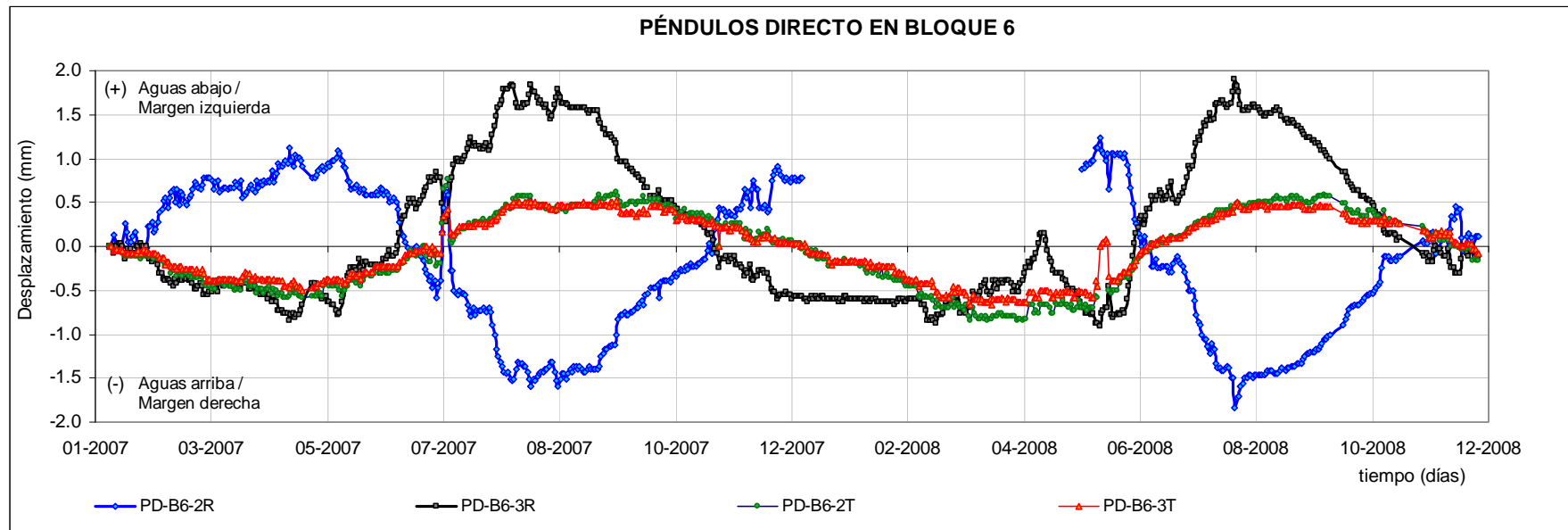


Gráfico F5. Evolución temporal de los péndulos directo instalados en el bloque 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

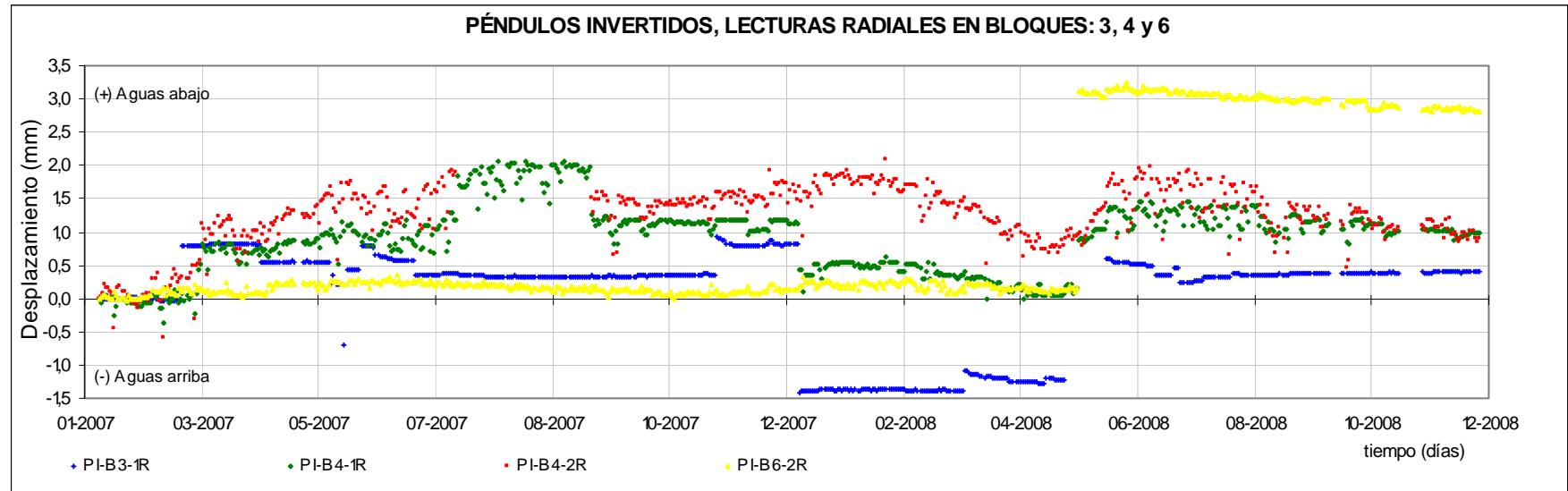
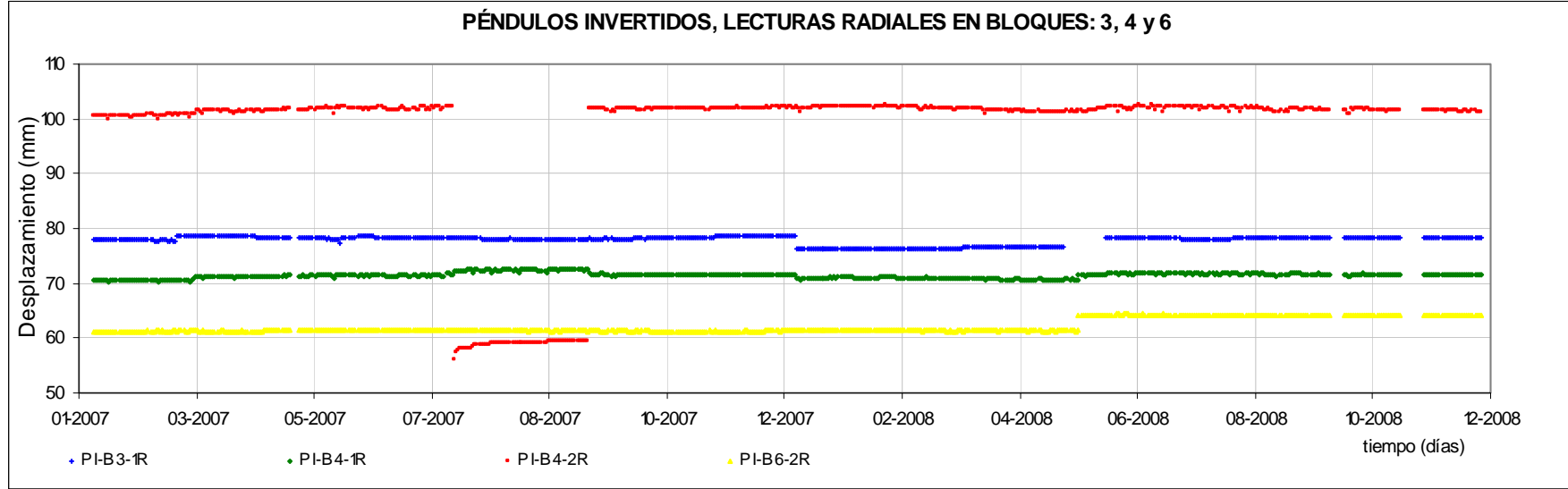


Gráfico F6. Evolución temporal de las lecturas radiales de los péndulos invertidos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

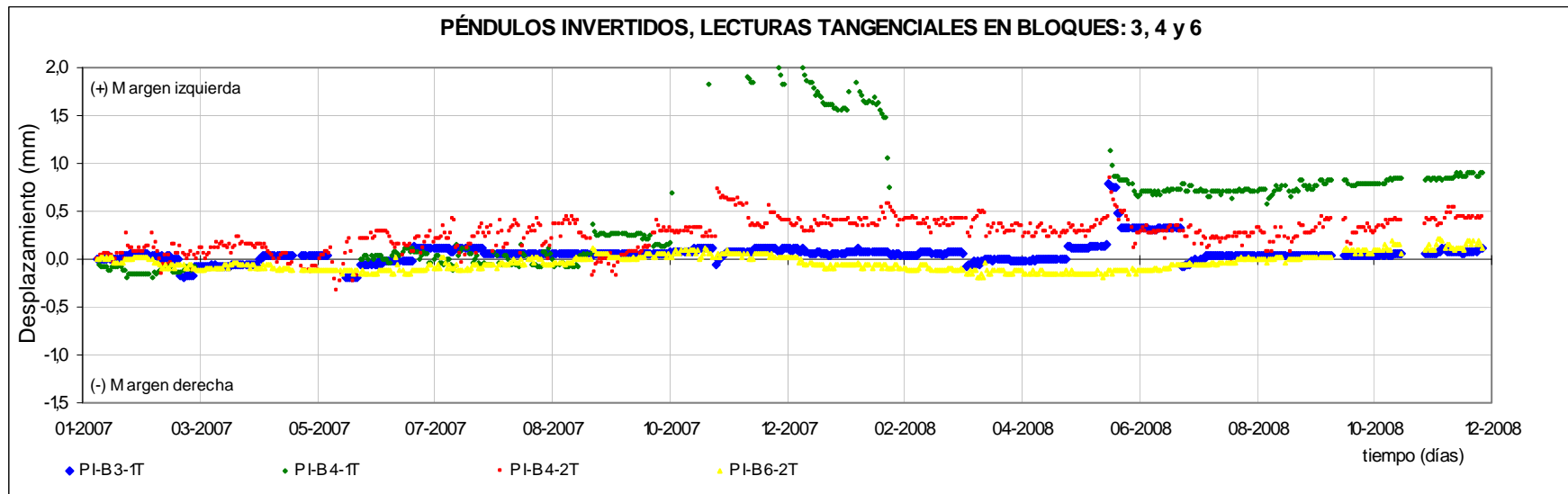
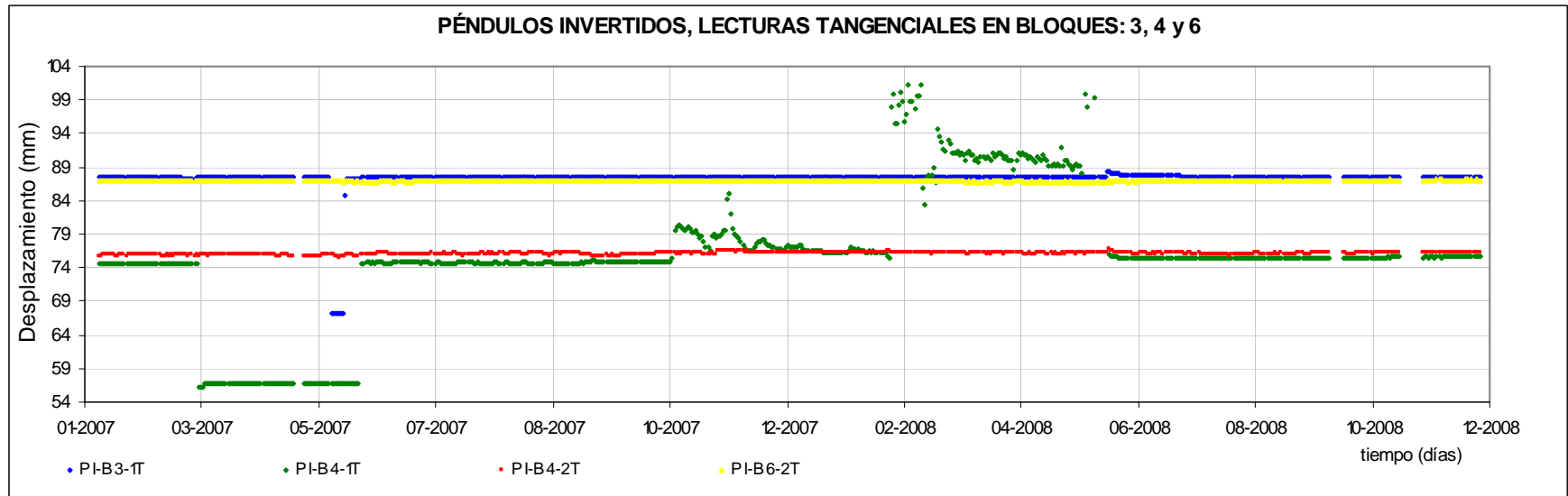


Gráfico F7. Evolución temporal de las lecturas tangenciales de los péndulos invertidos situados en los bloques: 3, 4 y 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

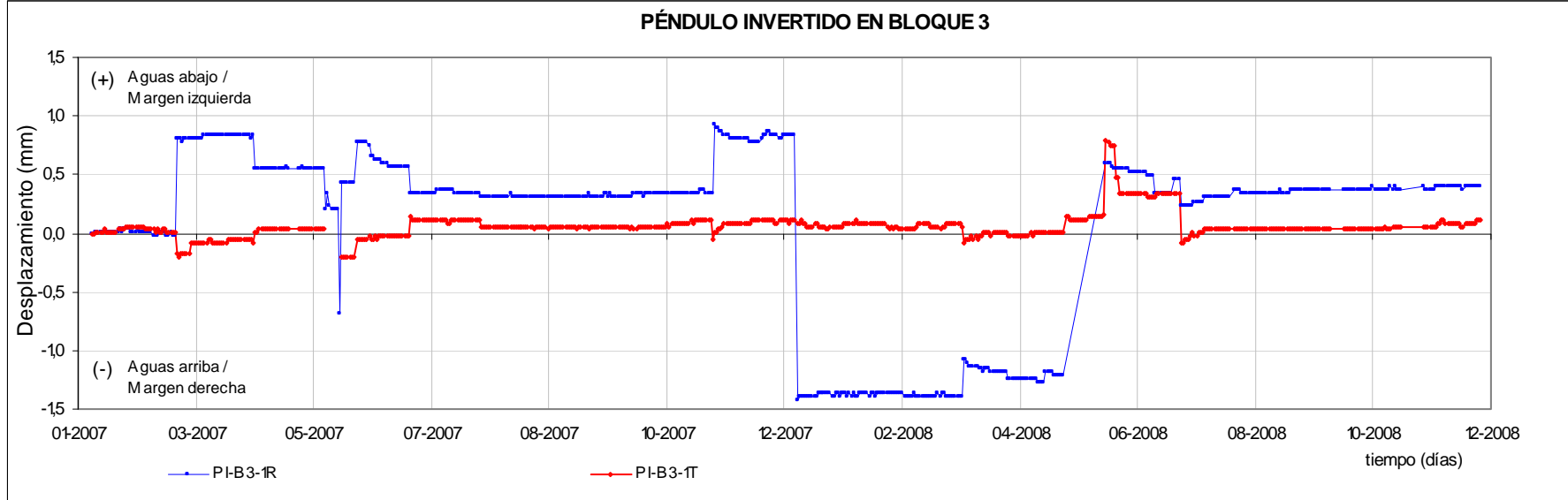


Gráfico F8. Evolución temporal del péndulo invertido instalado en el bloque 3. Fecha de Referencia 10-01-2007

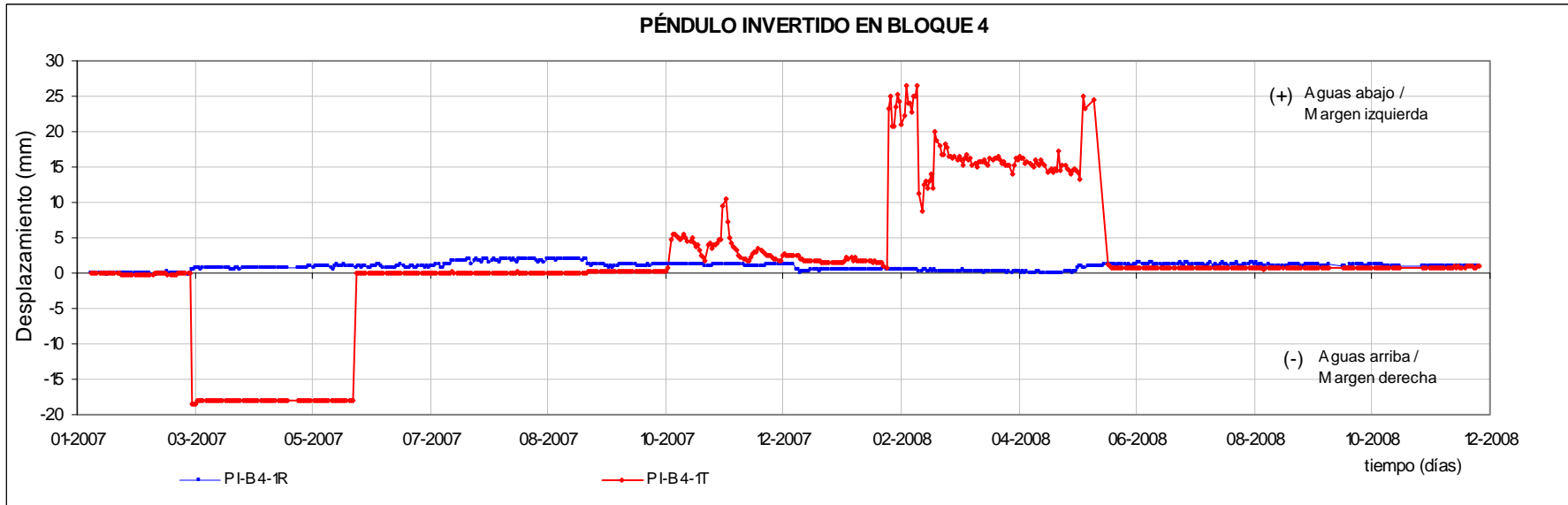


Gráfico F9. Evolución temporal del péndulo invertido 1 instalado en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007

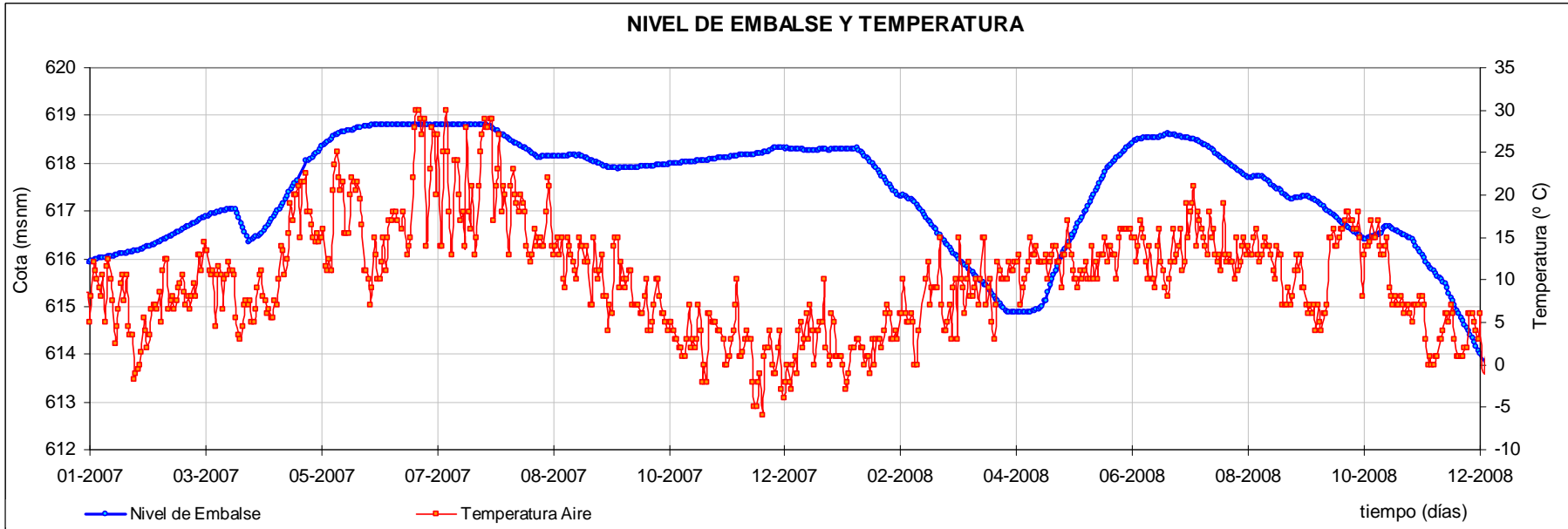
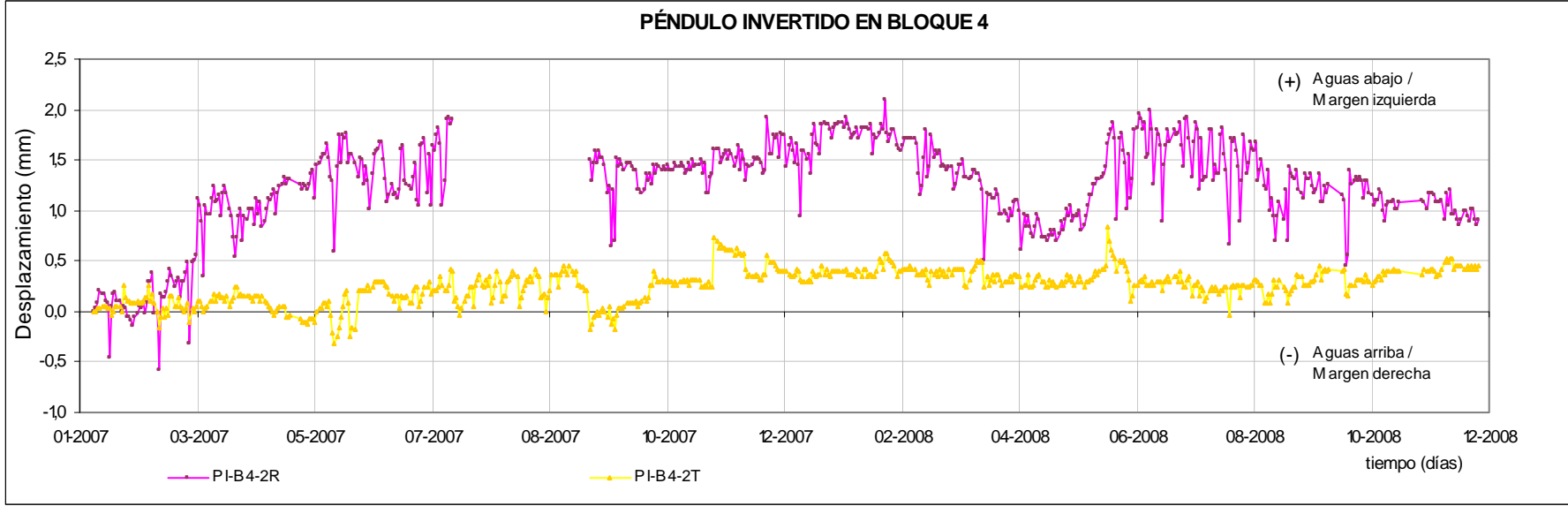


Gráfico F10. Evolución temporal del péndulo invertido 2 instalado en el bloque 4. Fecha de Referencia 10-01-2007

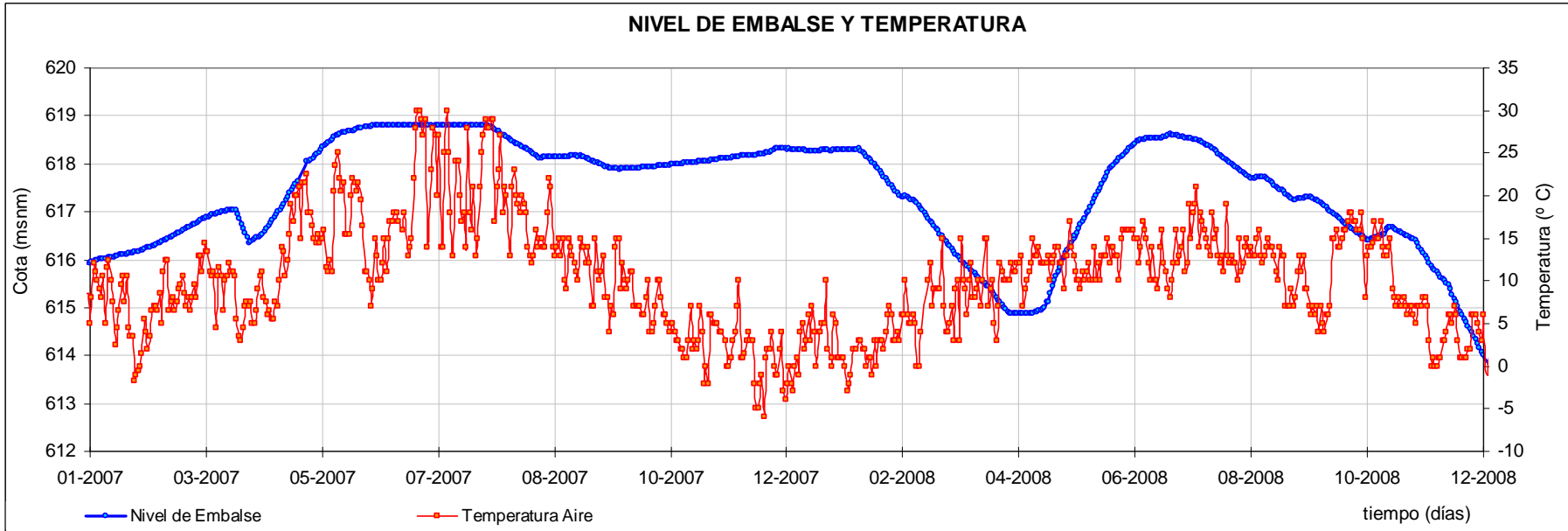
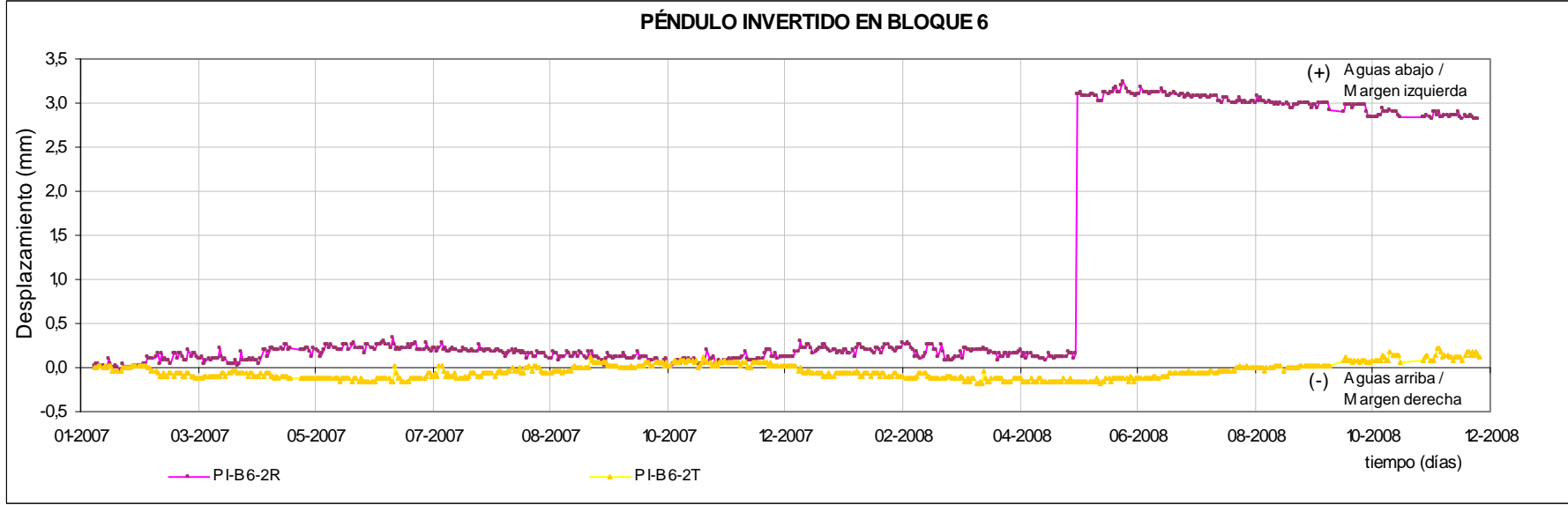


Gráfico F11. Evolución temporal del péndulo invertido instalado en el bloque 6. Fecha de Referencia 10-01-2007

G.) CONTROL TOPOGRÁFICO

COLIMACIÓN PRESA DEL VAL 2000-2002
PRIMER LLENADO
Origen: 6-jun-00

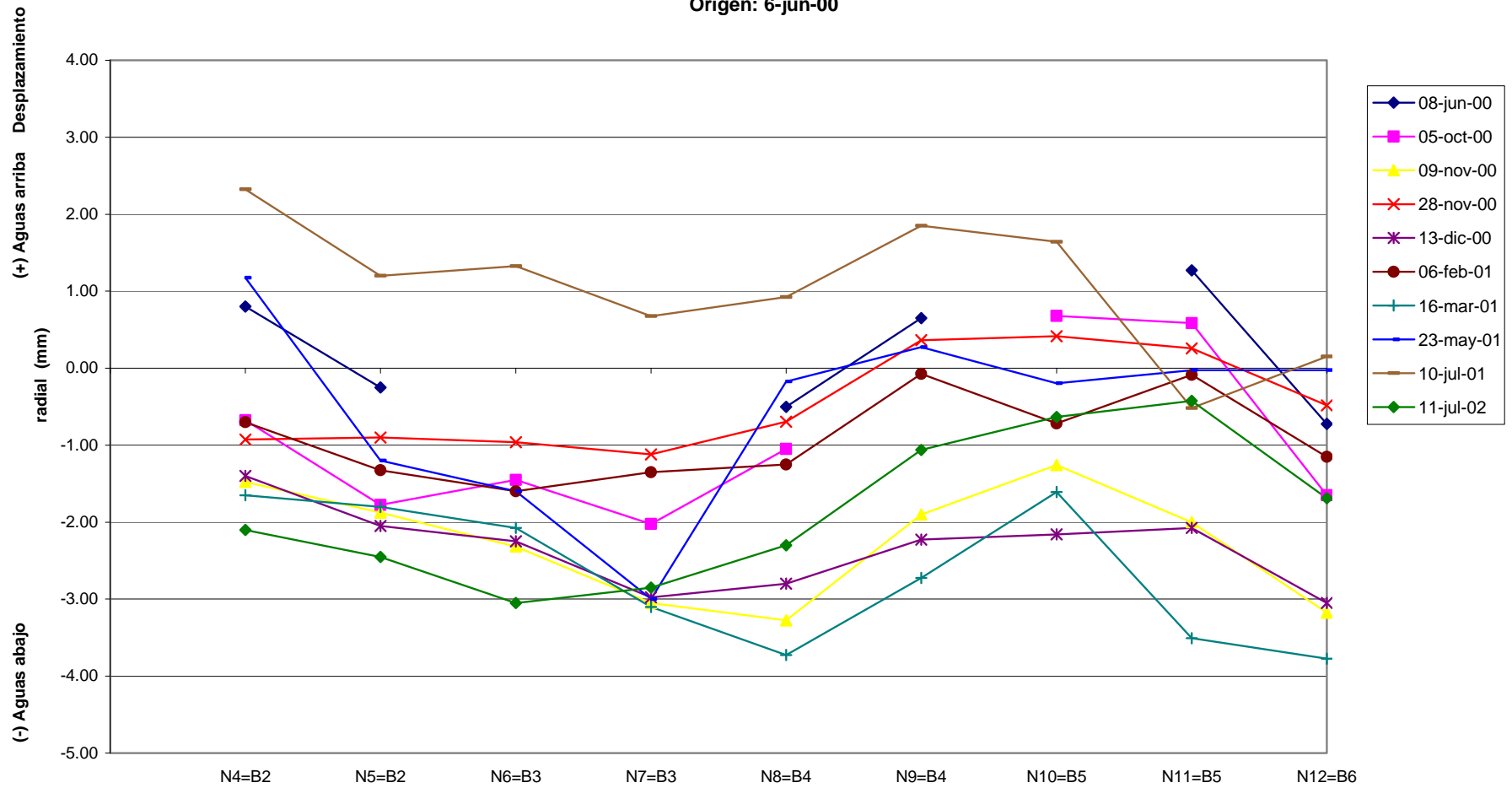


Gráfico G1. Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, entre los años 2000 y 2002.

**COLIMACIÓN PRESA DEL VAL 2003
PRIMER LLENADO
Origen: 6-jun-00**

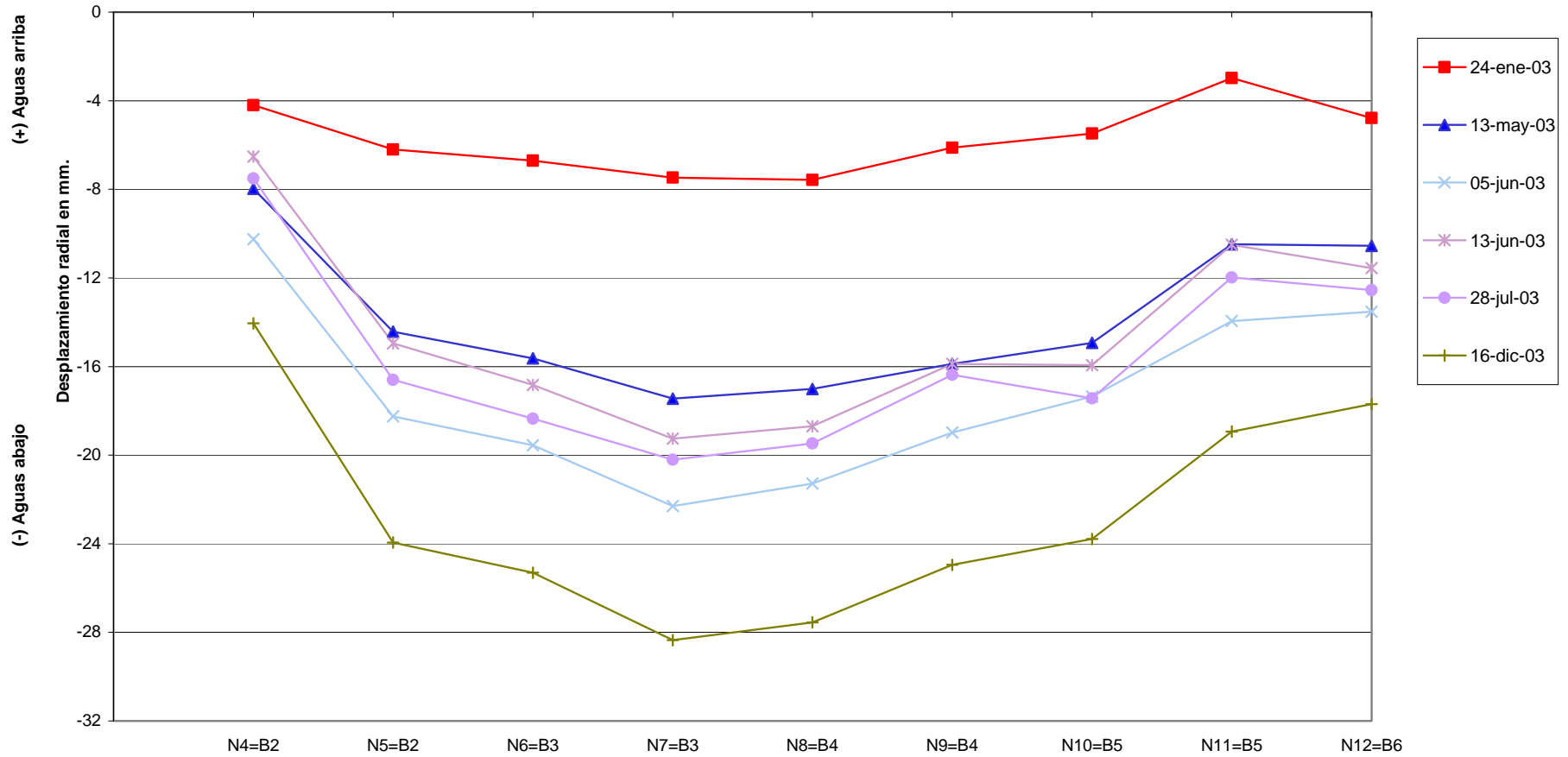


Gráfico G2. Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, año 2003.

COLIMACIÓN PRESA DEL VAL 2004
PRIMER LLENADO
Origen: 6-jun-00



Gráfico G3. Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, año 2004.

COLIMACIÓN PRESA DEL VAL 2005-08

PRIMER LLENADO
Origen: 6-jun-00

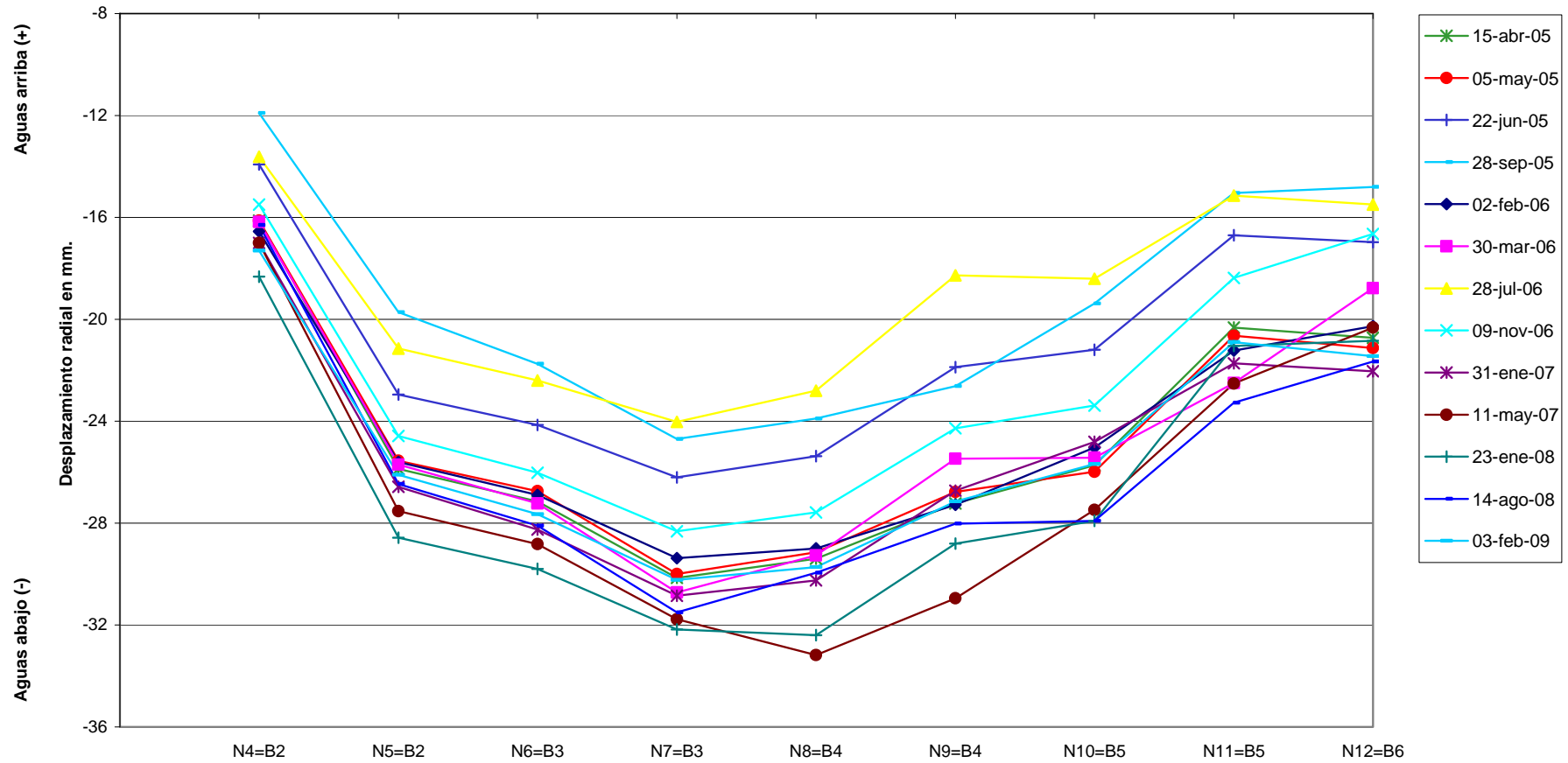


Gráfico G4. Evolución temporal de la colimación en la presa de Val, entre los años 2005 y 2008.

NIVELACIÓN PRESA DEL VAL (8-jun-00 - 11-dic-00)
Origen 8-jun-00

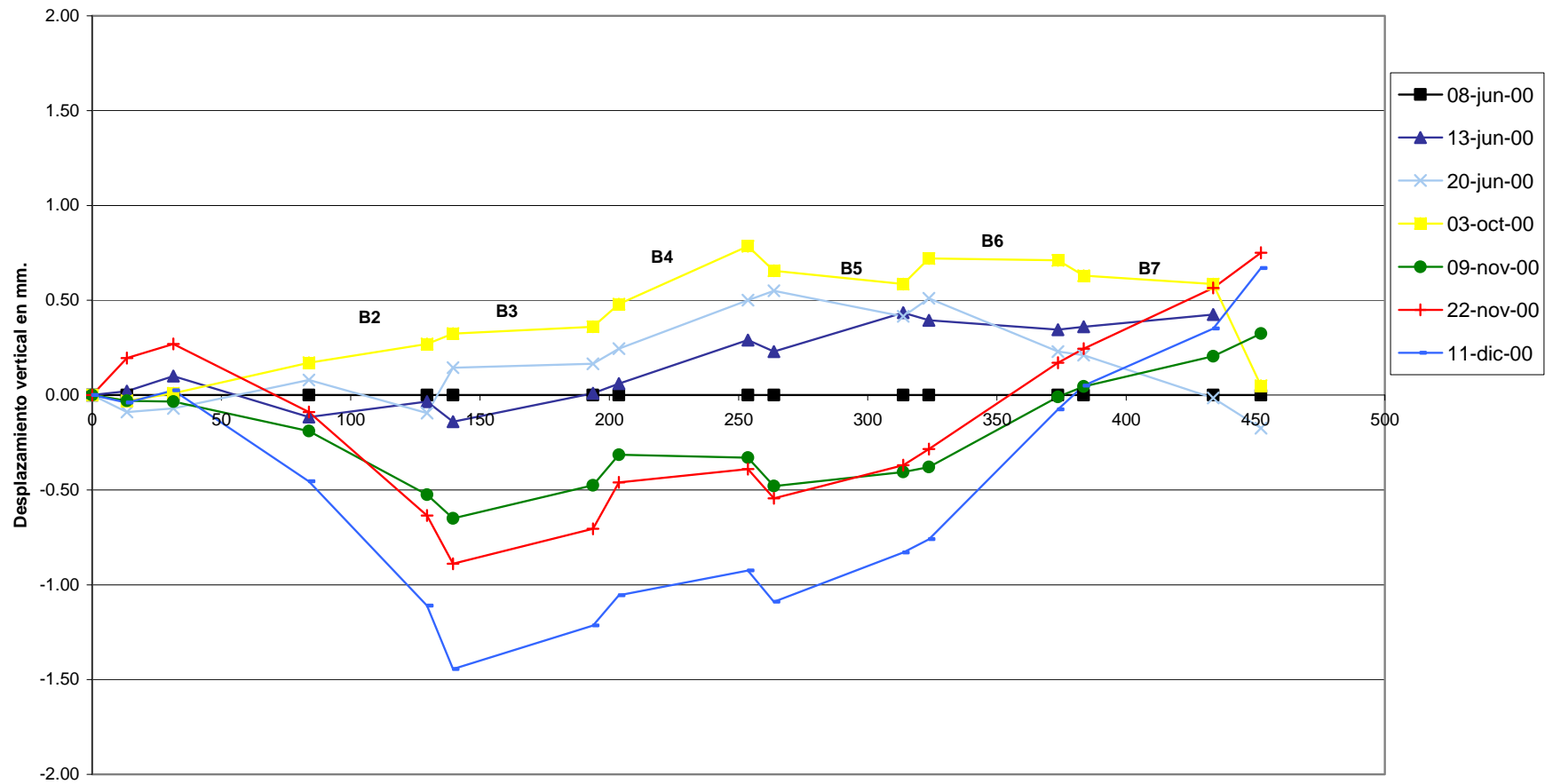


Gráfico G5. Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2000.

NIVELACIÓN PRESA DEL VAL (9-ene-01 - 26-jul-01)
 Origen 8-jun-00

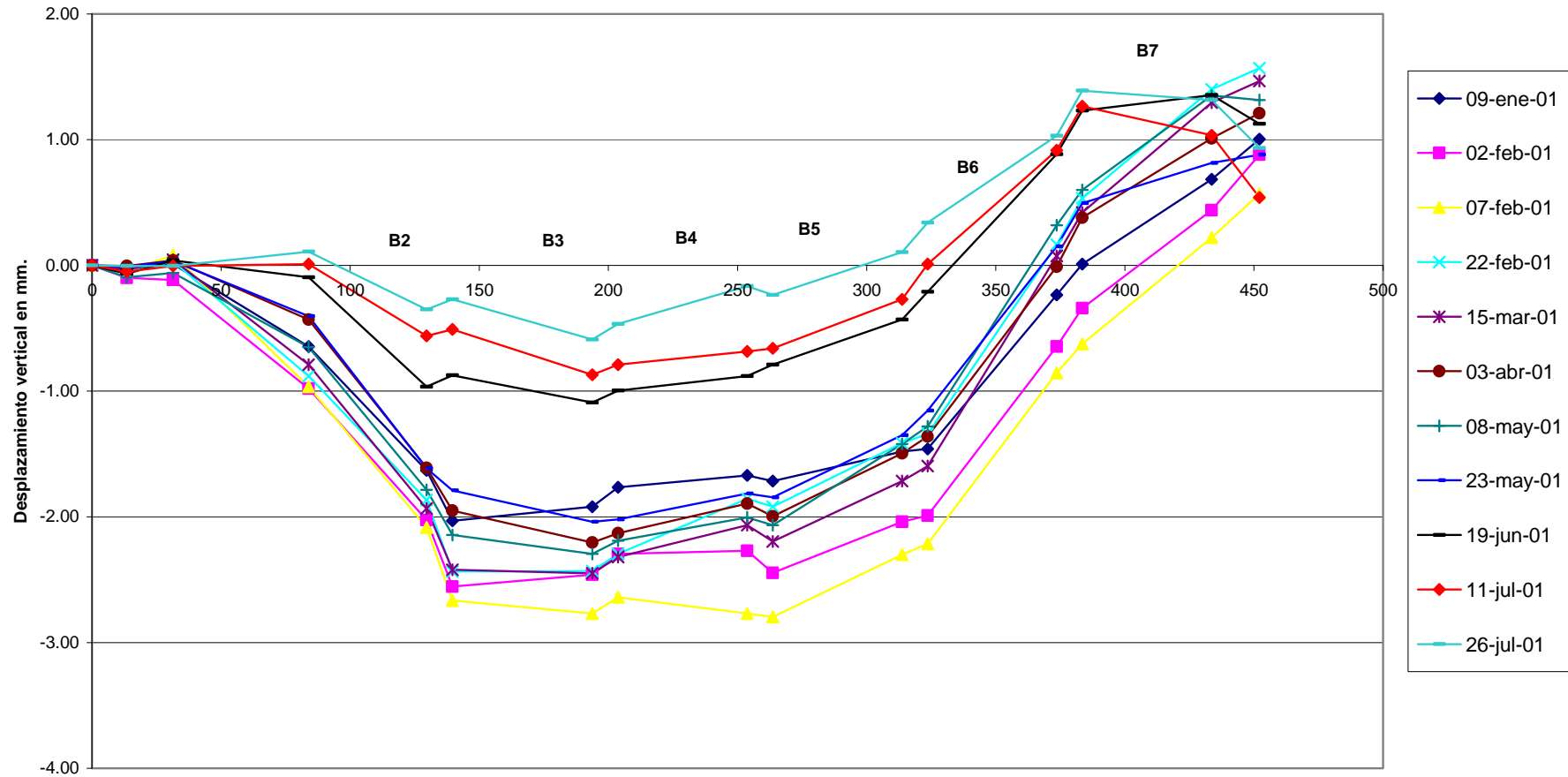


Gráfico G6. Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2001.

NIVELACIÓN PRESA DEL VAL (16-Jul-02 - 29-Jul-03)
 Origen 8-jun-00

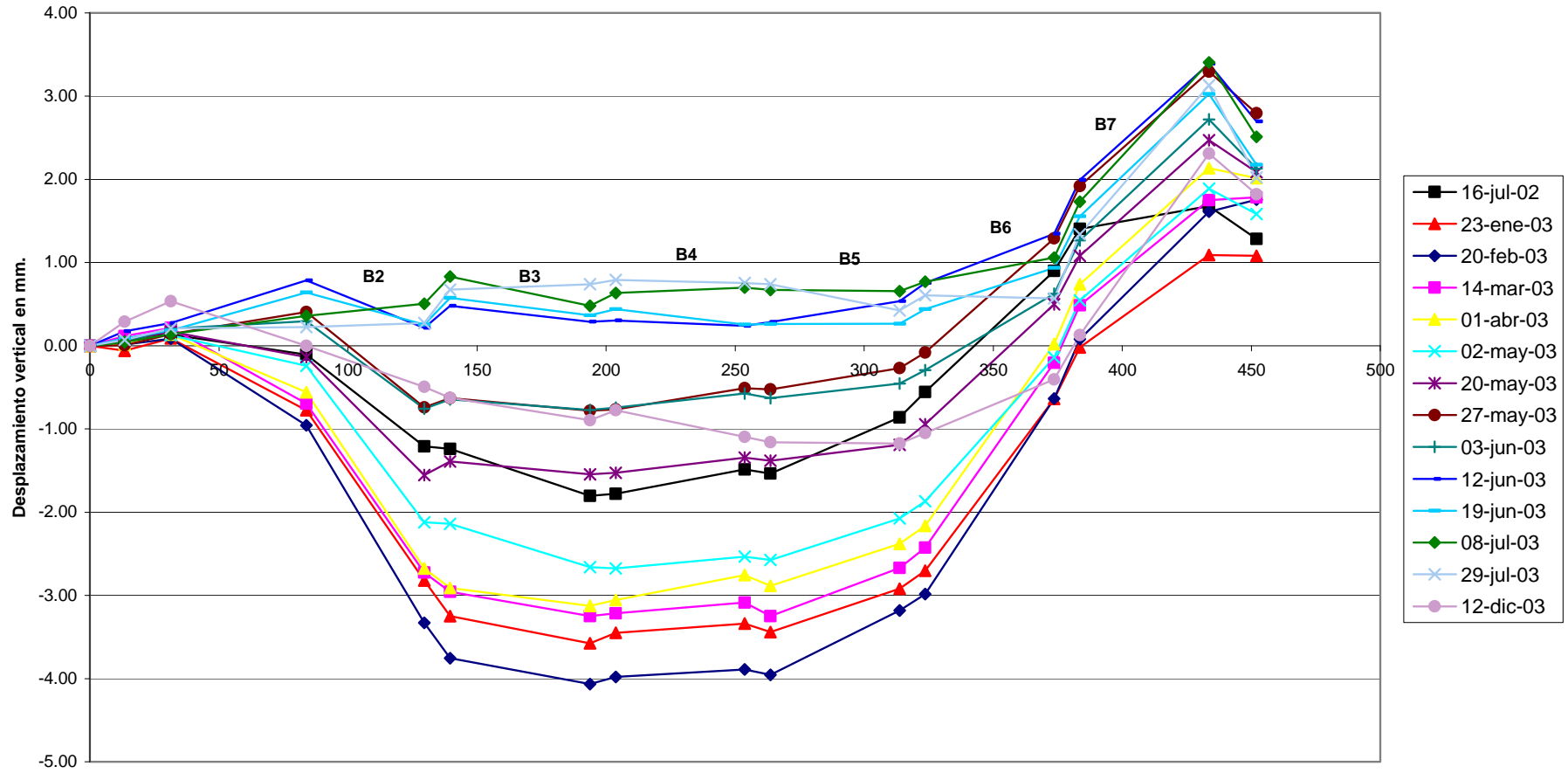


Gráfico G7. Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, entre los años 2002 y 2003.

NIVELACIÓN PRESA DEL VAL (2004-2005)
 Origen 8-jun-00

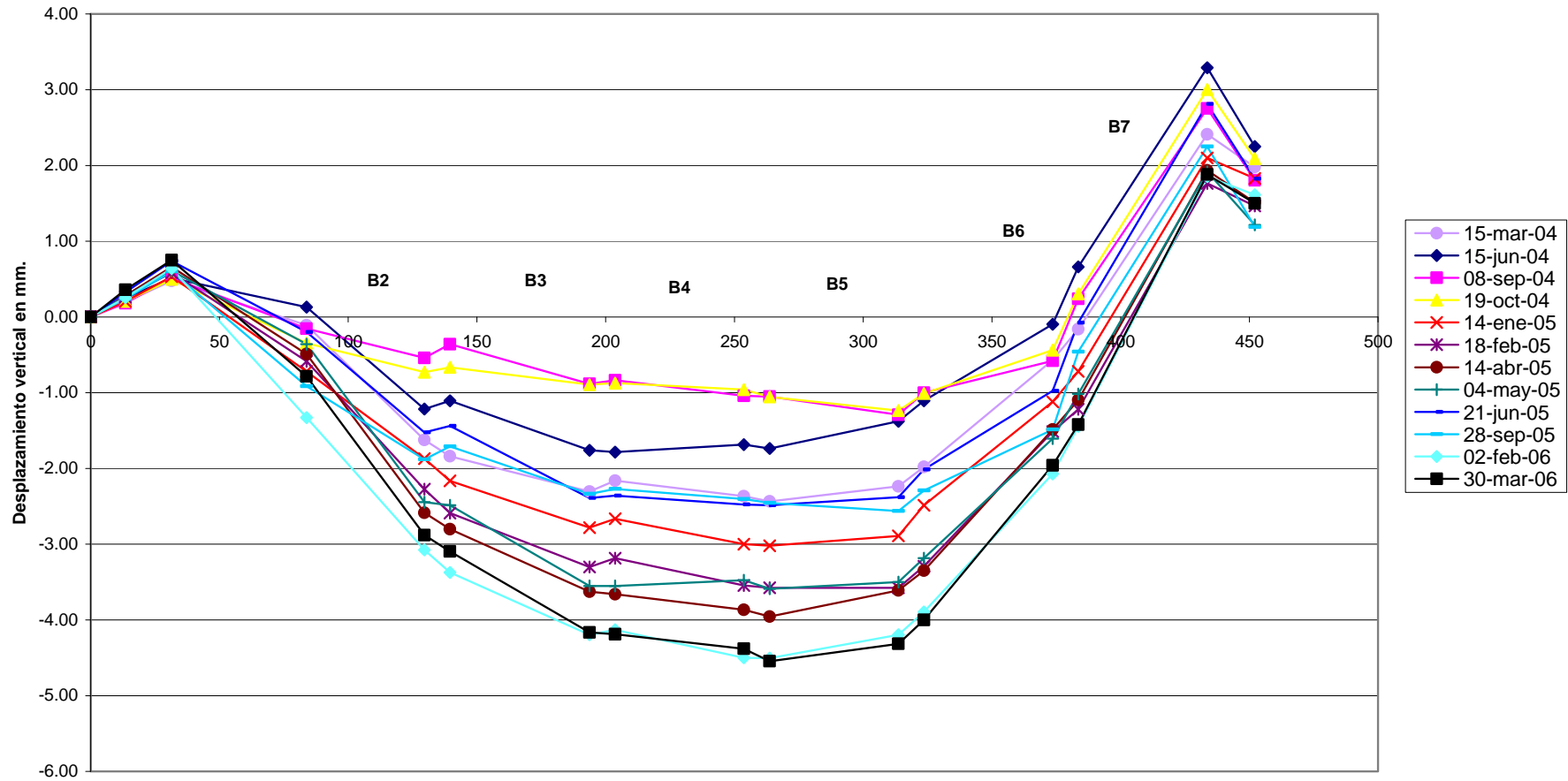


Gráfico G8. Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, entre los años 2004 y 2005.

NIVELACIÓN PRESA DEL VAL (2006-2009)
 Origen 8-jun-00

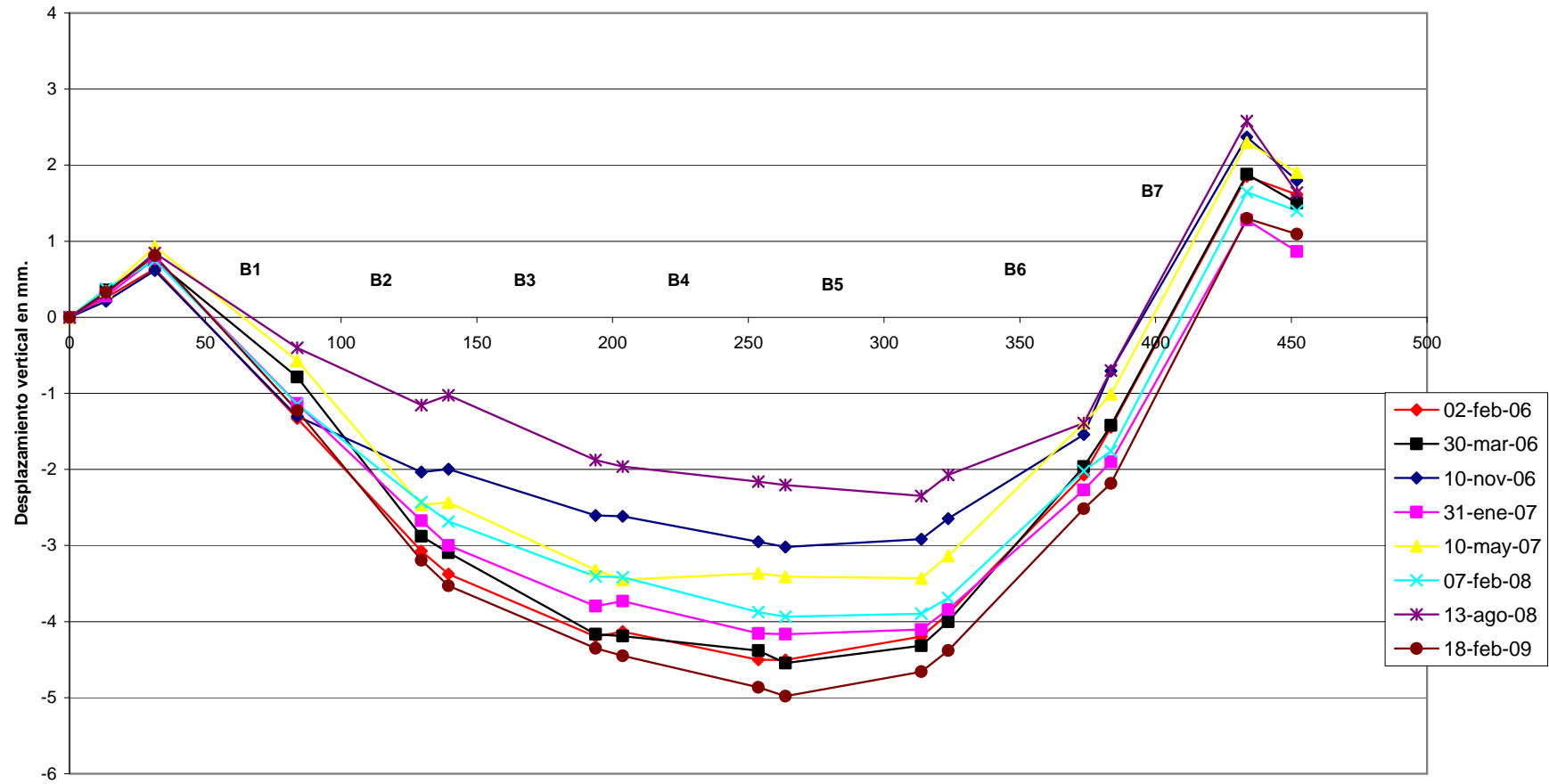


Gráfico G9. Evolución temporal de la nivelación en la presa de Val, año 2006.

**DESPLAZAMIENTO TANGENCIAL (2000 – 2008)
TRIANGULACIÓN GEODÉSICA**

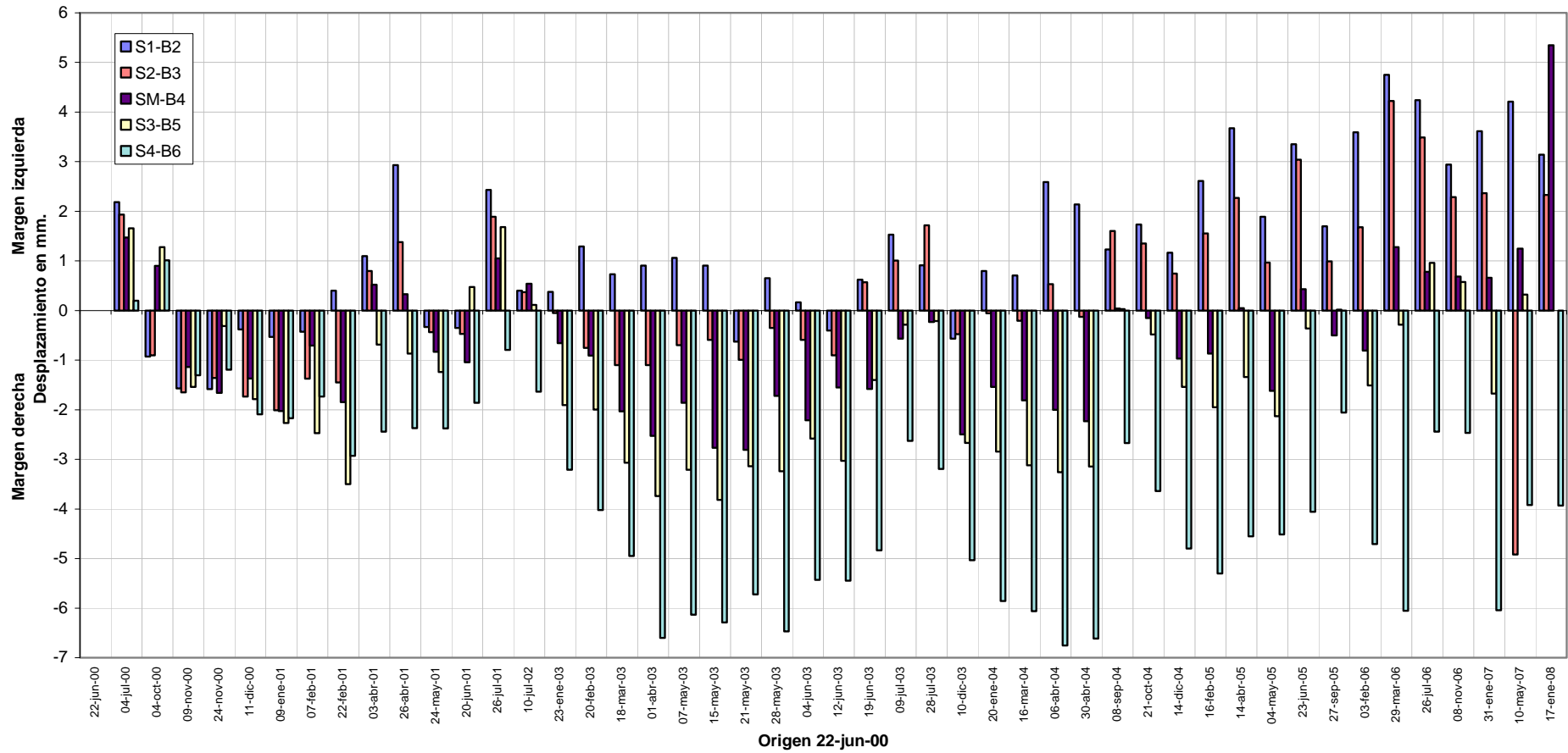


Gráfico G10. Evolución temporal de los movimientos tangenciales mediante triangulación geodésica.

DESPLAZAMIENTO RADIAL (2000 – 2008)
TRIANGULACIÓN GEODÉSICA

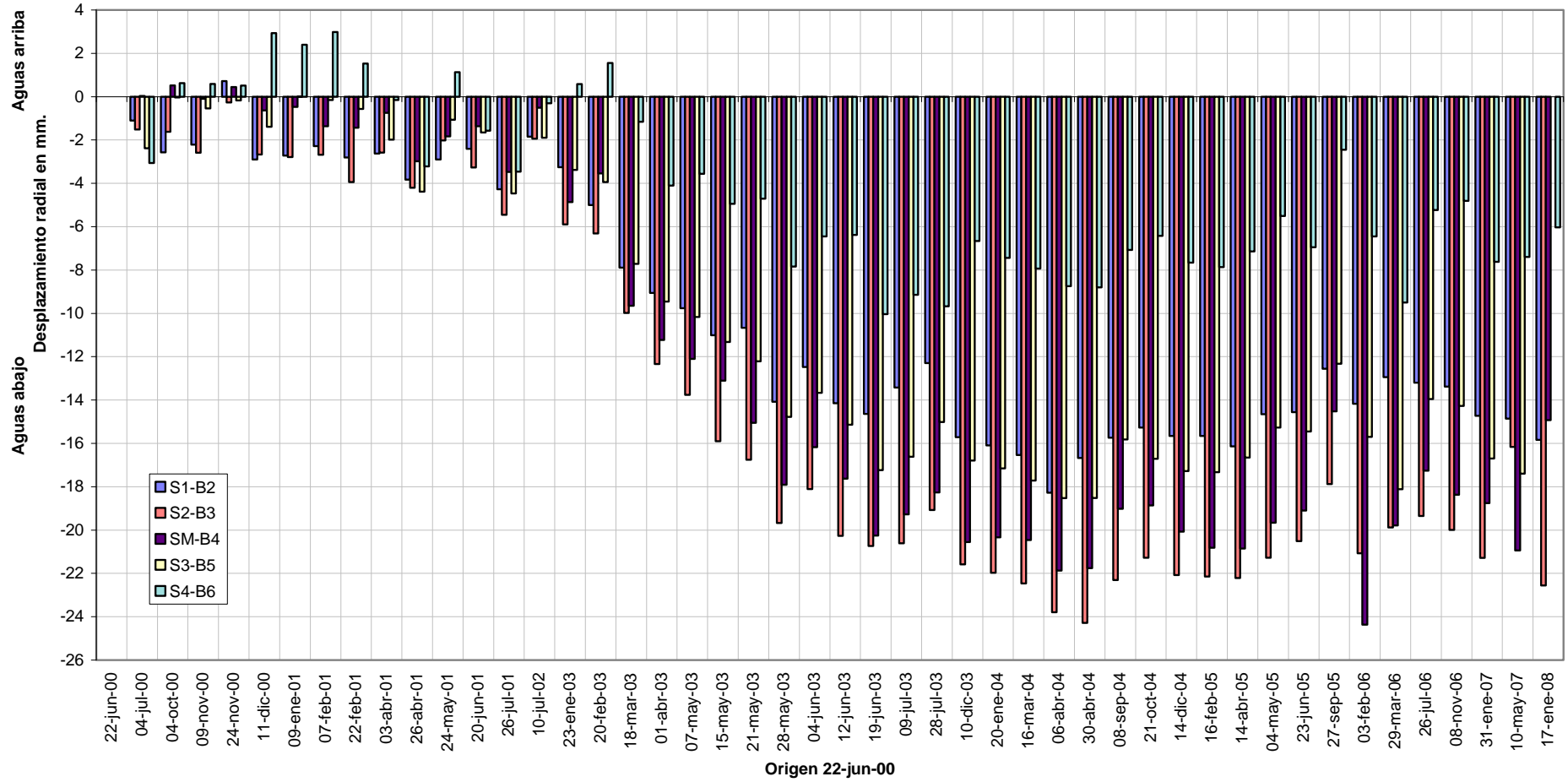


Gráfico G11. Evolución temporal de los movimientos radiales mediante triangulación geodésica.

H.) CONTROL DE APERTURA DE JUNTAS

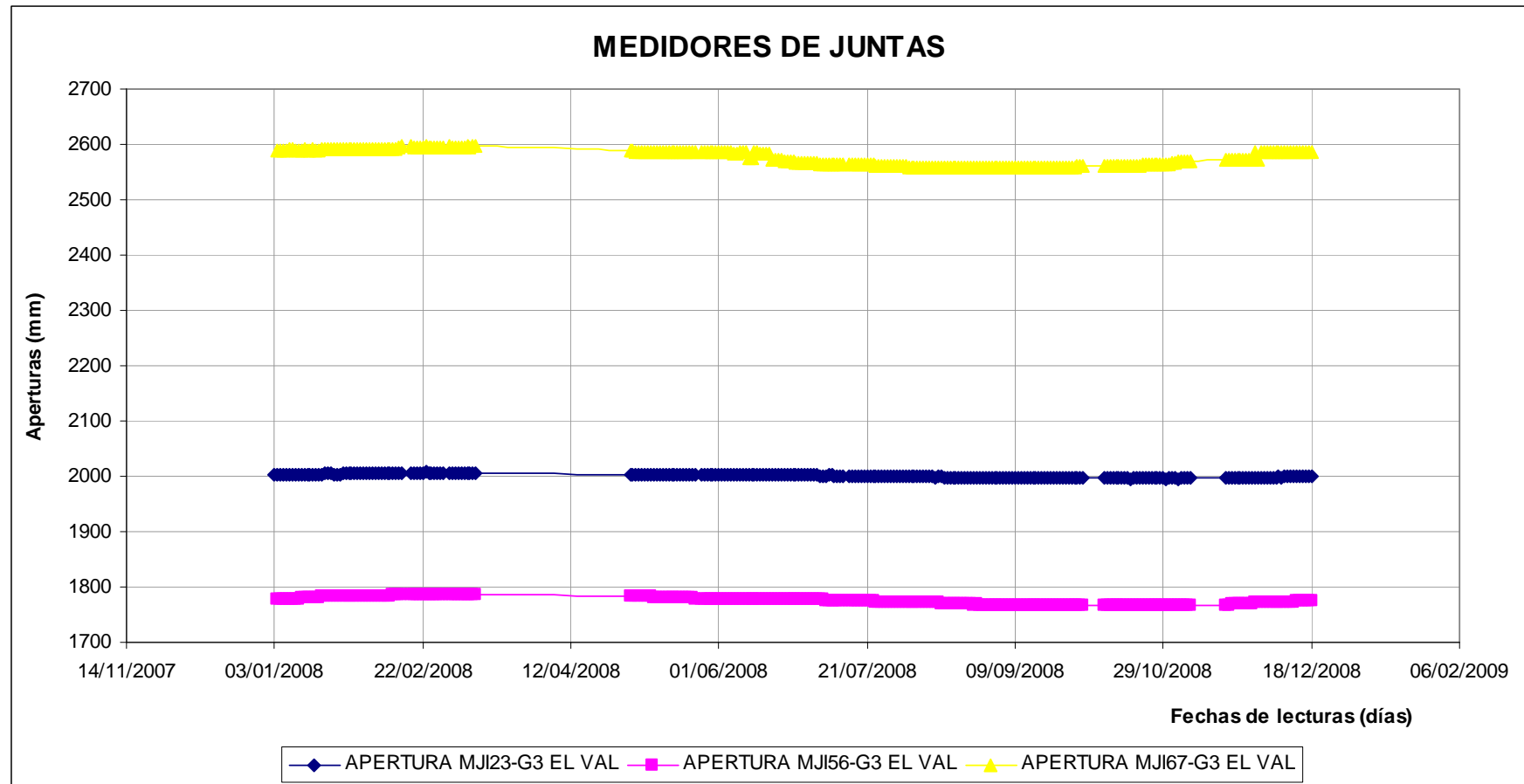


Gráfico H1. Evolución temporal de los Medidores de juntas internos

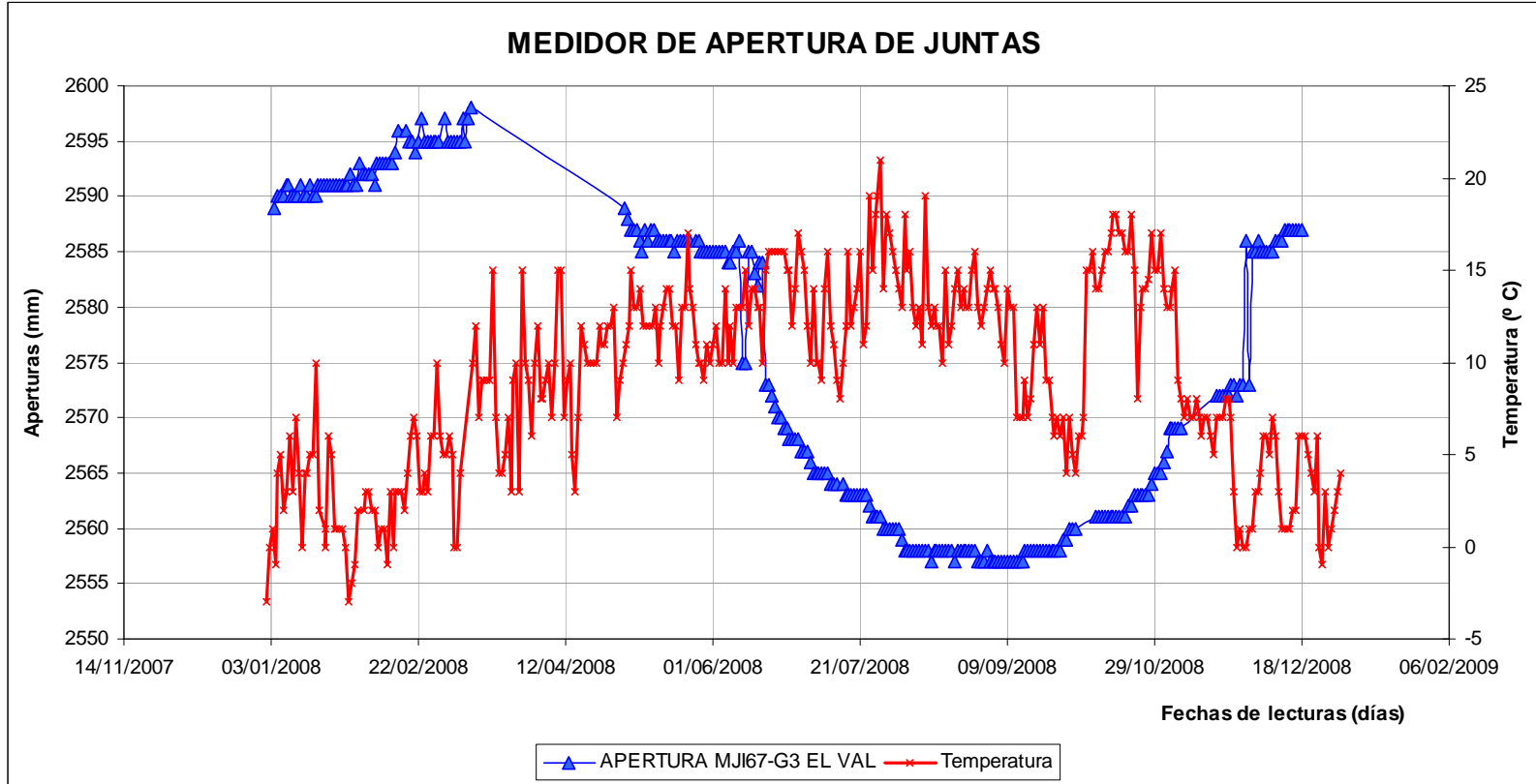


Gráfico H2. Evolución temporal del medidor de junta interno MJ164-G3

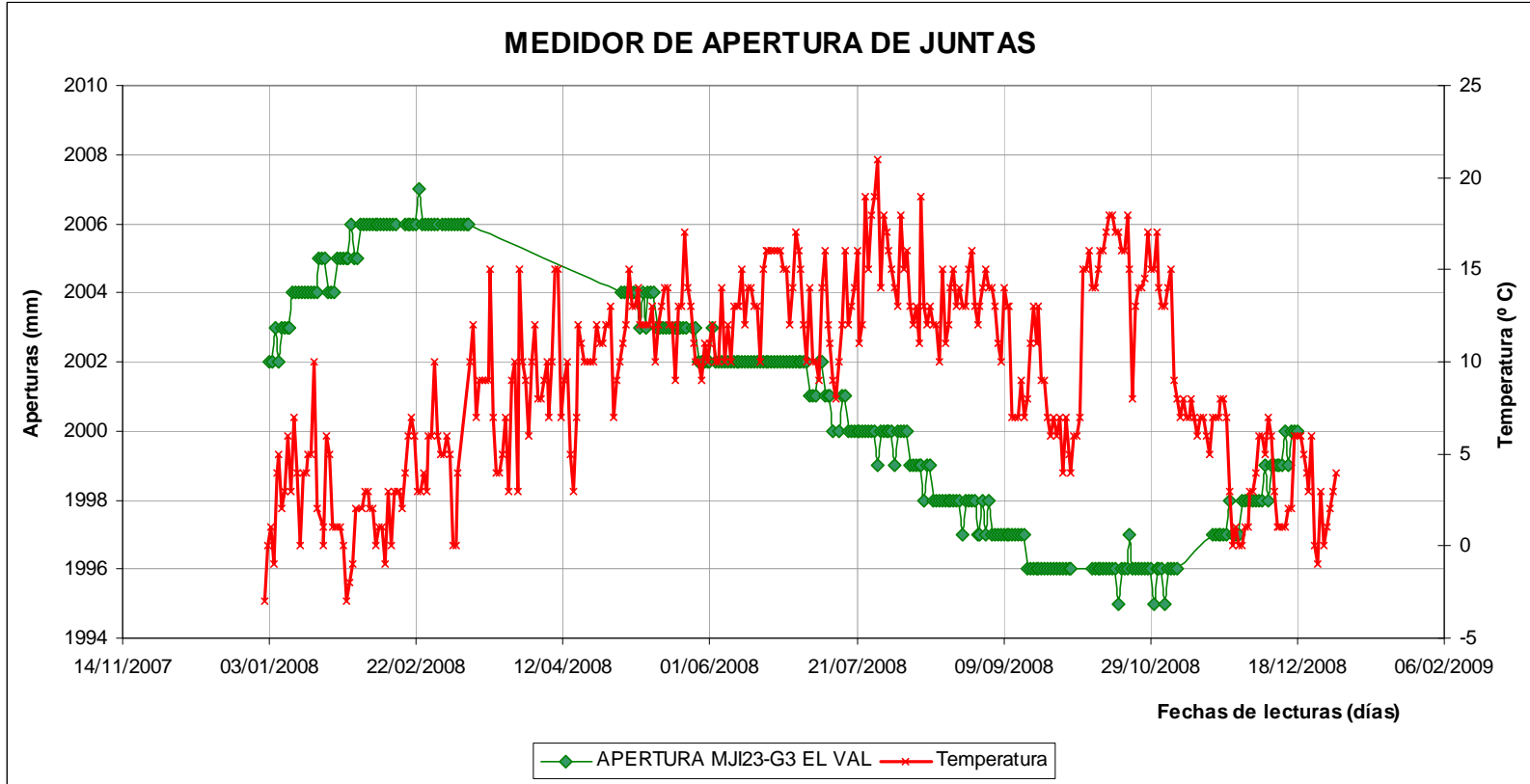


Gráfico H3. Evolución temporal del medidor de junta interno MJI23-G3

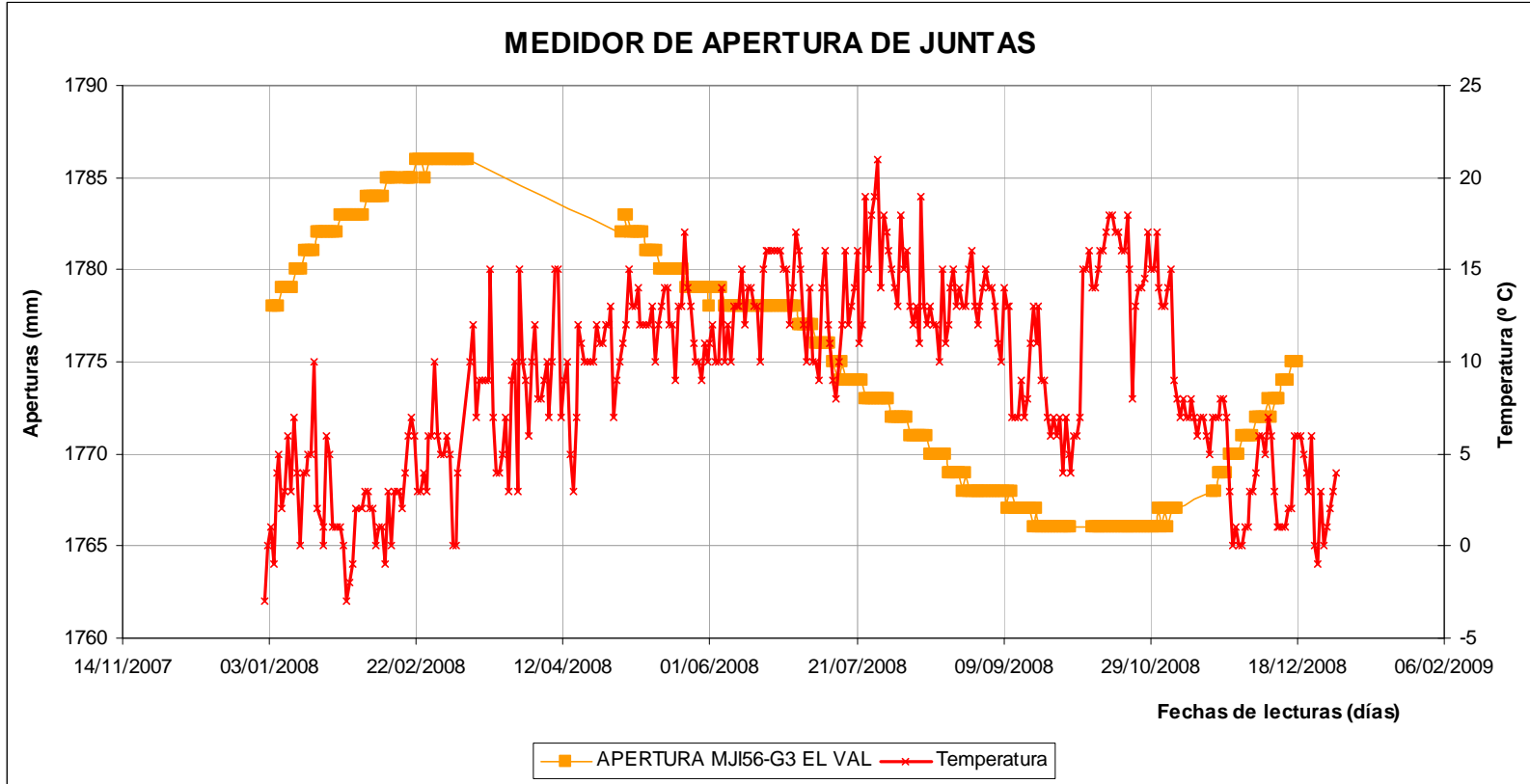


Gráfico H4. Evolución temporal del medidor de junta interno MJ156-G3

Anejo N° 3:
LISTADO CON LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN

ADHERIDO A LA PARTE INTERIOR DE LA PORTADA PRINCIPAL SE ADJUNTA UN CD CON LOS DATOS DE LAS VARIABLES EXTERIORES Y DE CONTROL.

INDICE DEL ANEJO 3

A. VARIABLES EXTERIORES

1. Nivel de Embalse
2. Temperatura Media Diaria
3. Precipitación Diaria

B. AFORADORES

1. AF-544-MI
2. AF-544-MD
3. AF-572-MD
4. AF-572-MI

C. PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE

D. EXTENSÓMETROS DE VARILLA

E. CONTROL TOPOGRÁFICO

F. TRIANGULACIÓN GEODÉSICA

G. TERMÓMETROS EMBEBIDOS EN EL HORMIGÓN

H. PÉNDULOS DIRECTOS E INVERSOS

I. MEDIDORES DE JUNTAS INTERNOS

Anejo 4: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

1. Presa y Embalse



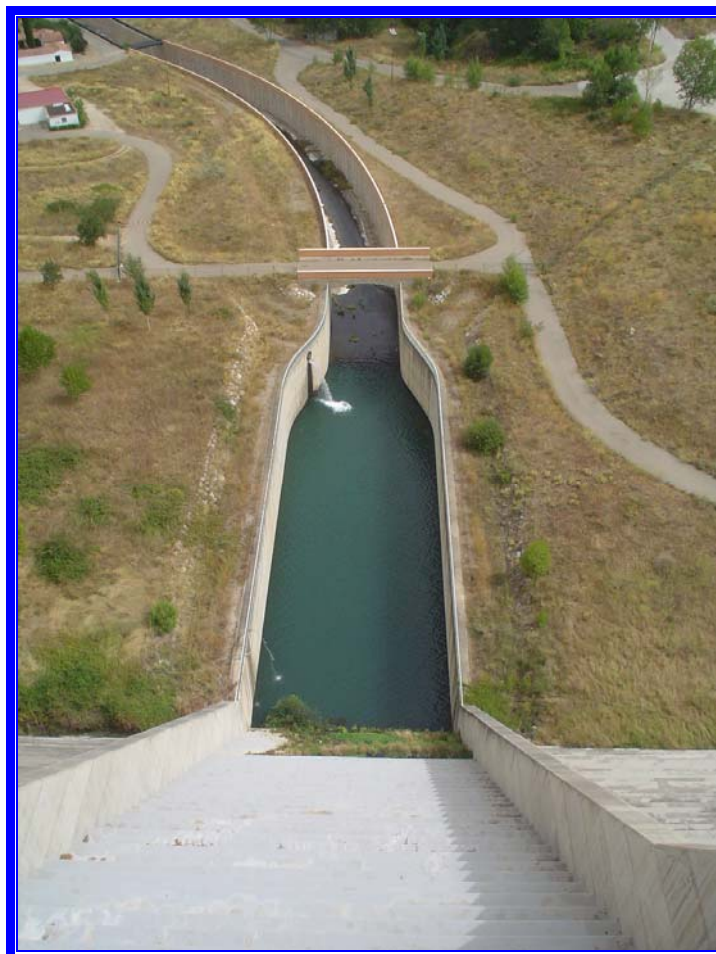
Fotografía 1: Vista frontal de la presa de Val.



Fotografía 2: Vista del estribo izquierdo de la presa.



Fotografía 3: Vista general del embalse de Val



Fotografía 4: Vista de la rápida escalonada del aliviadero.



Fotografía 5: Vista general hacia aguas abajo de la presa



Fotografía 6: Vista Frontal de la roca del estribo izquierdo



Fotografía 7: Vista Frontal de la roca del estribo derecho.



Fotografía 8: Sala de Válvulas



Fotografía 9: Sala de válvulas



Fotografía 10: Galería intermedia



Fotografía 11 : Filtraciones internas en cuerpo de presa



Fotografía 12 : Escalera de acceso entre galería inferior e intermedia

2. Sistema de Auscultación



Fotografía 13 : Aforador AF-574-MI



Fotografía 14 : Aforador AF-574-MI



Fotografía 15: Conjunto de Péndulos



Fotografía 16: Péndulo invertido PI-B6-2



Fotografía 17: Drenes y canaletas colectoras de filtraciones



Fotografía 18: Aforador Af-54-MI



Fotografía 19: Pilar de Topografía en coronación



Fotografía 20: Bases de ternas para medir aperturas o cierres de juntas



Fotografía 21 : Medidor de junta tridimensional



Fotografía 22: Armario Profibus.



Fotografía 23: Caja de centralización.

**ANEJO Nº 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE
LA PRESA DE VAL A FECHA 31/12/2008**

**ANEJO Nº 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA
PRESA DE VAL 31/12/2008**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE VAL.....	5
2.1 VARIABLES EXTERIORES	7
2.1.1 Medida del nivel del embalse	7
2.1.2 Datos meteorológicos.....	8
2.2 VARIABLES DE CONTROL.....	8
2.2.1 CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES MEDIANTE PÉNDULOS	9
2.2.2 MEDIDORES DE LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN	11
2.2.3 CONTROL TÉRMICO	14
2.2.4 AFORO DE FILTRACIONES	16
2.2.5 CONTROL DE SUBPRESIONES	17
2.2.6 DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO BAJO CIMENTACIÓN	19
2.2.7 MEDIDA DE DEFORMACIONES UNITARIAS	20
2.2.8 MOVIMIENTOS EN CORONACIÓN POR TOPOGRAFÍA.....	22
2.2.9 CONTROL DE GIROS EN LA ESTRUCTURA	23
3. CUADRO RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE VAL A FECHA 31/12/2008.	25
4. CONCLUSIONES.....	27

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de situación del Sistema de Auscultación se redacta en cumplimiento del contrato:

“ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECAÑICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO”.

El objetivo de este documento es analizar el estado del sistema de auscultación de la Presa de Val, describiendo la instrumentación instalada en la presa, indicando sus deficiencias y recomendando posibles actuaciones relativas a dicho sistema, con el fin de que el control de la presa sea lo más completo y útil posible.

La redacción de este Informe se ha basado en la visita que el equipo de ingenieros de la UPV, realizó a la presa.

La visita tuvo lugar el día 9 de septiembre de 2008, a la cual asistieron:

- Por parte de UPV:
 - Ignacio Escuder Bueno
 - Luis García Kabbabe
 - Carlos Riera Planells
 - José Daniel Rosales Maniglia
- Por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro: Jesús Vera

Además de las observaciones realizadas en la visita, los datos recogidos y las fotografías tomadas en la misma, la redacción de este informe se ha apoyado en la siguiente información:

- Informe sobre la visita de reconocimiento al sistema de auscultación automatizado de la presa de Val (Zaragoza). Realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A. en marzo de 2006

Para mayor claridad en la exposición, el estudio se ha realizado dividiendo los aparatos por tipologías, incluyéndose en el apartado 3 una tabla resumen de la situación de los aparatos que permite dar una impresión global de la situación de la auscultación de la presa de Val.

2. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE VAL

Los criterios básicos que se siguieron para determinar la distribución de los equipos de auscultación instalados en la presa de Val, durante su construcción como al finalizar la misma, fueron los siguientes:

- Considerar la presa como un conjunto único constituido por estructura y cimentación, estudiando especialmente aquellos puntos en que la calidad del terreno, las solicitaciones o cualquier característica concreta así lo aconsejaban.
- Obtener información que permita contrastar los cálculos estructurales previos, distribuyendo los equipos de modo que proporcionen la mayor información posible sobre el comportamiento de las zonas más significativas del conjunto.
- Establecer un control térmico general de la presa para obtener las isotermas con la mayor precisión posible. También se controla la temperatura del agua en el embalse con termómetros muy cerca del paramento de aguas arriba y la temperatura ambiente junto al de aguas abajo.
- Controlar adecuadamente los movimientos de las juntas de construcción transversales, ante las distintas solicitaciones actuantes sobre la estructura.
- Verificar la estabilidad de la presa y su comportamiento durante todas las fases de la obra (construcción, primera puesta en carga y posterior explotación), prestando especial atención al control de movimientos internos y en coronación, a las magnitudes hidráulicas (subpresiones y filtraciones) y al comportamiento de la roca de cimentación.
- Permitir la implantación de un sistema automatizado de adquisición de los datos de auscultación, obteniéndose así un control más selectivo, rápido y fiable de toda la información recogida.

En resumen, los controles implantados para el adecuado seguimiento y vigilancia del comportamiento de la presa de Val serían los siguientes:

a.) Auscultación hidráulica:

- Control de subpresiones.
- Filtraciones en las galerías.
- Nivel del embalse

b.) Control de movimientos en la presa:

- Desplazamientos en el terreno de cimentación
- Movimientos horizontales mediante péndulos
- Movimientos en las juntas
- Movimientos superficiales mediante sistemas topográficos
- Giros en la estructura

c.) Control de la evolución de temperaturas

d.) Medida de deformaciones unitarias internas en el hormigón

Puesto que hubiera sido inabordable extender la instrumentación a todas las zonas de la presa, se han concentrado una serie de equipos para su estudio continuado durante la etapa constructiva y para su automatización (termómetros, extensómetros de cuerda vibrante, piezómetros, extensómetros de varillas, péndulos), en cinco secciones principales de control: las tres de mayor altura, en los bloques B-3 (sección de control P 5), B-4 (P 8) y B-5 (P 11) y dos laterales, en los bloques B-2 (P 3) y B-6 (P 14). El resto de los equipos se reparten por toda la estructura, en los puntos más apropiados para detectar la magnitud a controlar y tal como se puede apreciar en los planos de auscultación del Anejo N° 1.

Todo el sistema de auscultación de la presa y el embalse está automatizado y centralizado.

Tres estaciones de adquisición de datos transmiten los registros a un ordenador en la oficina de la casa de administración. Desde aquí, los datos son enviados al centro de control del Área de Explotación de la Confederación Hidrográfica del Ebro y a las oficinas de SAIH.

El objetivo básico perseguido con la aplicación de todos estos criterios es obtener la máxima información posible de las distintas zonas de la estructura, utilizando los primeros equipos durante el período de construcción, desde el momento de su instalación.

2.1 VARIABLES EXTERIORES

2.1.1 Medida del nivel del embalse

Para determinar el nivel de agua en el embalse la presa cuenta con una balanza de presión hidrostática, de alta precisión y con indicación numérica de la cota del embalse en cada instante. Este equipo permite asegurar una precisión adecuada a esta aplicación, de 1 cm. para un rango de variación del nivel de unos 70 m. y se encuentra ubicado en la margen derecha, en una galería de la zona del túnel de desvío.

La balanza instalada es un medidor de presión tipo W3K-53NOS. RITTMEYER y sus características más importantes son las siguientes:

- Rango de medida: 69 m.
- Precisión mínima: 0,025% del rango
- Principio de medida: la presión del agua actúa sobre una célula de medida que transmite a una balanza de precisión una fuerza proporcional al valor medido. Al romperse el equilibrio de la balanza su brazo acciona un detector electro-óptico y un servomotor desplaza el peso cursor hasta reequilibrar el sistema. Estos elementos están acoplados al indicador y al resto de salidas. La célula de medida posee gran fiabilidad y estabilidad en el tiempo.
- Temperatura de trabajo: -10° a 60° C.

La presa también cuenta con una escala limnimétrica para control del nivel del agua por observación directa desde coronación, con 20 m de longitud y cabeceros indicando la cota.

Todos los elementos de la balanza de presión hidrostática y de la escala limnimétrica se encuentran en buen estado.

2.1.2 Datos meteorológicos

Estos se miden y registran en la estación meteorológica de la presa ubicada en el estribo izquierdo de la misma y las variables leídas son las siguientes:

- *Temperatura* ambiente: mediante un termómetro de ambiente que registra temperaturas máximas y mínimas.
- *Precipitaciones*: a través de pluviómetro.
- *Evaporación*: medido a través de un evaporímetro de tanque.
- *Viento*: mediante un anemómetro de recorrido.

Todos los elementos meteorológicos se encuentran en buen estado.

2.2 VARIABLES DE CONTROL

Con el fin de poder identificar cada uno de los equipos instalados en el cuerpo de la presa y facilitar su descripción dentro del presente informe y planos adjuntos se ha seguido en general el siguiente formato:

CI – B – N – A – G

Donde,

CI: código de identificación de cada clase de sensor o equipo de medida, ver siguiente tabla

Termorresistencia para temperaturas	T
Medidores de junta internos	MJI
Base para la medida con defómetro	Terma
Medidores tridimensionales de juntas	MJT
Medida de subpresión con piezómetro de cuerda vibrante	PZ
Extensómetro de cuerda vibrante para deformaciones unitarias	EXTCV
Extensómetros de varillas	EV
Aforador de filtraciones	AF
Punto de medida de desplazamiento en péndulo directo	PD
Punto de medida de desplazamiento en péndulo invertido	PI
Base para la medida con clinómetro	CLI

Tabla. Código de identificación de equipos.

B: indica el bloque en que se coloca el sensor o equipo. En el caso de los medidores instalados en juntas se indican los dos bloques que controlan. En los aforadores y caudalímetros no se incluye este código sino la cota de ubicación.

N: para equipos colocados en una misma sección transversal de la presa, este número de orden identifica a sensores del mismo tipo e indica su posición en una misma cota, aumentando desde el paramento de aguas arriba hacia el paramento de aguas abajo.

A: para equipos colocados dentro de un mismo taladro, este número de orden se asigna a sensores del mismo tipo y la numeración va aumentando desde el más profundo hacia el más superficial.

G: para los sensores que están colocados en una galería (bases de clinómetro, medidores de juntas, telepéndulos, etc.) indica la galería en que se encuentran: G1, G2 y G3 (galerías inferior, intermedia y superior, respectivamente).

2.2.1 CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES MEDIANTE PÉNDULOS

2.2.1.1 Descripción del control instalado

Se instalaron 3 conjuntos de telepéndulos en los bloques 3, 4 y 6 del cuerpo de la presa. Debido a la altura de las secciones fue necesario combinar el conjunto

péndulo directo e invertido. Esta combinación, en verticales muy próximas, permite comparar y relacionar movimientos horizontales respecto a coronación y a un punto que se pueda considerar fijo, obteniendo de esta manera movimientos más exactos y absolutos.

Todos los puntos de medida existentes disponen de un sistema de lectura manual de los movimientos del hilo por medio de una plancheta R-T (radial-tangencial). Esta plancheta consiste en una placa de acero inoxidable perforada, con dos reglas graduadas de acero inoxidable, ortogonales entre sí y graduadas en milímetros.

Las lecturas de movimientos en los péndulos se han llevado a cabo de forma manual, en los puntos de intersección con las galerías, donde se han instalado un total de 10 planchetas de medida manual R-T. Además se instalaron los 20 medidores de desplazamiento necesarios para la automatización de estas lecturas. La tabla siguiente presenta la nomenclatura de los puntos en los cuales se efectúa la toma de lecturas de los péndulos.

BLOQUE	PÉNDULO INVERTIDO	PÉNDULO DIRECTO
3	PI-B3-1R PI-B3-1T	PD-B3-2T PD-B3-2R PD-B3-3T PD-B3-3R
4	PI-B4-1T PI-B4-1R PI-B4-2R PI-B4-2T	PD-B4-3R PD-B4-3T PD-B4-2R PD-B4-2T
5	PI-B6-2R PI-B6-2T	PD-B6-3R PD-B6-3T PD-B6-2R PD-B6-2T

Tabla. Denominación y Puntos de Lectura de los Péndulos

2.2.1.2 Estado actual

Todos los péndulos directos e invertidos se encuentran operativos, registran lecturas automáticas y de frecuencia diaria.

La teleplancheta radial del péndulo directo PD-B3-3R, está instalada en sentido contrario al resto de péndulos, es decir, las lecturas registradas por este instrumento tienen sentido positivo en dirección aguas arriba. A continuación se mencionan algunos comentarios extraídos del informe de I.I.C. S.A. sobre la funcionalidad de los mismos:

- “En el camarín del péndulo directo del bloque 3, hay un pozo vertical en el techo por donde bajan los cables de sensores entre galerías y por el cual cae agua sobre los elementos del péndulo, especialmente sobre los dos telepéndulos PD-B3-3R y PD-B3-3T, esta acción pudiera ocasionar defectos en los mismos.”
- “Debido a problemas de verticalidad de la perforación realizada en el cimiento para el péndulo invertido del bloque 3, la última plancheta de lectura está en la galería inferior y no se pueden relacionar los datos de péndulo directo e invertido en este bloque como sería aconsejable.”

2.2.2 MEDIDORES DE LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

2.2.2.1 Descripción del control instalado

Para determinar el comportamiento de las juntas de construcción se han realizado controles internos y externos, con ello se pretende disponer de un registro de los desplazamientos relativos entre bloques, debidos a la variación de temperaturas, nivel del embalse y posibles asientos diferenciales, tanto en puntos inaccesibles dentro del cuerpo de presa como en la intersección de las juntas con las galerías. Los equipos instalados fueron:

- *10 Medidores de Junta Internos (MJI)*: del tipo cuerda vibrante y con 1 m de base de medida, repartidos en todas las juntas transversales de las secciones

centrales, según la altura y asociados a las tres galerías principales. Su función es el control de los movimientos relativos (apertura y cierre) entre bloques, se han instalado en puntos inaccesibles del cuerpo de presa, embebidos en el hormigón al nivel de las galerías y horizontalmente.

- *12 Ternas de bases para medida con defórmetro:* se trata de 3 puntos materializados según una disposición en triángulo equilátero a ambos lados de la junta, de manera que las diferencias de distancias entre puntos (2 a 2) permiten calcular la apertura y el desplazamiento relativo vertical de ambos bloques.
- *12 Medidores tridimensionales:* los cuales están constituidos por 2 piezas fijadas a ambos lados de la junta que encajan perfectamente una en otra, de forma que el desacoplamiento que se produzca puede ser medido con un comparador en 3 direcciones perpendiculares.

La localización y denominación de los equipos instalados se presentan en la tabla siguiente.

GALERÍA	JUNTA	SENSOR INSTALADO
GALERIA INFERIOR	B3-B4	Terna-3/4-G1 MJT-3/4-G1
	B4-B5	Terna-4/5-G1 MJT-4/5-G1
	B5-B6	Terna-5/6-G1 MJT-5/6-G1
GALERIA INTERMEDIA	B2-B3	Terna-2/3-G2 MJT-2/3-G2 MJI-2/3-G2
	B3-B4	Terna-3/4-G2 MJT-3/4-G2 MJI-3/4-G2
	B4-B5	Terna-4/5-G2 MJT-4/5-G2 MJI-4/5-G2
	B5-B6	Terna-5/6-G2 MJT-5/6-G2 MJI-5/6-G2

GALERÍA	JUNTA	SENSOR INSTALADO
GALERIA SUPERIOR	B2-B3	Terna-2/3-G3 MJT-2/3-G3 MJI-2/3-G3
	B3-B4	Terna-3/4-G3 MJT-3/4-G3 MJI-3/4-G3
	B4-B5	Terna-4/5-G3 MJT-4/5-G3 MJI-4/5-G3
	B5-B6	Terna-5/6-G3 MJT-5/6-G3 MJI-5/6- G3
	B6-B7	Terna-6/7-G3 MJT-6/7-G3 MJI-6/7-G3

Tabla. Denominación de los Sensores Instalados

2.2.2.2 Estado actual

Actualmente, sólo se tiene conocimiento de registros de ternas de bases de defómetro y de medidores de juntas tridimensionales los días: 27/02, 15/04, 05/05 y 21/05 de 2008.

A fecha de 31-12-2008 sólo se realizan lecturas automáticas de los medidores de juntas internas MJI23-G3, MJI56-G3 y MJI67-G3, no se dispone de datos del resto de instrumentos. A continuación se hace mención a comentarios expuestos en el informe realizado por la empresa I.I.C. S.A.:

- “Los sensores MJI-3/4-G3 y MJI-4/5-G3 están fuera de servicio y no es posible su reposición ya que se encuentran dentro del hormigón del cuerpo de presa. “
- “El sensor MJI-4/5-G2 no presenta lecturas correctas, ni en la caja de centralización ni en la estación automática, debido a esto se considera fuera servicio.”

2.2.3 CONTROL TÉRMICO

2.2.3.1 Descripción del control instalado

Este control se realiza con el fin de conocer la distribución de temperaturas en el interior de la presa y poder hacer un seguimiento de las temperaturas en el proceso de fraguado y en la evolución del gradiente térmico que pueda producir fisuras.

Para efectuar el control se instalaron un total de 58 termorresistencias de platino tipos PT-100, embebidas en el hormigón, con la disposición y los objetivos que se indican a continuación:

- En los tres bloques centrales (B-3, B-4 y B-5), se han instalado un total de 39 termómetros (13 en cada uno) embebidos en el hormigón del cuerpo de presa, repartidos en cuatro tongadas a cotas diferentes y distribuidos en la sección transversal en el cuerpo de presa como se muestra en los anexos, de modo que se pueda obtener la red de isotermas, los gradientes horizontal y vertical, estudiar la influencia de la proximidad de galerías, paramentos de aguas arriba y aguas abajo.
- En los bloques B-4 y B-5 se han instalado 6 termómetros, 3 en cada uno, situados muy cerca del paramento de aguas arriba, para que puedan detectar la temperatura del agua del embalse a las cotas 568, 588 y 608 m.s.n.m., y de este modo estimar la influencia en la evolución de la temperatura del agua sobre el comportamiento térmico de la presa.
- En los bloques cercanos a los estribos (B-2 y B-6) se colocaron un total de 8 termómetros (4 en cada bloque).
- El control de las temperaturas en el cimiento de la presa se efectúa mediante 3 termómetros instalados a unos 15 m bajo el contacto hormigón-cimiento, en la zona central de los bloques B-3, B-4 y B-5, respectivamente.
- El control de las temperaturas en el hormigón del tapón colocado en el túnel de desvío se realiza mediante 2 termorresistencias situadas a la misma altura.

Los termómetros y su material accesorio tienen las siguientes características:

- Sensores basados en una termorresistencia de platino con una sensibilidad de 0,385 ohmios/°C, encapsulada en vaina de acero rellena de resina para su protección.
- Intervalo de medida -50 °C a +150 °C.
- El sensor junto a la unidad de lectura portátil, permite obtener la temperatura con una precisión de + 0,3 °C y sensibilidad de 0,1 °C.
- El cable de conexión es de 3 conductores, apantallado y con recubrimiento de tipo plástico.

La denominación de los termómetros instalados se presenta en la tabla siguiente.

BLOQUE	TERMÓMETROS Y COTAS (m.s.n.m.)
2	T-B2-1,2,3 (cota 588) T-B2-4 (cota 608)
3	T-B3-0,1,2,3,4,5 (cota 548) T-B3-6,7,8,9 (cota 568) T-B3-10,11,12 (cota 588) T-B3-13 (cota 608)
4	T-B4-0,1,2,3,4,5 (cota 548) T-B4-6,7,8,9,10 (cota 568) T-B4-11,12,13,14 (cota 588) T-B4-15,16 (cota 608)
5	T-B5-0,1,2,3,4,5 (cota 548) T-B5-6,7,8,9,10 (cota 568) T-B5-11,12,13,14 (cota 588) T-B5-15,16 (cota 608)
6	T-B6-1,2,3 (cota 588) T-B6-4 (cota 608)
Tapón de fondo	T-TF-1,2.

Tabla. Denominación y los termómetros instalados.

2.2.3.2 Estado actual

“Los termómetros T-B2-1, T-B2-3, T-B4-10, T-B4-16 y T-B5-9 están averiados.”¹

Los termómetros T-B3-0, T-B3-4, T-B3-5, T-B3-6, T-B37, T-B3-8, T-B3-9, T-B3-10, T-B4-10, T-B4-16, T-B6-3 y T-B6-4 no registran lecturas en la remota.

Tampoco se conoce ninguna lectura de las termorresistencias situadas en el tapón de hormigón colocado en el túnel de desvío.

2.2.4 AFORO DE FILTRACIONES

2.2.4.1 Descripción del control instalado

Se han instalado 4 vertederos de pared delgada tipo Thomson (aforadores contruidos con chapa de acero inoxidable) con medidores ultrasónicos de nivel situados en las canaletas de las galerías intermedia e inferior, con el objetivo de controlar, en sitios puntuales de la red de galerías y evitando medidas repetitivas, los caudales para determinar las zonas en la que se produzcan posibles alteraciones de las pantallas de impermeabilización o drenaje. De acuerdo con estas consideraciones los equipos se encuentran instalados en los siguientes lugares:

- 2 aforadores en la galería intermedia (AF-572-MD y AF-572-MI) cerca de cada margen antes de la galería perimetral, en los puntos en los que se produce la recogida del agua procedente de las galerías en roca de ambos estribos.
- 2 aforadores en la galería inferior, situados a cada lado del pozo de bombeo, de modo que recogen el caudal de agua de filtraciones procedente de ambos márgenes de la presa, a través de la red de drenaje (AF-544-MD y AF-544-MI).

¹ INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), I.I.C. S.A. marzo de 2006.

2.2.4.2 Estado actual

Los 4 aforadores colocados en las galerías se encuentran en buen estado y registran lecturas automáticas diarias.

“Los 2 vertederos instalados en la galería inferior (cota 544 m.s.n.m.) presentan con frecuencia cal y residuos sedimentados, lo cual induce a lecturas erróneas.”¹

2.2.5 CONTROL DE SUBPRESIONES

2.2.5.1 Descripción del control instalado

Este control se realiza por medio de 32 piezómetros de cuerda vibrante en una sección transversal de control por cada uno de los bloques y juntas desde el bloque 2 al 7; y mediante 22 manómetros fijos en los cabezales de los drenes de las galerías.

En cada uno de los bloques centrales (B-3, B-4 y B-5) se han instalado 6 sensores, situados bajo el cimientado, desde el pie de presa hasta la zona del tacón. En los bloques B-2 y B-6 se han instalado únicamente 4 sensores (2 en cada bloque), situados en el cimientado, uno a cada lado de la vertical de la galería.

Además, para el control de la distribución de subpresiones en la zona de las juntas se han instalado, desde la junta entre los bloques B-2 y B-3 y la junta entre los bloques B-6 y B-7, 2 piezómetros por junta, a una distancia aproximada de 20 y 40 m hacia aguas abajo, medida desde el paramento de aguas arriba.

Todos los piezómetros de cuerda vibrante están conectados por cable de 2 conductores a las cajas de centralización más próximas, en las que se pueden efectuar lecturas manuales con la unidad portátil válida para sensores de cuerda vibrante, integrados al sistema automatizado de adquisición de datos. Las características de los piezómetros instalados son las siguientes:

- Rango de medida: 0-10 Kg/cm²
- Sensibilidad: 0,01 Kg/cm²

- Precisión: 0,5 % del rango
- Diámetro exterior: menor de 1,5 pulgadas
- Temperatura de trabajo: -20 a +60 °C.
- Sobrepresión admisible 2 veces el rango.

La nomenclatura dada a los piezómetros instalados en el cuerpo de la presa y en las juntas se presenta en la tabla anexa.

BLOQUE	PIEZÓMETROS		JUNTA	PIEZÓMETROS	
2	PZ-B2-1	PZ-B2-2	B2-B3	PZ-J2/3-1	PZ-J2/3-2
3	PZ-B3-1	PZ-B3-2	B3-B4	PZ-J3/4-1	PZ-J3/4-2
	PZ-B3-3	PZ-B3-4			
	PZ-B3-5	PZ-B3-6			
4	PZ-B4-1	PZ-B4-2	B4-B5	PZ-J3/4-1	PZ-J4/5-2
	PZ-B4-3	PZ-B4-4			
	PZ-B4-5	PZ-B4-6			
5	PZ-B5-1	PZ-B5-2	B5-B6	PZ-J5/6-1	PZ-J5/6-2
	PZ-B5-3	PZ-B5-4			
	PZ-B5-5	PZ-B5-6			
6	PZ-B6-1	PZ-B6-2	B6-B7	PZ-J6/7-1	PZ-J6/7-2

Tabla. Piezómetros instalados en la presa.

2.2.5.2 Estado actual

Los piezómetros PZ-B3-3, PZ-B3-6, PZ-J2/3-2, PZ-J3/4-1 y PZ-J6/7-2, no registran lecturas y según informe de I.I.C. S.A. se encuentran averiados, el resto de instrumentos funciona adecuadamente.

“Varios manómetros fijos situados en dichos cabezales se encuentran en mal estado para las lecturas por la humedad y óxido en las carcasas”²

2.2.6 DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO BAJO CIMENTACIÓN

2.2.6.1 Descripción del control instalado

Se han instalado un total de 6 extensómetros de varillas, con 3 anclajes cada uno, con la finalidad de contrastar las hipótesis realizadas en el proyecto en torno al comportamiento del terreno de cimentación, de modo que se puedan verificar las consideraciones realizadas en cuanto a estabilidad y deformabilidad del mismo.

Las cabezas de cinco de los extensómetros están situadas en la galería inferior, para controlar los movimientos en dirección vertical (extensómetros instalados en sondeos verticales realizados en los bloques B-3, B-4 y B-5) y horizontal (extensómetros instalados en sondeos sub-horizontales realizados en los bloques B-4 y B-5) del pie de aguas arriba de la presa. El sexto extensómetro de varillas está situado en el bloque B-5, desde el pie de aguas abajo de la presa, con el objeto de controlar los movimientos verticales del relleno.

Las características principales de los extensómetros de varillas instalados son las siguientes:

- Varilla de acero, roscada en los extremos, de diámetro aprox. 16 mm.
- Anclaje consistente en un tramo de PVC, de 300 mm. de longitud, roscado a la última varilla y con salientes espaciados para mejor fijación al terreno.
- Protección de la varilla con tubos de PVC de 20 mm. de diámetro.
- Cabeza fabricada en acero inoxidable, con tapa de protección preparada para tres varillas, preparada para lectura manual y para la instalación posterior de sensores.

² INFORME SOBRE LA VISITA DE RECONOCIMIENTO AL SISTEMA DE AUSCULTACION AUTOMATIZADO DE LA PRESA DE VAL (ZARAGOZA), I.I.C. S.A. marzo de 2006.

La denominación de los extensómetros de varillas instalados en la presa se presenta en la siguiente tabla.

BLOQUE	EXTENSÓMETRO DE VARILLAS	SITUACIÓN
3	EV-B3-1	Vertical aguas arriba
4	EV-B4-1 EV-B4-2	Horizontal aguas arriba Vertical aguas arriba
5	EV-B5-1 EV-B5-2 EV-B5-3	Horizontal aguas arriba Vertical aguas arriba Vertical aguas abajo

Tabla. Denominación y situación de lo Extensómetros Instalados.

2.2.6.2 Estado actual

En general, todos los extensómetros de varilla instalados en la presa de El Val se encuentran operativos, a excepción del denominado EV-B3-1-A2 que no realiza lecturas datos.

2.2.7 MEDIDA DE DEFORMACIONES UNITARIAS

2.2.7.1 Descripción del control instalado

Con el objetivo de poder obtener tensiones del hormigón en algunos puntos del cuerpo de presa, en la zona central de mayor espesor (Bloques 4 y 5), se han instalado un total de 40 extensómetros de cuerda vibrante unidireccionales, en 10 grupos (cinco grupos por bloque, a dos cotas distintas) de cuatro sensores cada uno, activos en las direcciones X, Y, Z y uno corrector.

Cada grupo de extensómetros lleva tres sensores activos, colocados en un soporte o roseta según las tres direcciones ortogonales, junto a ellos y con el fin de controlar las variaciones térmicas se ha colocado un extensómetro corrector (con termistor integrado para medir temperatura) en el interior de una cubeta a medida. Resultando un total de 10 termistores que también se integrarán en el sistema automatizado de adquisición de datos.

Las características de los equipos instalados son:

- *Extensómetros de cuerda vibrante:*
 - Base de medida: 250 mm.
 - Rango: 2500 microdeformaciones.
 - Sensibilidad: 1 microdeformación.
 - Temperatura trabajo: -20° a +80 °C
- *Termistores::*
 - Rango: -80 °C a +150 °C.
 - Precisión: ± 0.5 °C

La siguiente tabla presenta la denominación de los extensómetros de cuerda vibrante y termistores instalados en la presa.

BLOQUE	EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	TERMISTORES
4	EXT CV 4-1 C,X,Y,Z EXT CV 4-2 C,X,Y,Z EXT CV 4-3 C,X,Y,Z EXT CV 4-4 C,X,Y,Z EXT CV 4-5 C,X,Y,Z	EXT CV 4-1 T EXT CV 4-2 T EXT CV 4-3 T EXT CV 4-4 T EXT CV 4-5 T
5	EXT CV 5-1 C,X,Y,Z EXT CV 5-2 C,X,Y,Z EXT CV 5-3 C,X,Y,Z EXT CV 5-4 C,X,Y,Z EXT CV 5-5 C,X,Y,Z	EXT CV 5-1 T EXT CV 5-2 T EXT CV 5-3 T EXT CV 5-4 T EXT CV 5-5 T

Tabla. Denominación de Extensómetros de Cuerda Vibrante y Termistores

2.2.7.2 Estado actual

Actualmente se registran lecturas diarias en los extensómetros de cuerda vibrante.

En el informe de I.I.C. S.A. se menciona lo siguiente:

- “El extensómetro EXT CV 5-4 Y no presenta lecturas correctas en la estación automática.”
- “Los extensómetros EXT CV 4-1 Z y EXT CV 4-2 Y no dan lectura en la estación automática.”
- “El extensómetro EXT CV 4-4 Z no da lectura en la caja pero sí en la estación automática.”
- “Los extensómetros EXT CV 4-2 X y EXT CV 4-2 Z no dan lectura ni en la caja de centralización ni en la estación automática.”
- “Las lecturas del extensómetro EXT CV 4-5 Z no son buenas ni en la caja ni en la estación.”

2.2.8 MOVIMIENTOS EN CORONACIÓN POR TOPOGRAFÍA

2.2.8.1 Descripción del control instalado

Con el objeto de determinar los movimientos horizontales y verticales de una serie de puntos situados en coronación y en el paramento de la presa se instalaron equipos que permiten llevar a cabo los siguientes controles topográficos:

- *Colimación lineal:* se dispusieron 12 puntos de control de movimientos horizontales por colimación lineal (para medir los desplazamientos horizontales de puntos en alineación recta) en la coronación de la presa, consistentes en bases de apoyo para la mira móvil situadas en el interior de arquetas de acero inoxidable con tapa roscada y empotradas en el suelo. Se colocaron dos bases por Bloque, a los lados de cada junta, desde el B-2 hasta el B-7.
- *Nivelación de precisión:* con esta metodología se determinan los asientos de puntos situados en la coronación de la presa. El itinerario de nivelación consta de 12 bases en coronación (coincidentes con las de colimación) y de otras 8 bases de referencia, situadas en el terreno natural de los estribos hasta alcanzar un punto que se pueda considerar fijo y sin influencia de los movimientos de la presa; estas bases de referencia, con distancias entre ellas menores de 40 m., se empotraron en afloramientos rocosos o en dados de hormigón preparados al efecto.

- *Triangulación geodésica:* con este método se obtienen las coordenadas de los puntos de control (dianas de puntería) y los movimientos relativos X-Y, disponiendo de una red de bases de estacionamiento aguas abajo de la presa. Existen 6 dianas de puntería fijadas a una cota por encima de la galería superior, sobre el paramento de aguas abajo, en la zona central de mayor altura, cada diana consiste en un cono de acero inoxidable fijado sobre una chapa de acero pintada al horno en color negro, además hay 4 bases para estacionamiento del equipo de lectura topográfico aguas abajo de la presa.

2.2.8.2 Estado actual

Actualmente se realizan campañas topográficas sin ningún tipo de inconvenientes y no existen deterioros importantes en ninguno de los hitos ni bases conjuntas de colimación-nivelación.

2.2.9 CONTROL DE GIROS EN LA ESTRUCTURA

2.2.9.1 Descripción del control instalado

Se instalaron un total de 11 bases de apoyo para lectura manual con clinómetro portátil, repartidas por todas las galerías de la presa tal como se puede apreciar en los planos de instrumentación, con el fin de obtener valores de giro o desplazamiento angular de la estructura en una serie de puntos de las galerías. La siguiente tabla presenta la denominación de los clinómetros instalados en la presa.

BLOQUE	CLINÓMETRO
3	CLI-B3-1 CLI-B3-2 CLI-B3-3
4	CLI-B4-1 CLI-B4-2 CLI-B4-3
5	CLI-B5-1 CLI-B5-2 CLI-B5-3

BLOQUE	CLINÓMETRO
6	CLI-B6-2 CLI-B6-3

Tabla. Denominación de clinómetros

2.2.9.2 Estado actual

Únicamente se tiene conocimiento de lecturas de clinómetros los días: 27/02, 15/04, 05/05 y 21/05 de 2008, por ello se consideran no operativos.

3. CUADRO RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE VAL A FECHA 31/12/2008.

Con todos los aspectos analizados en los epígrafes precedentes, se ha confeccionado la tabla resumen. En ella se informa la situación de los aparatos instalados en la presa de Val a fecha 31/12/2008, dando como resultado que un 55 % del número total de instrumentos instalados a lo largo de la historia de la presa continúan operativos en la actualidad.

SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	GRUPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	NÚMERO SENSORES OPERATIVOS	NÚMERO SENSORES NO OPERATIVOS	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS
Balanza de presión hidrostática (SAIH) y escala limnimétrica graduada	VARIABLES EXTERIORES	2	2	0	100%
Termómetro manual y automático (SAIH)	VARIABLES EXTERIORES	1	1	0	100%
Pluviómetro manual y automático (SAIH)	VARIABLES EXTERIORES	1	1	0	100%
Evaporímetro, anemómetro	VARIABLES EXTERIORES	2	2	0	100%
Aforadores triangulares tipo Thomson	VARIABLES DE CONTROL	4	4	0	100%
Piezómetros de cuerda vibrante (cimentación)	VARIABLE DE CONTROL	22	20	2	91%
Piezómetros de cuerda vibrante (juntas de construcción)	VARIABLE DE CONTROL	10	7	3	70%
6 Extensómetros de 3 varillas	VARIABLE DE CONTROL	18	17	1	94%
Péndulos directos	VARIABLE DE CONTROL	12	12	0	100%
Péndulos inversos	VARIABLES DE CONTROL	8	8	0	100%
Medidores de juntas Internos	VARIABLES DE CONTROL	10	3	7	30%
Ternas de bases para medida con defómetro	VARIABLES DE CONTROL	12	0	12	0%
Medidores tridimensionales	VARIABLES DE CONTROL	12	0	12	0%
Extensómetros de cuerda vibrante	VARIABLE DE CONTROL	40	0	40	0%
Clinómetros	VARIABLE DE CONTROL	11	0	11	0%
Termorresistencias (termómetros)	VARIABLES DE CONTROL	58	38	20	66%
Clavos / bases mixtas de colimación y nivelación	VARIABLE DE CONTROL	12	12	0	100%
Bases de nivelación	VARIABLES DE CONTROL	8	4	4	50%
Triangulación geodésica	VARIABLE DE CONTROL	6	6	0	100%
TOTAL PUNTOS DE CONTROL:		249	137	112	55%

Tabla. Situación del sistema de auscultación instalado en la presa de Val al día 31/12/2008.

4. CONCLUSIONES.

El sistema de auscultación existente en la presa de Val presenta actualmente un 55% de operatividad, aunque se están se vigilan las variables de control más significativas.

Con todo lo expuesto, es pertinente destacar, a modo de conclusión del presente anejo, algunos aspectos importantes:

- 1) Actualmente 27 de los 32 piezómetros de cuerda vibrante funcionan perfectamente.
- 2) La situación de los dispositivos de aforo de caudales y filtraciones es en general buena.
- 3) El estado de las bases para control topográfico es buena.

Valencia, Junio de 2009.

ANEJO Nº 6. MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN

ANEJO Nº 6. MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE.....	4
2. PLANTEAMIENTO DE LA MODELACIÓN.....	5
3. MODELACIÓN ESTADÍSTICA.....	6
3.1 CONTROL DE FILTRACIONES.....	6
3.1.1 AF-544-MD (Galería inferior)	6
3.1.2 AF-544-MI (Galería inferior)	8
3.1.3 AF-572-MD (Galería Intermedia)	9
3.1.4 AF-572-MI (Galería Intermedia)	11
3.2 CONTROL DE SUBPRESIONES MEDIANTE PIEZÓMETROS.....	13
3.2.1 Piezómetros ubicados en el bloque 2 y junta 2-3	13
3.2.2 Piezómetros ubicados en el bloque 3 y junta 3-4	18
3.2.3 Piezómetros ubicados en el bloque 4 y junta 4-5	24
3.2.4 Piezómetros ubicados en el bloque 5 y junta 5-6	33
3.2.5 Piezómetros ubicados en el bloque 6 y junta 6-7	43
3.3 DESPLAZAMIENTO DEL TERRENO BAJO CIMENTACIÓN.....	47
3.3.1 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 3.....	47
3.3.2 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 4.....	50
3.3.3 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 5.....	56
3.4 CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES MEDIANTE PÉNDULOS	65
3.4.1 Péndulos instalados en el bloque 3	65
3.4.2 Péndulos instalados en el bloque 4	77
3.4.3 Péndulos instalados en el bloque 6	92
3.5 CONTROL TOPOGRÁFICO	105
3.6 CONTROL TÉRMICO	117
3.6.1 Termorresistencias instaladas en el bloque 2.....	117
3.6.2 Termorresistencias instaladas en el bloque 3.....	120
3.6.3 Termorresistencias instaladas en el bloque 4.....	134
3.6.4 Termorresistencias instaladas en el bloque 5.....	149
3.6.5 Termorresistencias instaladas en el bloque 6.....	163
3.7 MEDIDORES DE JUNTAS INTERNOS	165
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES	168

APÉNDICE 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MODELACIÓN ESTADÍSTICA	171
A1.1 INTRODUCCIÓN.....	171
A1.2 DATOS.....	171
A1.3 JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN.....	172
A1.3.1 Creación del modelo.....	174
A1.3.2 Identificación de los coeficientes.....	176
A1.3.3 Contraste del modelo y obtención del índice de tolerancia.....	177
A1.3.4 Estudio de tendencias.....	179

1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente Anejo a la Memoria consiste en la presentación detallada de todos los trabajos de modelación numérica de tipo estadística determinista realizados con los datos disponibles de las variables exteriores y de control de la presa de El Val, comprendidos entre enero de 2007 y diciembre de 2008.

En el período de estudio el embalse ha oscilado como se describe a continuación.

Entre enero y julio de 2007 el nivel de embalse se incrementó desde la cota 616 hasta 618,8 m.s.n.m., fecha en la cual alcanzó su máximo. Luego de culminar este período el embalse descendió hasta 617,9 m.s.n.m. en octubre del mismo año.

A partir de octubre de 2007 el nivel de embalse se ascendió casi linealmente registrando 618,3 m.s.n.m. el 6 de febrero de 2008, fecha en la cual comenzó un descenso significativo llegando a la cota 614,9 m.s.n.m. en mayo, para empezar un incremento hasta el final de la historia conocida (mayo de 2008; 616,5 m.s.n.m.).

Establecidos unos criterios generales de modelización, para cada una de las series de datos estudiada y según las directrices establecidas (APÉNDICE 1), se aporta la representación gráfica del modelo ajustado, una tabla resumen con los valores obtenidos de los coeficientes así como los gráficos que muestran la repercusión de las variaciones de nivel de embalse, y temperaturas en su caso, sobre la variable de control. Adicionalmente, se estima la tendencia de dicha variable de control a través de la contabilización del conjunto de los efectos irreversibles en el tiempo.

Por último, a partir de todos los modelos numéricos confeccionados, se lleva a cabo una evaluación del comportamiento de la presa a través de la interpretación ingenieril de los resultados de los modelos.

2. PLANTEAMIENTO DE LA MODELACIÓN

El estudio de las series de datos mediante modelación estadística se aborda de manera completa en el cuerpo de la presa, a través de secciones instrumentadas, así como para una serie de variables asociadas a las estructuras y las interacciones de éstas.

Los modelos han sido realizados siguiendo la metodología establecida en el APÉNDICE 1 y presentan las siguientes características comunes:

- El tiempo origen de los efectos irreversibles (asociados fundamentalmente a fenómenos de fluencia) se ha establecido en el 1 de enero de 2007, justamente fecha a partir de la cual se conocen los primeros datos de las variables de control.
- El tiempo de comienzo del cálculo varía para cada dispositivo de auscultación. Se ha considerado en la primera fecha de valores para cada instrumento. Normalmente se ha establecido a partir de enero de 2007, de manera que pueda considerarse el comportamiento de los sensores sin influencia alguna de la propia construcción de la presa (elevación de tongadas, paso de maquinaria pesada, etc.).
- El período de contraste o comprobación se ha establecido a dos terceras partes del período de tiempo del cual se registran datos de cada variable de control.

3. MODELACIÓN ESTADÍSTICA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación estadística realizada a cada variable de control analizada. Sólo se muestran los gráficos considerados importantes y relevantes que ayudan a entender el comportamiento de la presa y la evolución de las lecturas del instrumento.

Es significativo destacar que los datos con los cuales se ha realizado la modelación son automáticos y de frecuencia diaria.

3.1 CONTROL DE FILTRACIONES

3.1.1 AF-544-MD (Galería inferior)

PRESA: VAL_pruebas
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: AF-544-MD_Prueba

Unidades

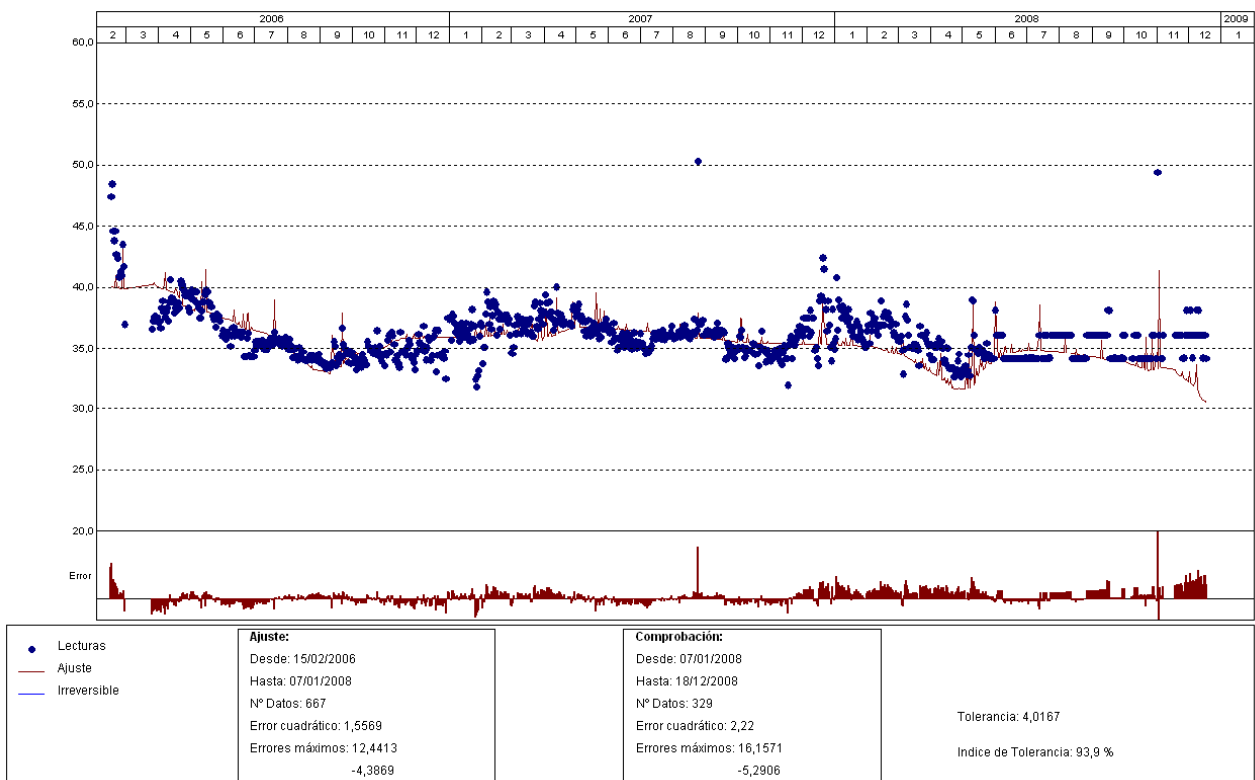


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: AF-544-MD_Prueba

Unidades

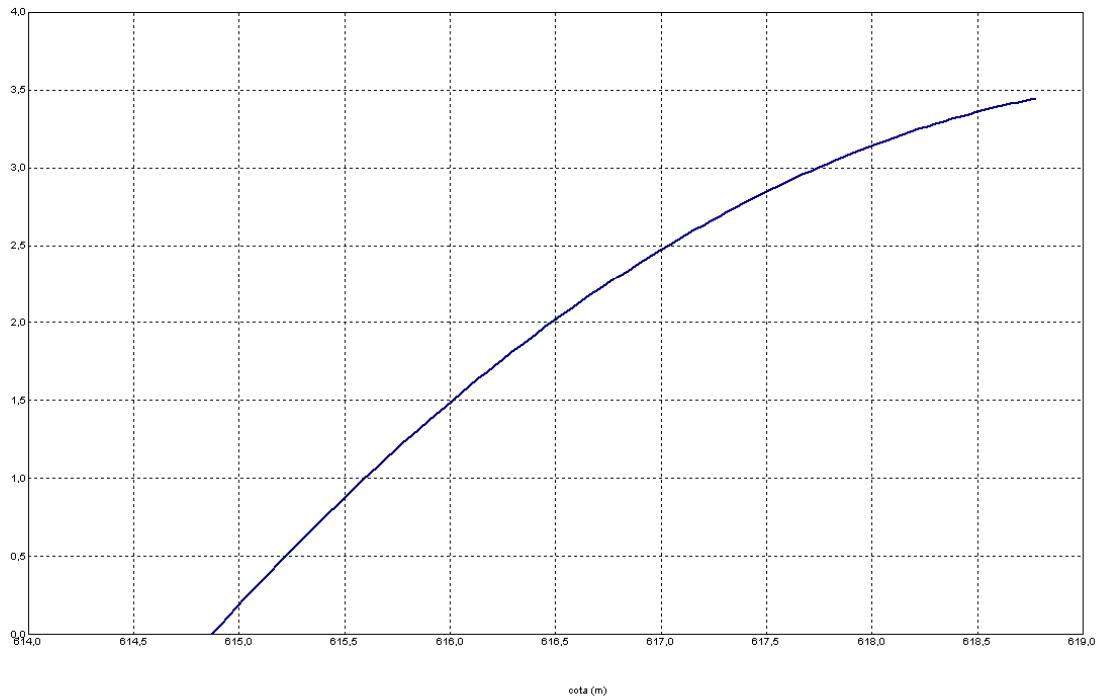


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: AF-544-MD_Prueba

Fecha Origen de cálculo: 15/02/2005

Función de Ajuste

Ln(tiempo)

1-1/Ln(tiempo)

1-e^(-tiempo/365)

HC

HC^2

HC^3

(HC-HCA)*HC^2

sen(PT)

cos(PT)

sen(2*PT)

cos(2*PT)

TD-TDC

TMM-TMMC

TMM-TMMCA+TMM-TMMC

sen(PT)*HC^2

cos(PT)*HC^2

LL

LLMM

T. independiente

Coeficiente

0,000

0,000

-25,92667

5,89111

-2,43601

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

0,000

14,36457

0,000

56,48851

Período de Ajuste

15/02/2006 al 07/01/2008

Nº de datos: 667

Nivel embalse mínimo: 614,87

Nivel embalse máximo: 618,81

Tiempo de media móvil (días): 30

Tiempo de efecto diferido (días): 3

Error cuadrático: 1,556868

Error Máximo positivo: 12,44127

Error Máximo negativo: -4,386921

Tolerancia: 4,016719

Período de Comprobación

07/01/2008 al 18/12/2008

Nº de datos: 329

Error cuadrático: 2,220034

Error Máximo positivo: 16,1571

Error Máximo negativo: -5,290592

Índice de Tolerancia: 93,92097 %

Tabla. Resumen de resultados

3.1.2 AF-544-MI (Galería inferior)

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: AF-544-MI

Unidades

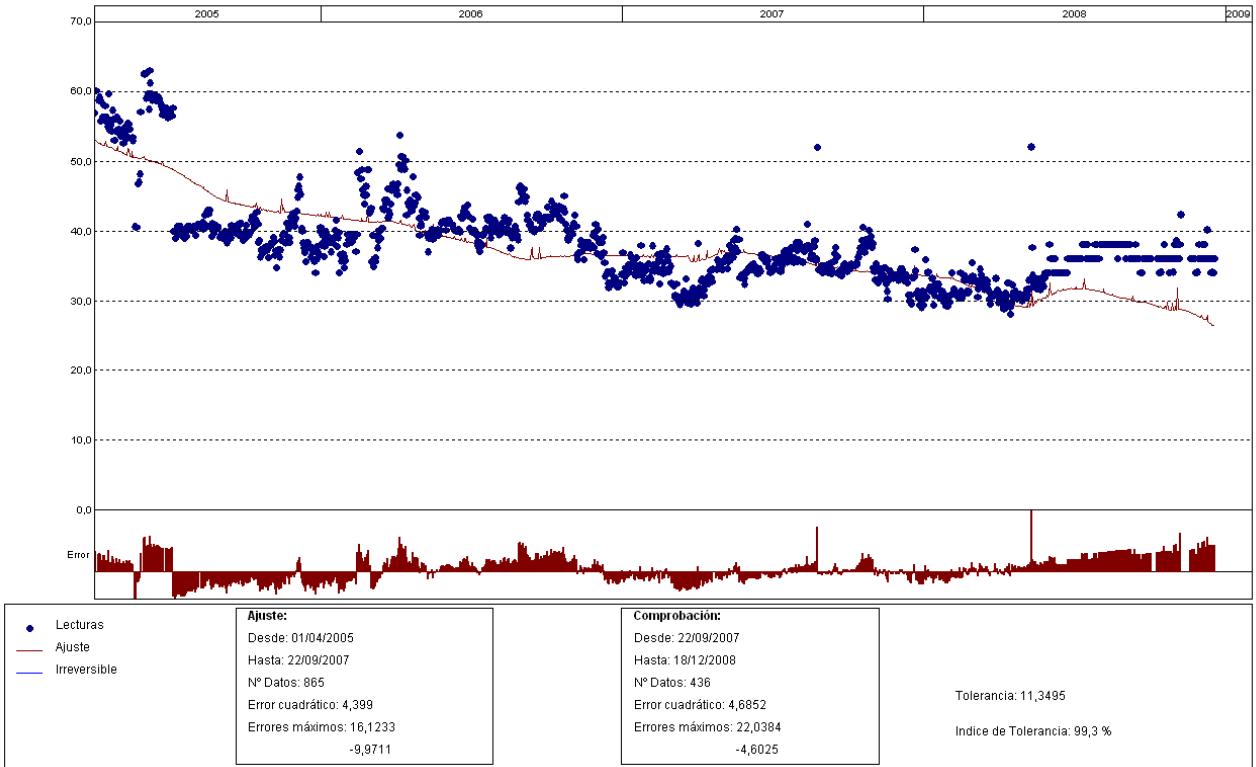


Gráfico. Ajuste estadístico

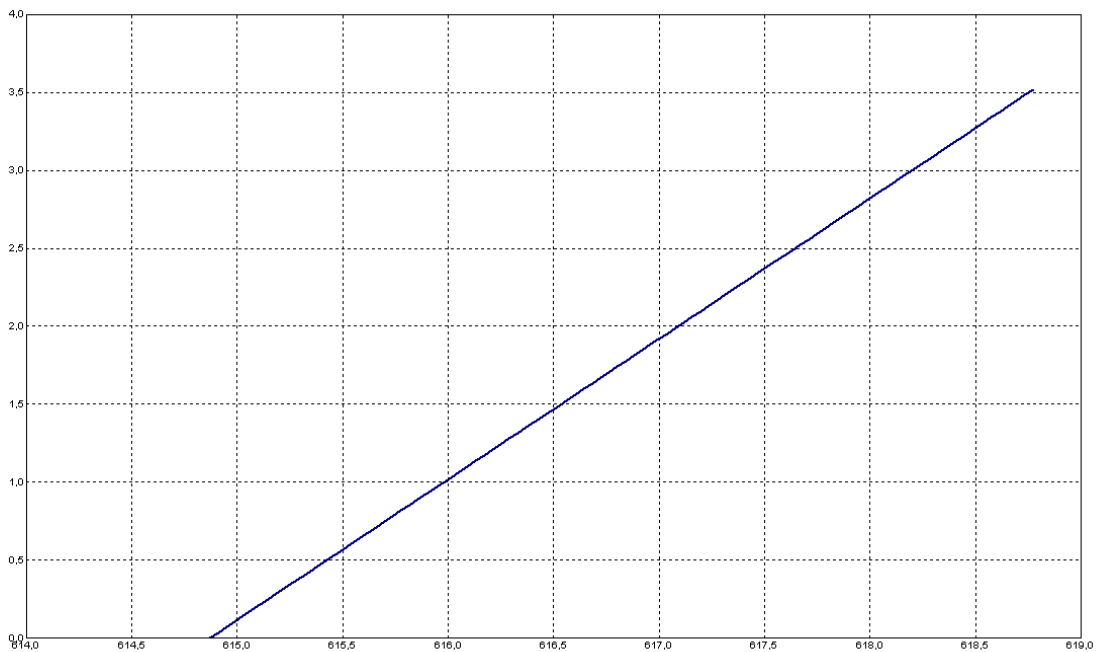


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: AF-544-MI

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-17,40754	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/04/2005 al 22/09/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 865
HC	3,55082	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 4,399027
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 16,12331
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -9,971149
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 11,34949
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/09/2007 al 18/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 436
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 4,68523
LL	5,38585	Error Máximo positivo: 22,03843
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,602491
T. independiente	157,4221	Índice de Tolerancia: 99,31193 %

Tabla. Resumen de resultados

3.1.3 AF-572-MD (Galería Intermedia)

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: AF-572-MD

Unidades

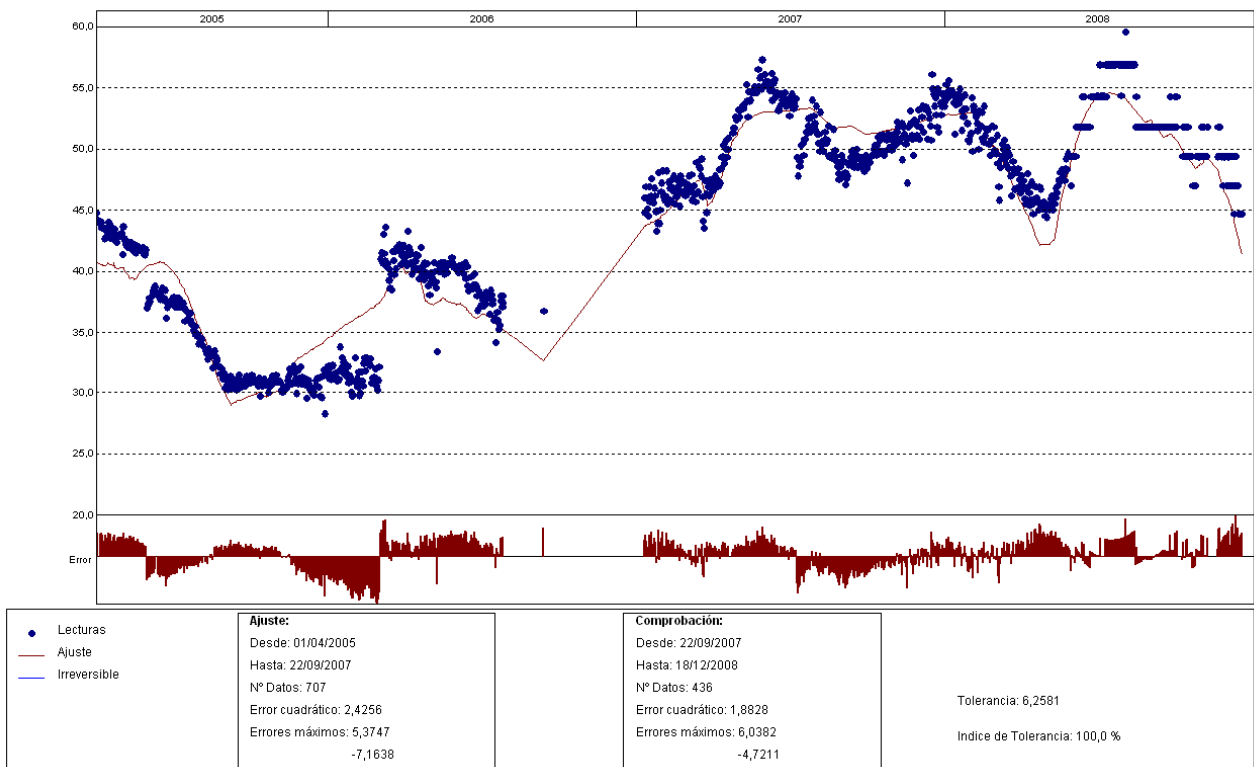
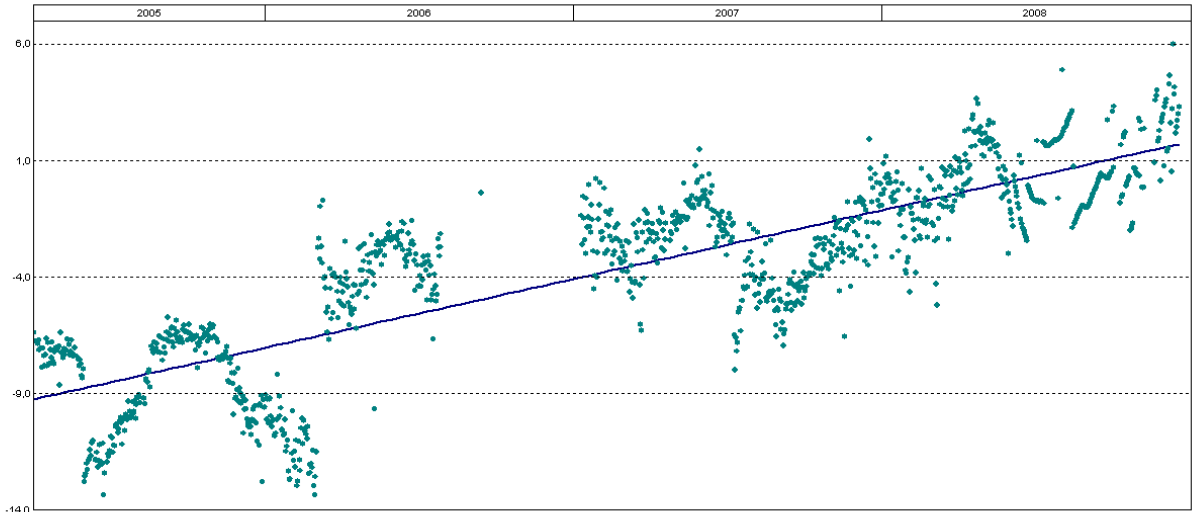


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: AF-572-MD

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // cor = 0,84 // media = -3,6206 // n° datos = 1142 // $y_{99} = 5,5847$ // pendiente media = 2,9482

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo.

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: AF-572-MD

Unidades

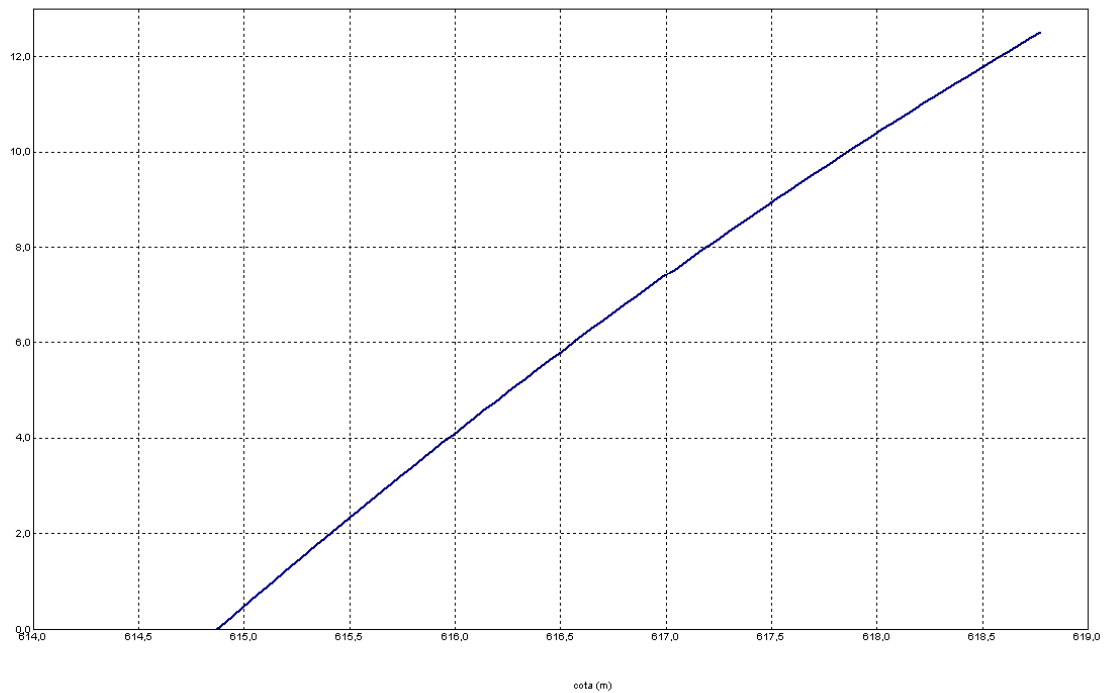


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: AF-572-MD

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	7,37051	01/04/2005 al 22/09/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 707
1-e ^{-tiempo/365}	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	15,03932	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	-2,40323	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 2,414472
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 5,390678
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -7,086506
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 6,229338
cos(2*PT)	0,000	Período de Comprobación
TD-TDC	0,000	22/09/2007 al 18/12/2008
TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 436
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Error cuadrático: 1,887416
sen(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo positivo: 6,053112
cos(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo negativo: -4,65052
LL	6,05679	Índice de Tolerancia: 100 %
LLMM	0,000	
T. independiente	-12,20491	

Tabla. Resumen de resultados

3.1.4 AF-572-MI (Galería Intermedia)

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: AF-572-MI

Unidades

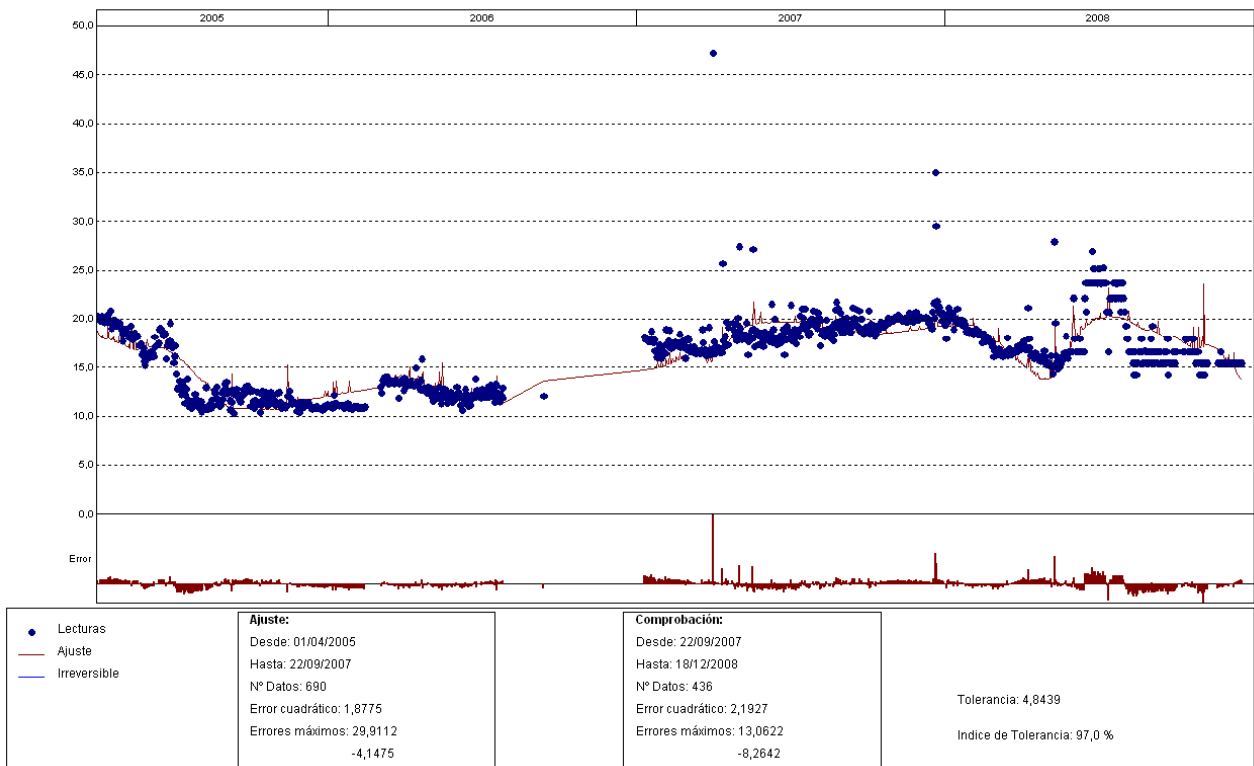


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: AF-572-MI

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	5,65679	01/04/2005 al 22/09/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 690
1-e ^{-(tiempo/365)}	-28,21428	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	6,61277	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,877468
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 29,91119
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,147538
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 4,843869
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	22/09/2007 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 436
sen(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 2,192697
cos(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo positivo: 13,06215
LL	11,404	Error Máximo negativo: -8,26416
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 97,01835 %
T. independiente	0,000	

Tabla. Resumen de resultados

El efecto de la carga hidrostática sobre los aforadores AF-544-MD y AF-572-MI es similar, debido a esto sólo se muestra el gráfico que corresponde al aforador AF-544-MD.

3.2 CONTROL DE SUBPRESIONES MEDIANTE PIEZÓMETROS

Este control se realiza mediante 34 piezómetros de cuerda vibrante en una sección transversal de control por cada uno de los bloques y juntas, desde el bloque 2 al 7.

3.2.1 Piezómetros ubicados en el bloque 2 y junta 2-3

PZ-B2-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B2-1

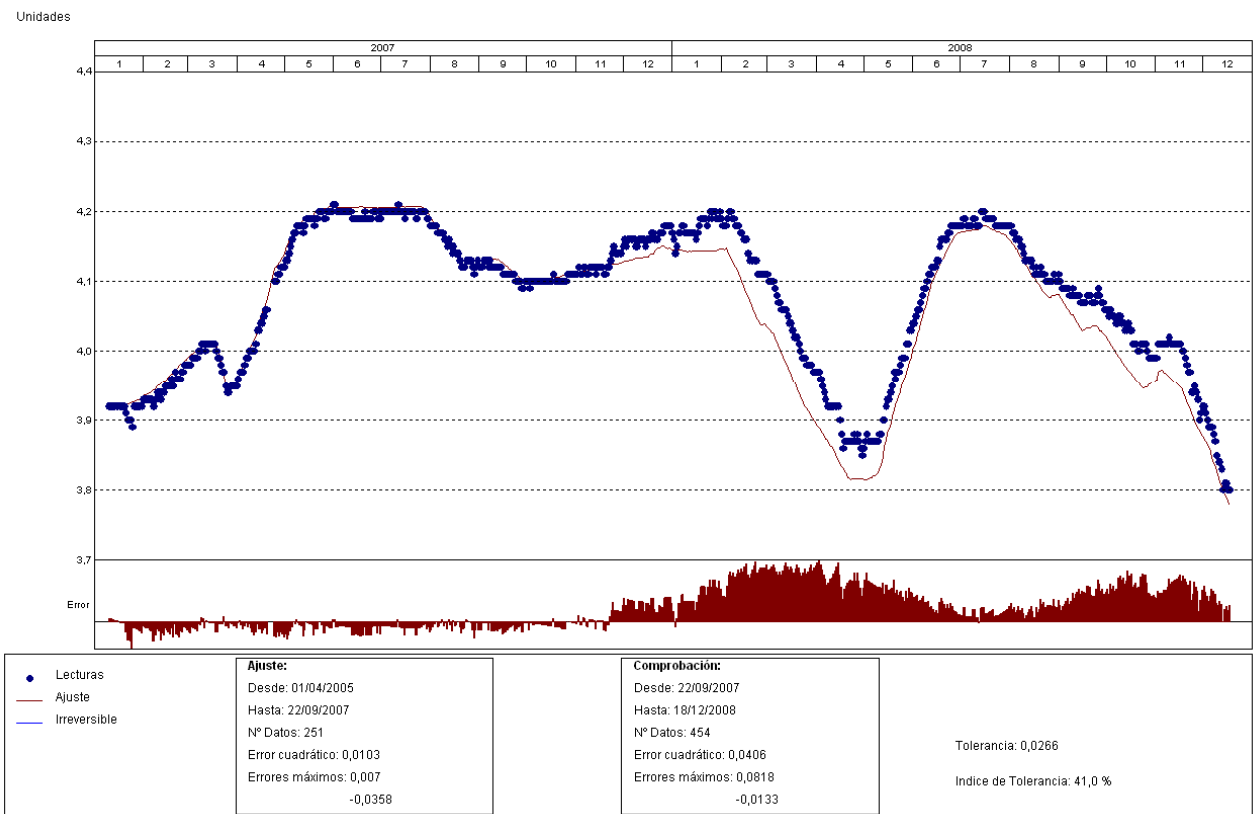


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PZ-B2-1

Unidades

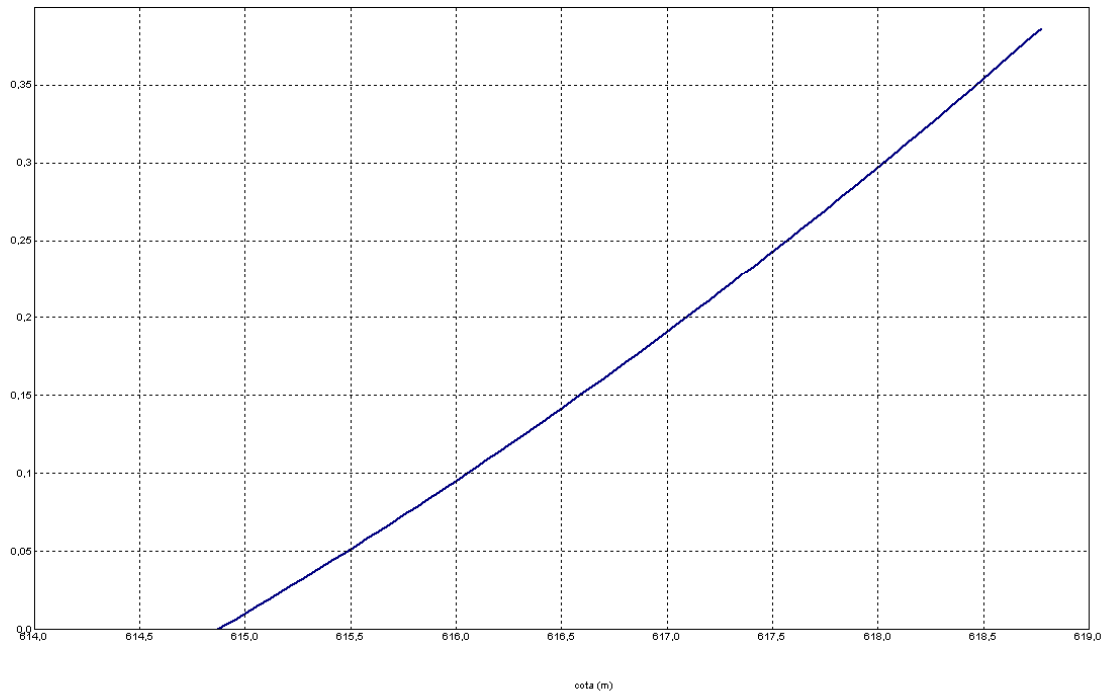


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B2-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,00809	01/04/2005 al 22/09/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 251
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,30885	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,08202	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,032579E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 7,027626E-03
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,581524E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,664055E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	22/09/2007 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 454
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,062381E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 8,183599E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,325989E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 40,96916 %
T. independiente	3,87451	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B2-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B2-2

Unidades

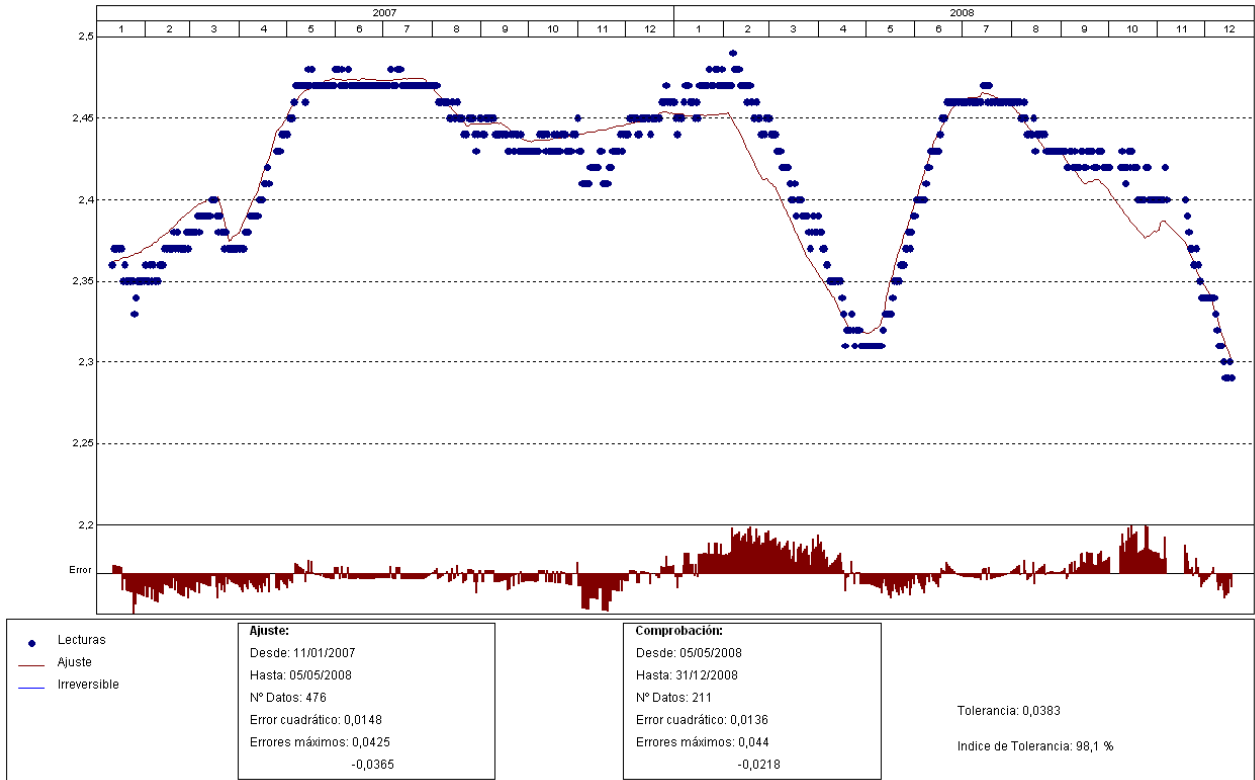


Gráfico. Ajuste estadístico

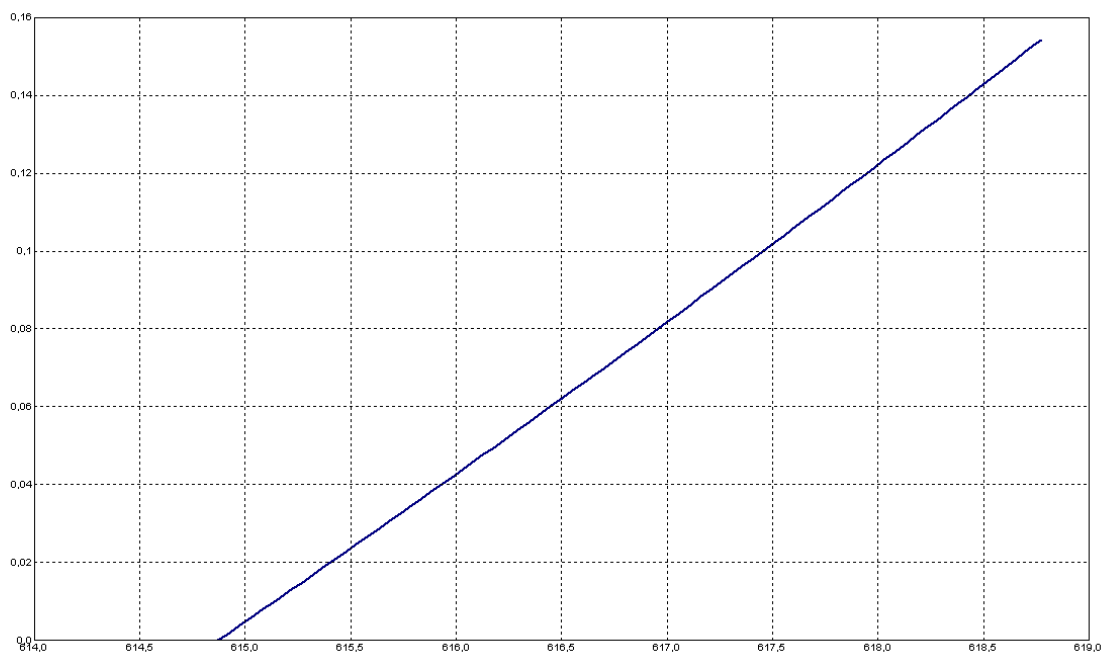


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B2-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 476
HC	0,14606	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,00977	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 1,482608E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 4,245019E-02
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,650641E-02
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,825128E-02
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 211
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,361866E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 4,400134E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -2,175713E-02
T. independiente	2,31841	Índice de Tolerancia: 98,10426 %

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J2/3-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J23-1

Unidades

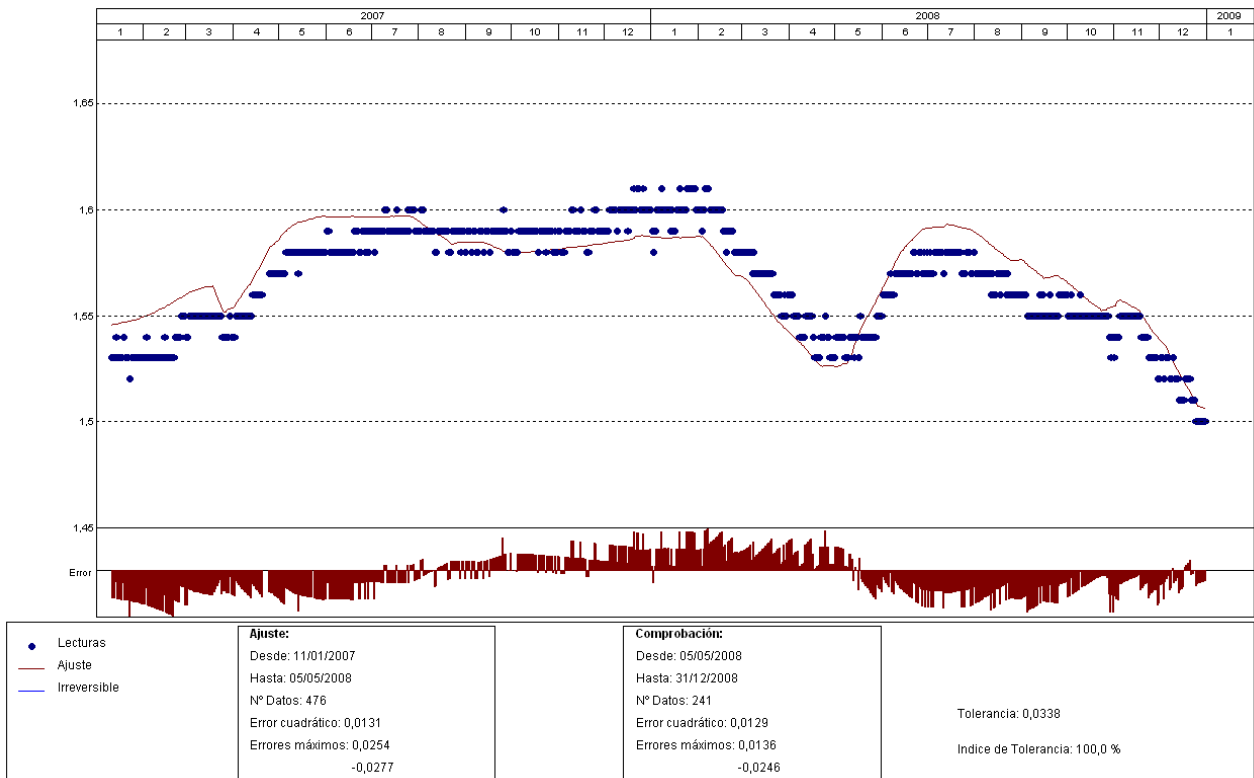


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PZ-J23-1

Unidades

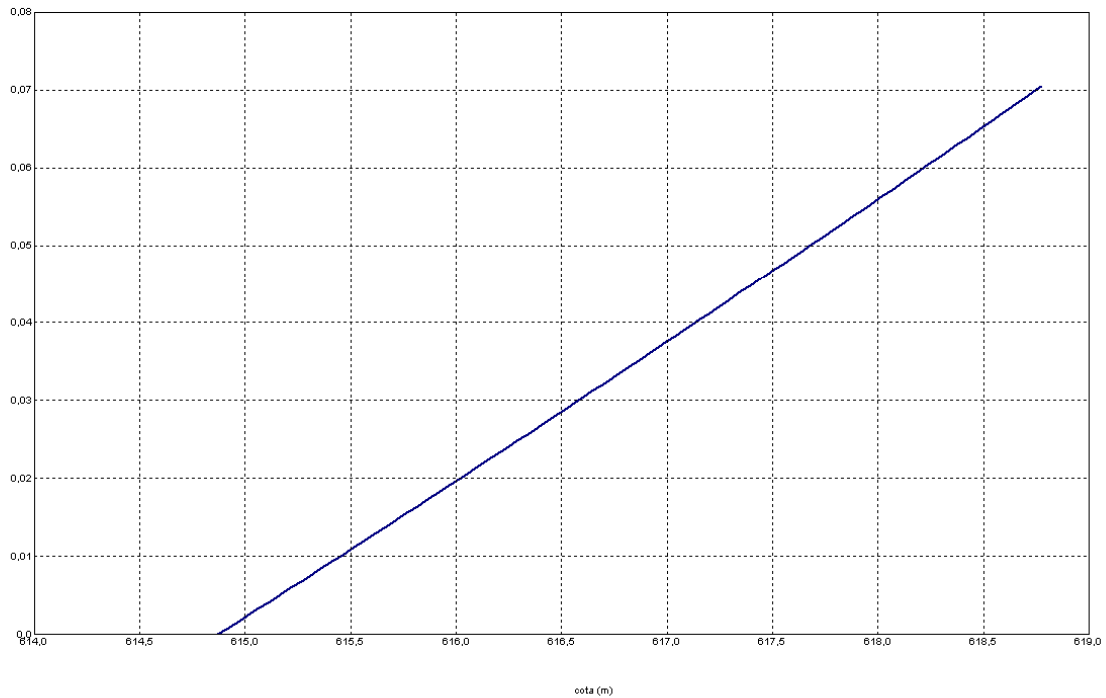


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J23-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 476
HC	0,06757	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,00359	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 1,311506E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,537632E-02
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,768028E-02
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,383685E-02
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 241
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,288887E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,360416E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -2,462995E-02
T. independiente	1,52588	Índice de Tolerancia: 100 %

Tabla. Resumen de resultados

3.2.2 Piezómetros ubicados en el bloque 3 y junta 3-4

PZ-B3-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B3-1

Unidades

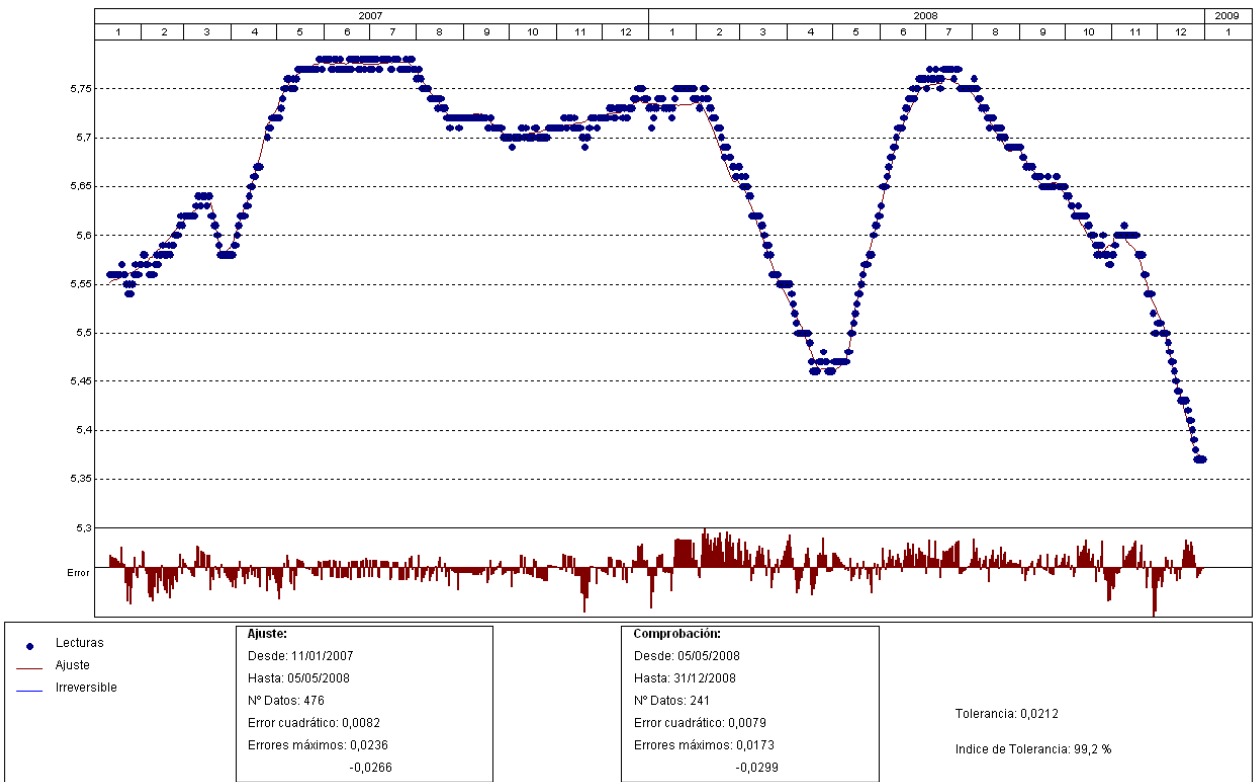


Gráfico. Ajuste estadístico

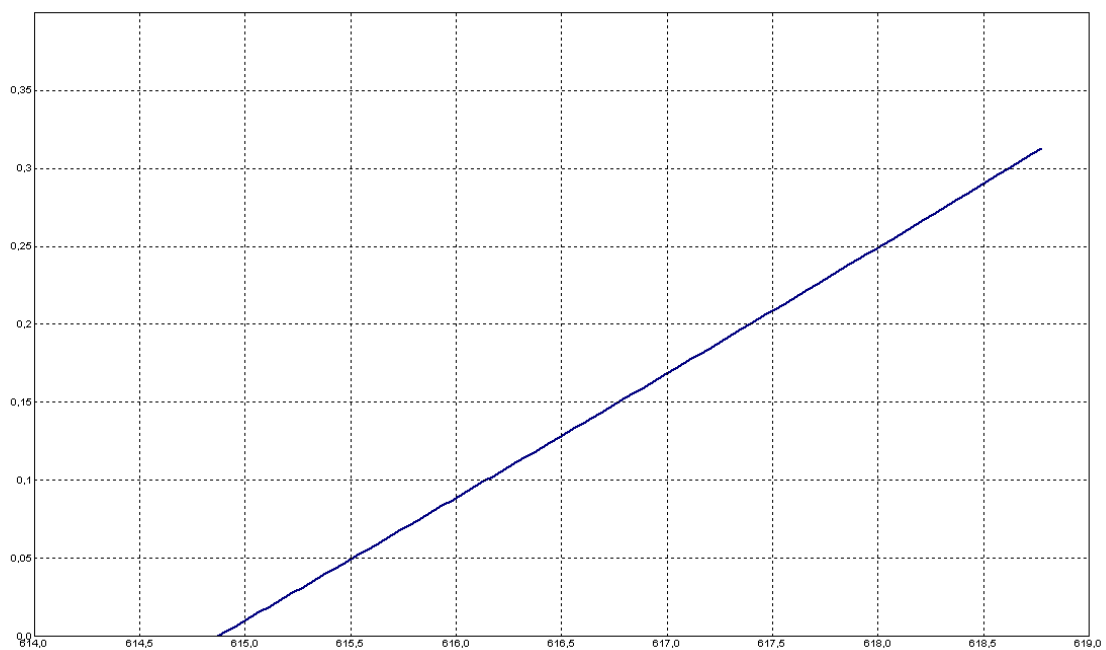


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B3-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 476
HC	0,30731	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,00818	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 8,233302E-03
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,363253E-02
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,659607E-02
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,124192E-02
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 241
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,894784E-03
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,731157E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -2,986336E-02
T. independiente	5,46161	Índice de Tolerancia: 99,17013 %

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B3-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B3-2

Unidades

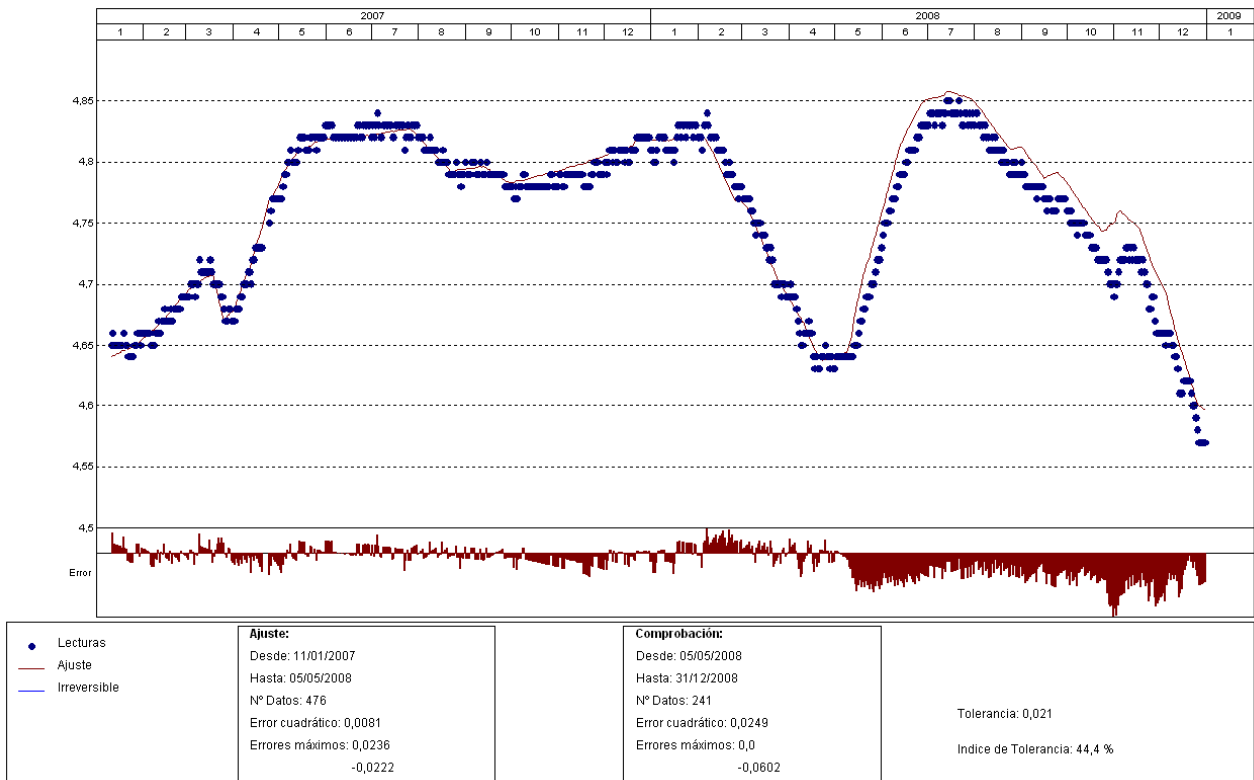


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PZ-B3-2

Unidades

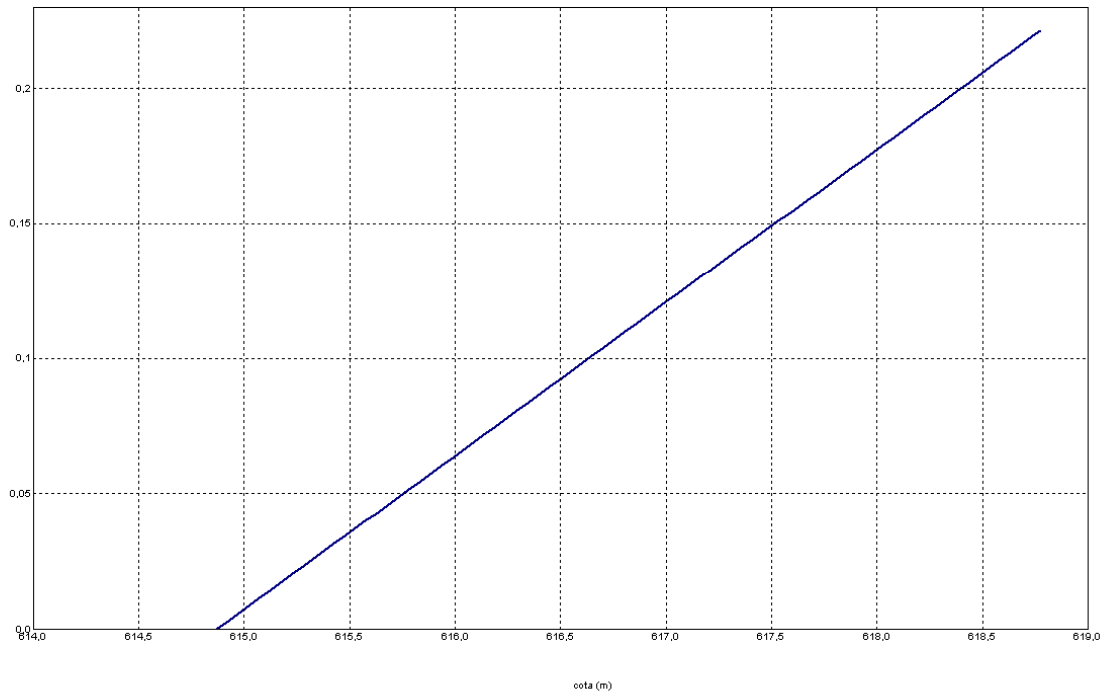


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B3-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,17646	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,22338	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,128435E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,358055E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,220058E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,097136E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,490404E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,33786E-05
LL	0,000	Error Máximo negativo: -6,021452E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 44,39834 %
T. independiente	3,33796	

Tabla. Resumen de resultados

El efecto del nivel de embalse sobre los piezómetros: PZ-B3-2, PZ-B3-4, PZ-B3-5 y PZ-J3/2-2 es similar; por esta razón sólo se presente el Gráfico Efecto de la carga hidrostática sobre piezómetro PZ-B3-2.

PZ-B3-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B3-4

Unidades

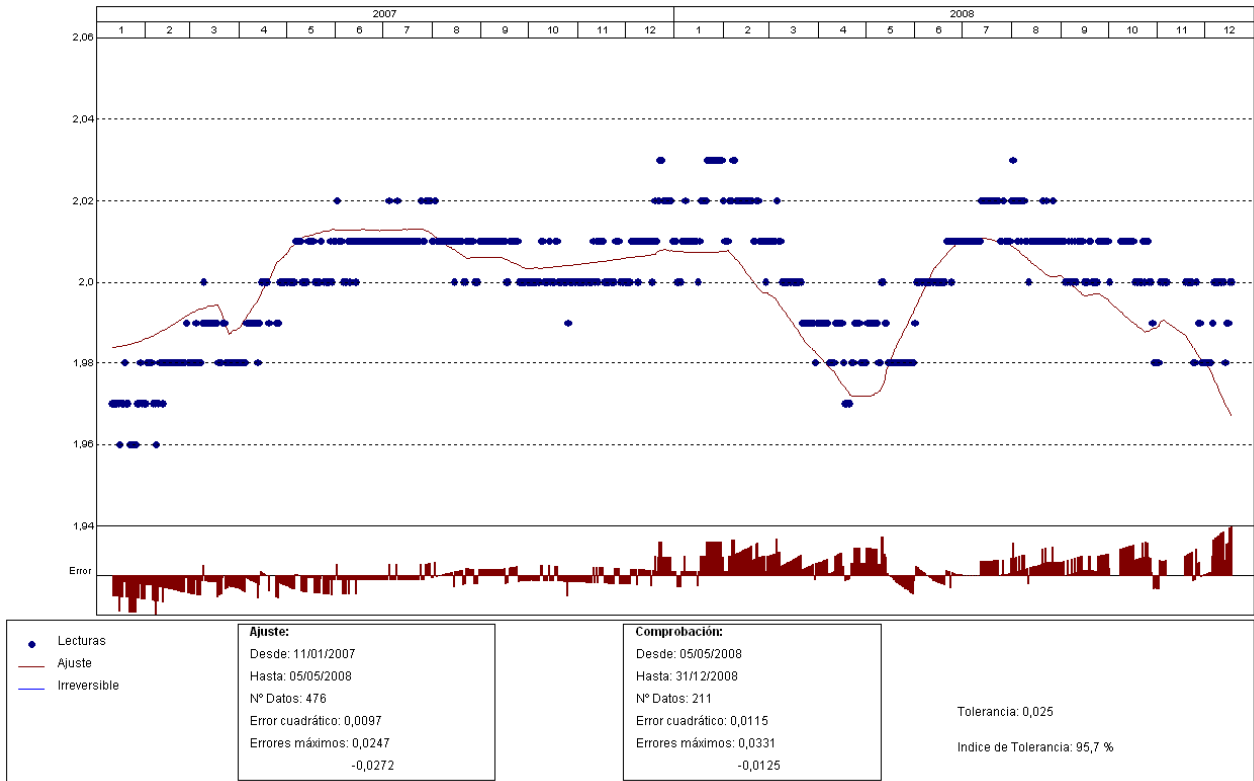


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B3-4

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04118	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 9,702857E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,467287E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,717495E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,503337E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 211
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,151232E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,310192E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,250494E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 95,7346 %
T. independiente	1,97181	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B3-5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B3-5

Unidades

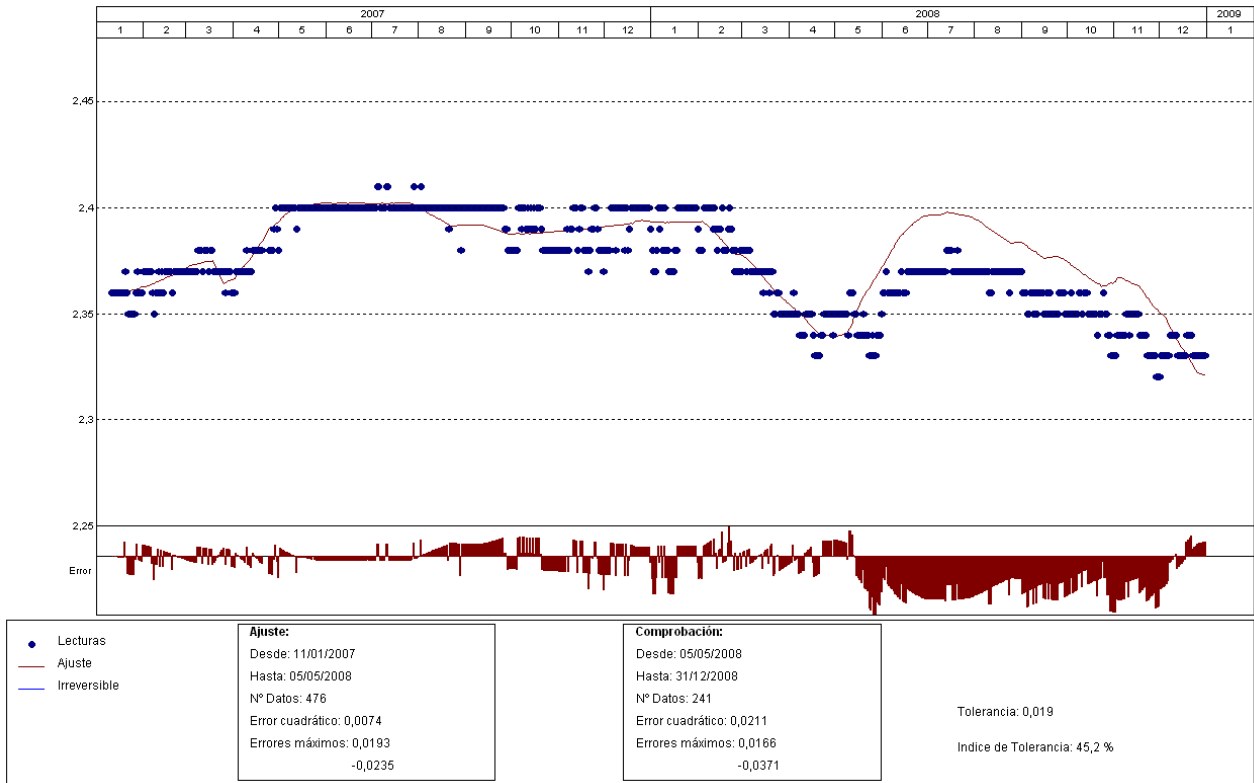


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B3-5

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,00509	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,06156	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,354719E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,929164E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,353454E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,897517E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,112387E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,0165782
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,711581E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 45,22821 %
T. independiente	2,37719	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J3/4-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J34-2

Unidades

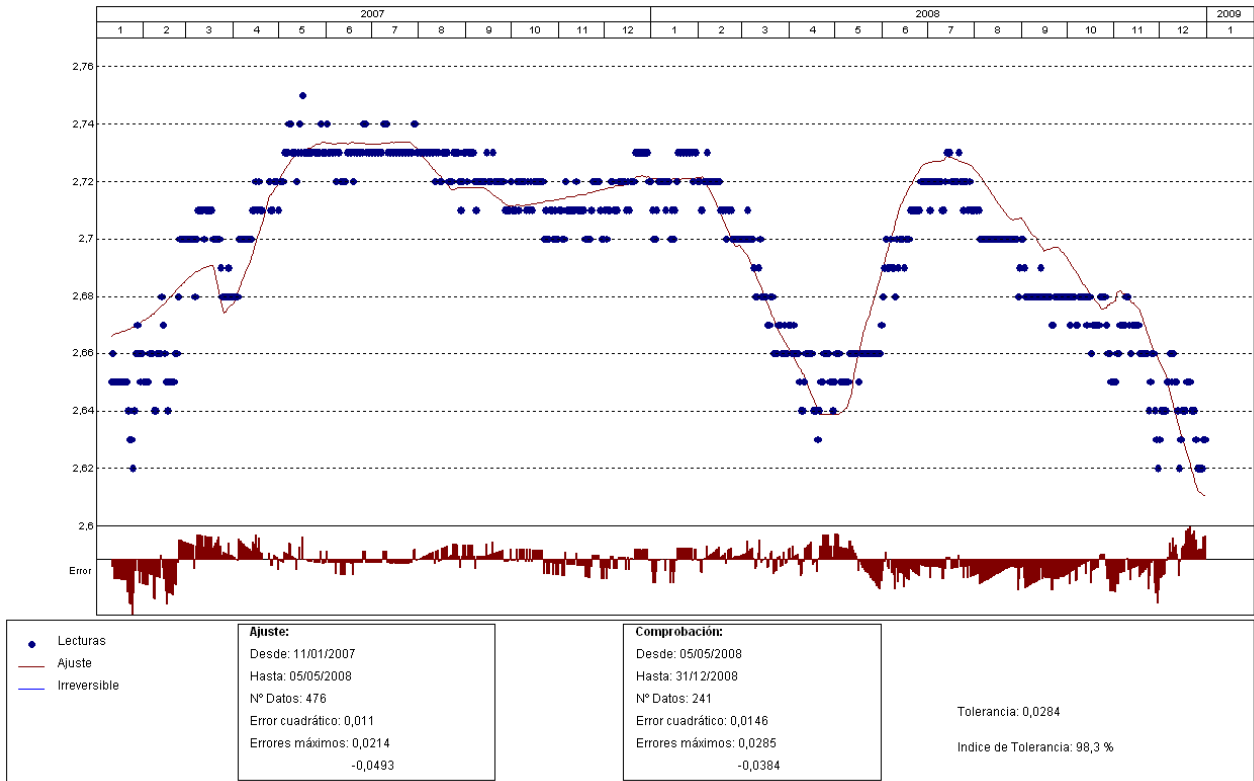


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J34-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,09505	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,102276E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,135229E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,928517E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,843873E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,458729E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,848053E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,842926E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 98,34025 %
T. independiente	2,63865	

Tabla. Resumen de resultados

3.2.3 Piezómetros ubicados en el bloque 4 y junta 4-5

PZ-B4-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-1

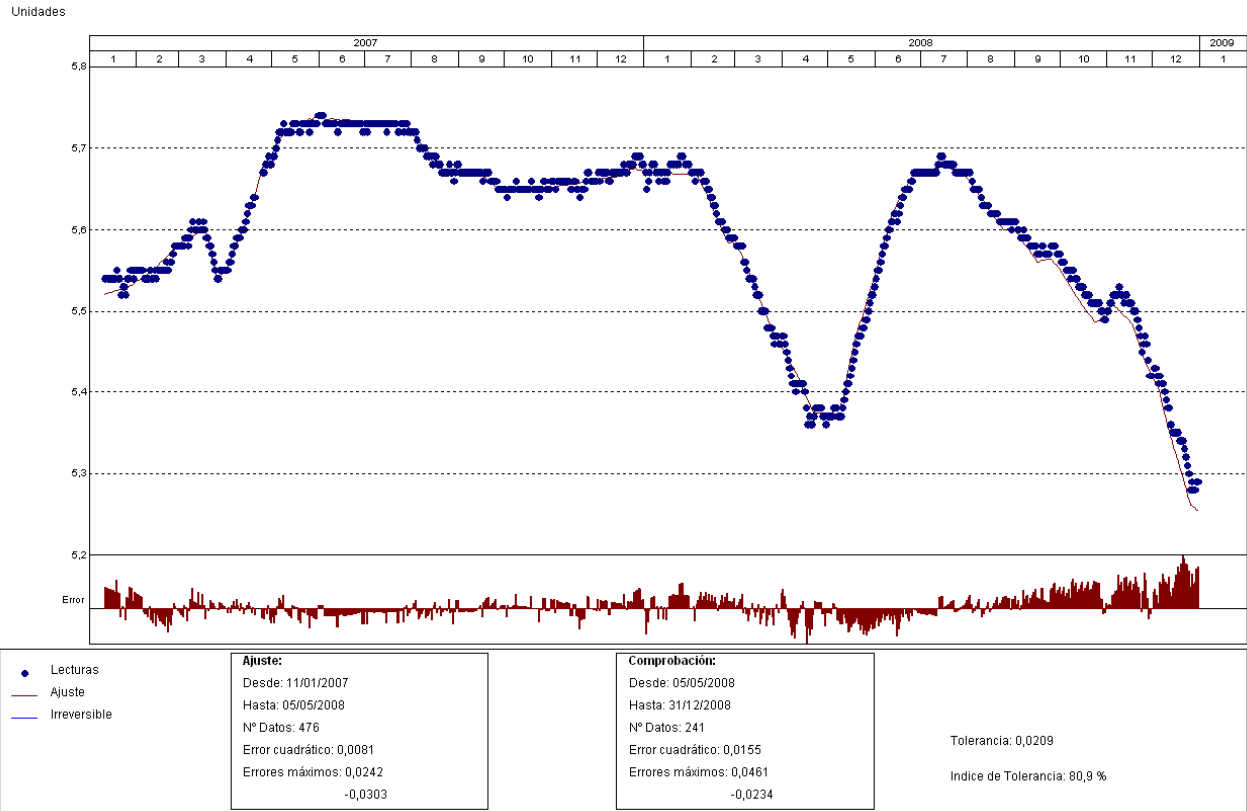


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-1

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-0,05644	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,31759	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	-0,04992	Error cuadrático: 6,303851E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,907635E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,178144E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,626393E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,791085E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 1,785612E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -4,859161E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 65,86826 %
T. independiente	5,43384	

Tabla. Resumen de resultados

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PZ-B4-1

Unidades

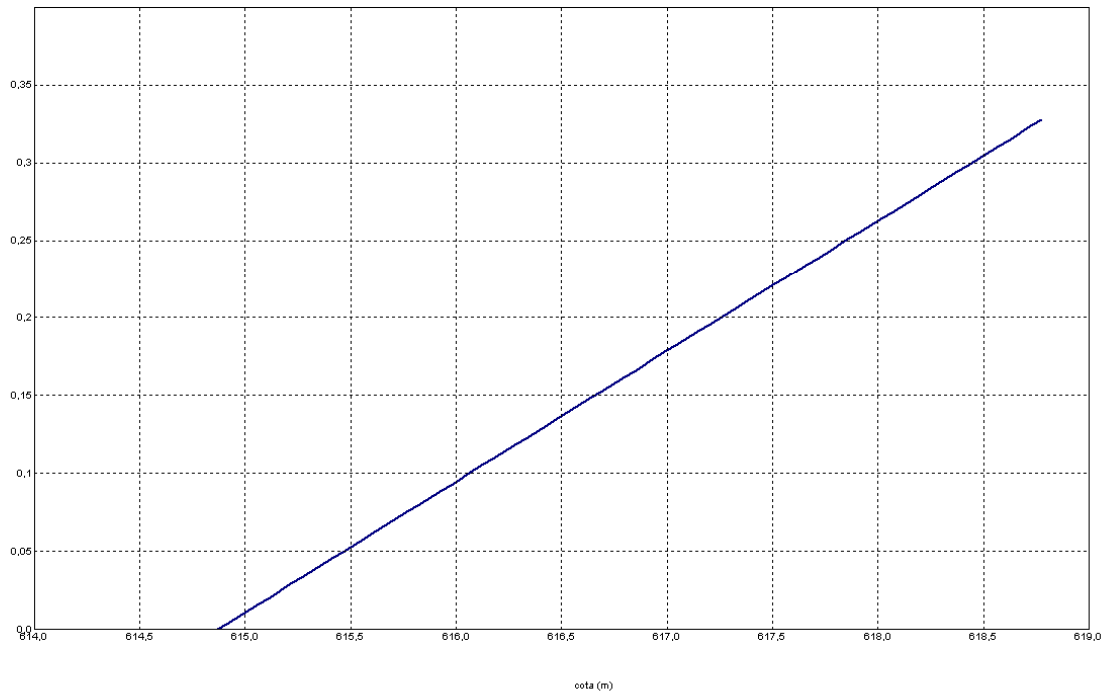


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PZ-B4-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-2

Unidades

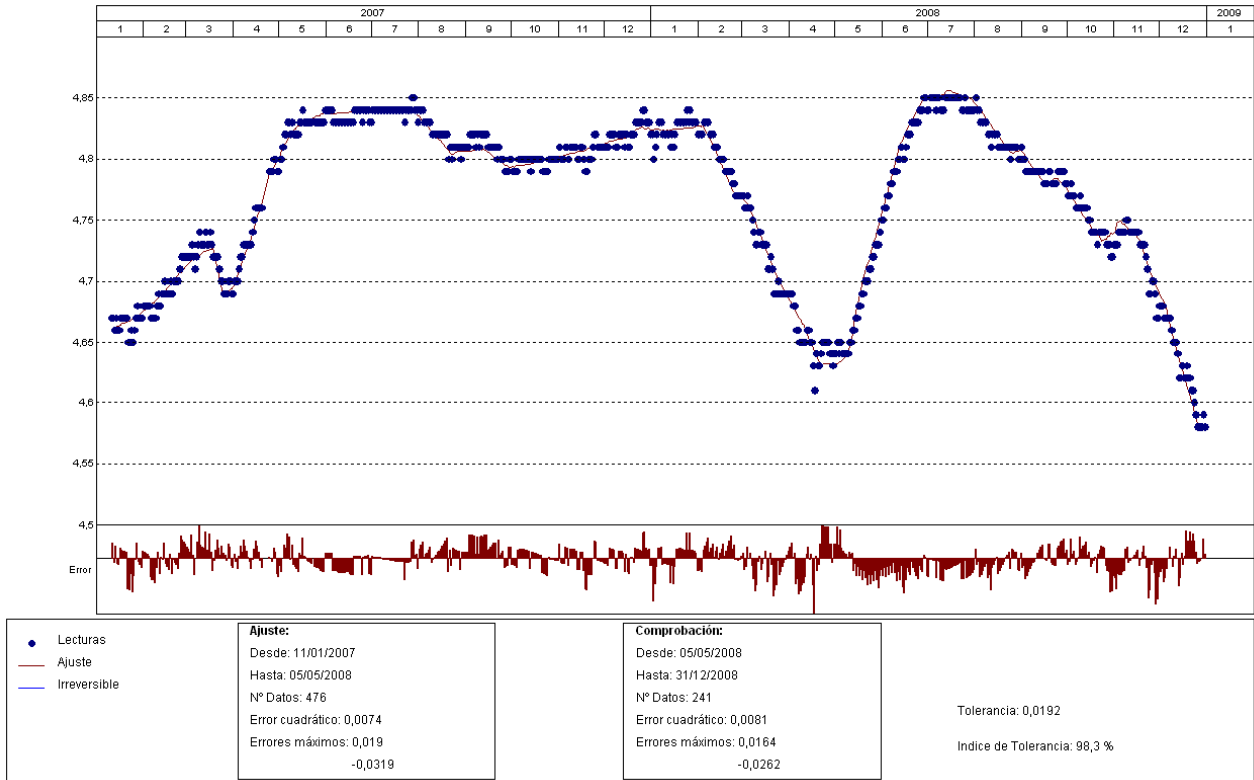


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,10735	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,23154	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,447436E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,895618E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,186798E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,921439E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,067707E-03
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 1,637602E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -2,621508E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 98,34025 %
T. independiente	3,84078	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B4-3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-3

Unidades

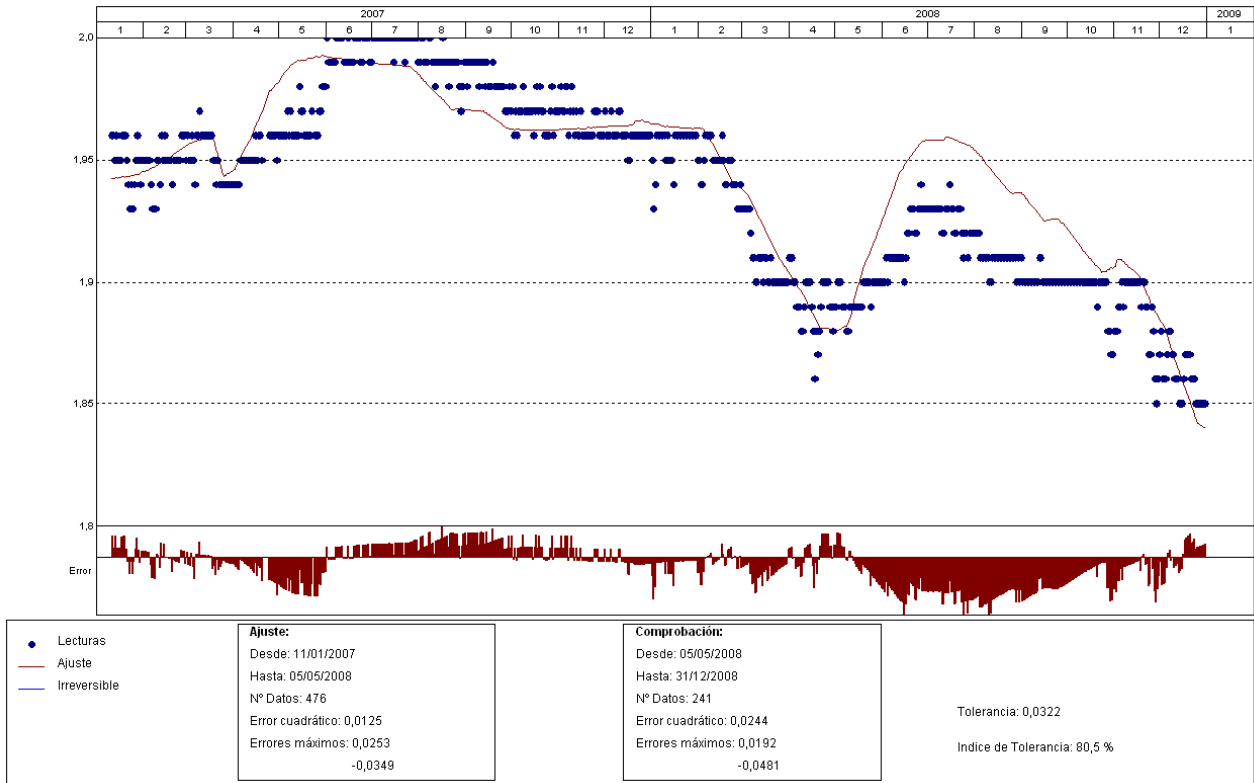


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,10072	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,08803	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,246884E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,530944E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,485811E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,216962E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,444744E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 1,919043E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -4,806316E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 80,49792 %
T. independiente	2,6225	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B4-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-4

Unidades

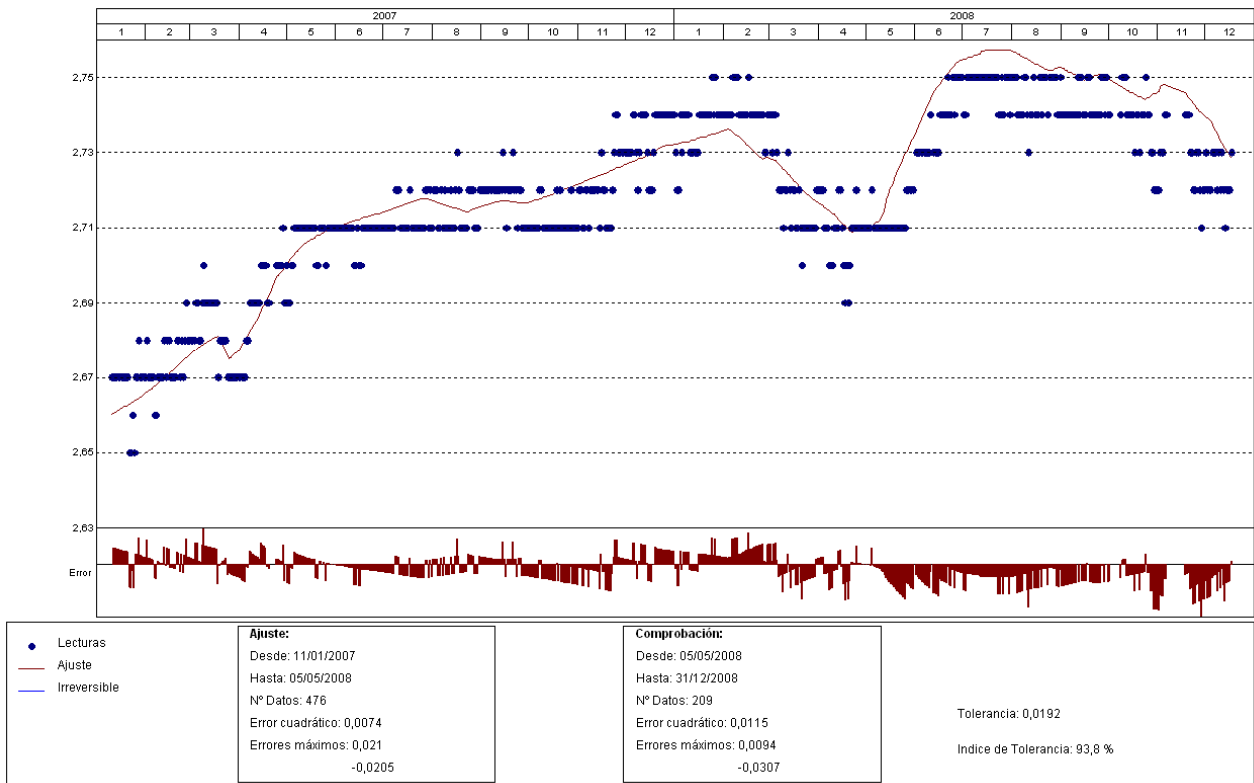


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-4

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,17223	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04144	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,433305E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,098489E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,045298E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,917793E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 209
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,148386E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 9,373903E-03
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,0306859
T. independiente	1,44115	Índice de Tolerancia: 93,77991 %

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B4-5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-5

Unidades

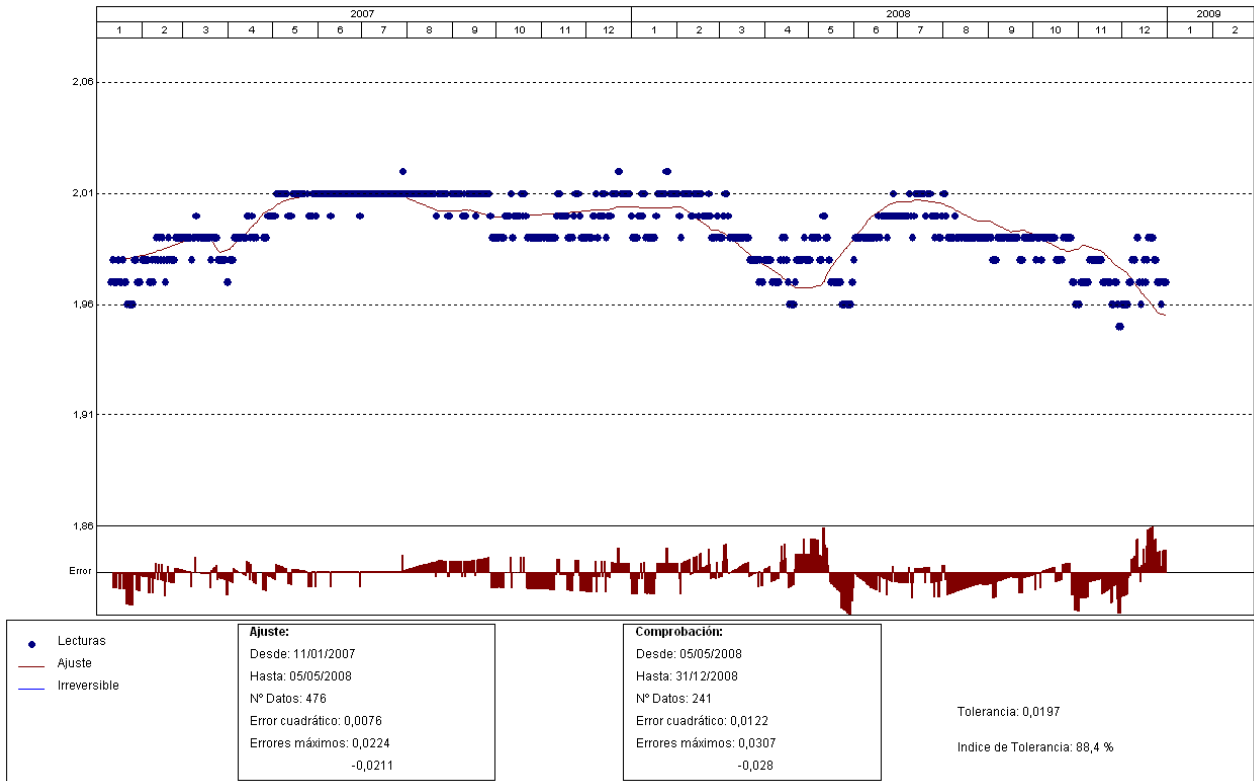


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-5

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04161	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,648743E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,237463E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,0211426
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,973376E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,216276E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,0307169
LL	0,000	Error Máximo negativo: -2,800632E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 88,38174 %
T. independiente	1,96763	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B4-6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B4-6

Unidades

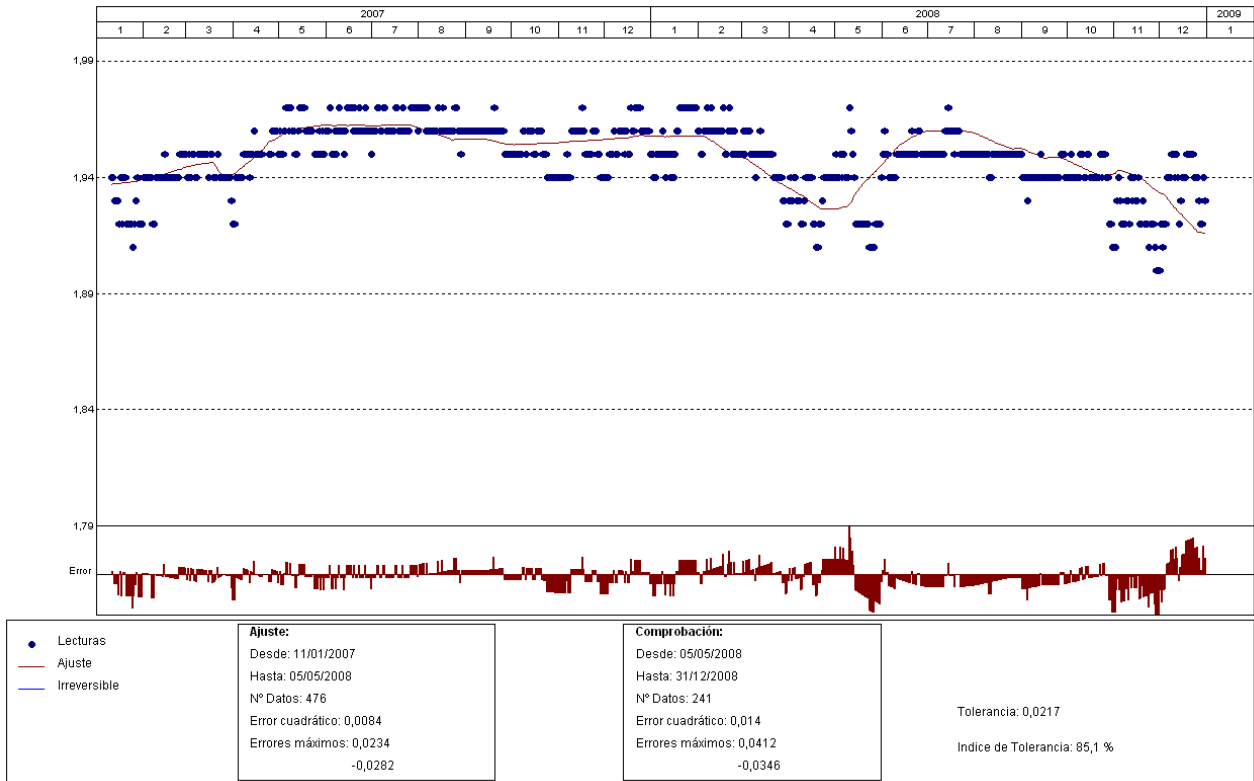


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B4-6

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,0359	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,41617E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,336001E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,821338E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,171372E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,404583E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 4,117298E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,456807E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 85,06224 %
T. independiente	1,92664	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J4/5-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J45-1

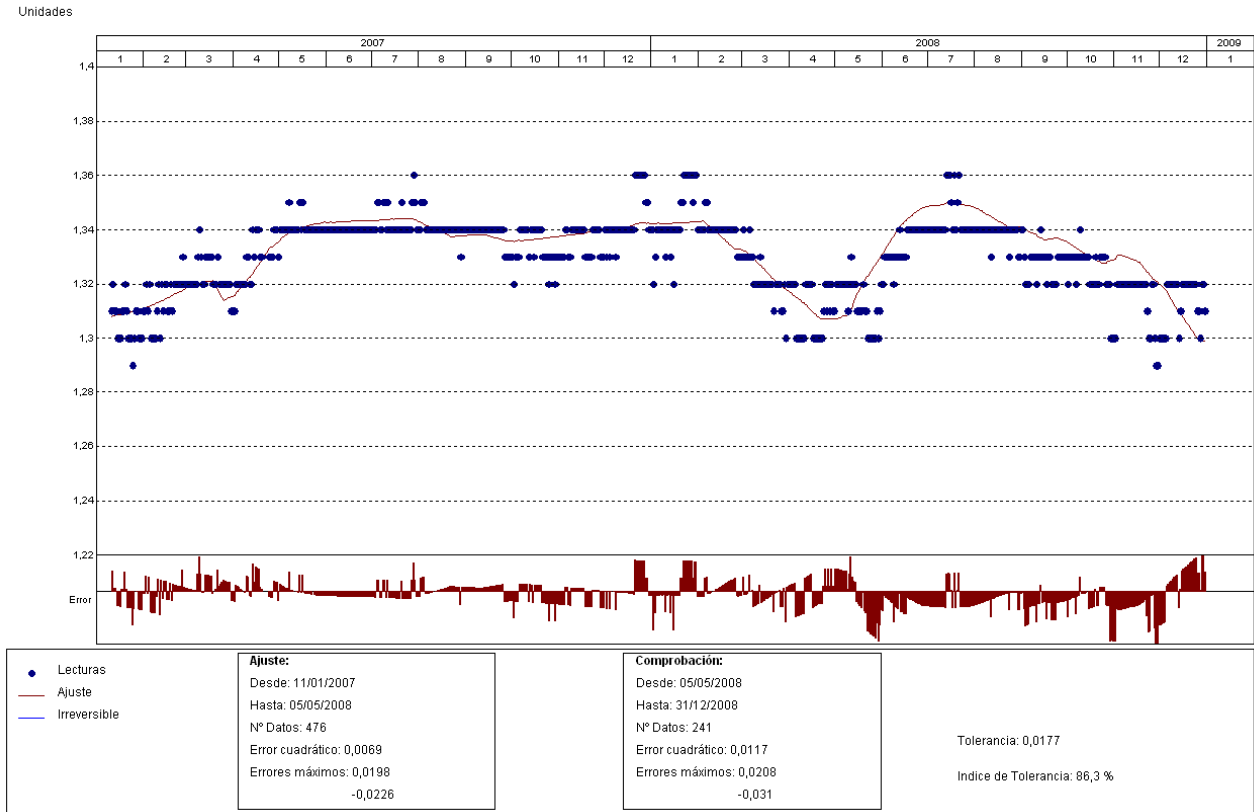


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J45-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,03295	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,0434	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 6,86055E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,980174E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,0225637
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,770022E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,169717E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,078259E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,101373E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 86,30705 %
T. independiente	1,06455	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J4/5-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J45-2

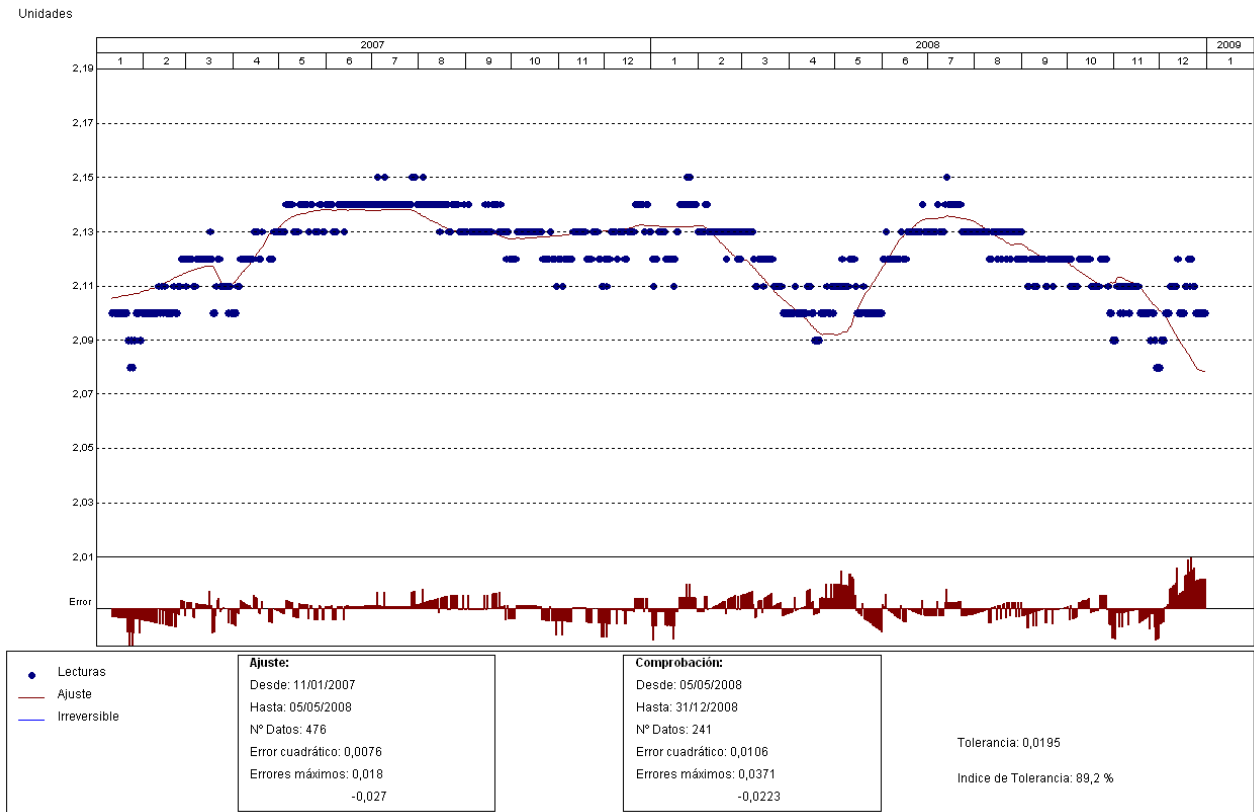


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J45-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-(tiempo/365))	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04608	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,561447E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,796293E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,700734E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,950853E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,0105997
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,708673E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -2,232862E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 89,21162 %
T. independiente	2,09215	

Tabla. Resumen de resultados

El efecto del nivel de embalse sobre los piezómetros: PZ-B4-1, PZ-B4-2, PZ-B4-3, PZ-B4-4, PZ-B4-5, PZ-J4/5-1 y PZ-J4/5-2 es similar; por esta razón sólo se presente el Gráfico Efecto de la carga hidrostática sobre piezómetro PZ-B3-2.

3.2.4 Piezómetros ubicados en el bloque 5 y junta 5-6

PZ-B5-1

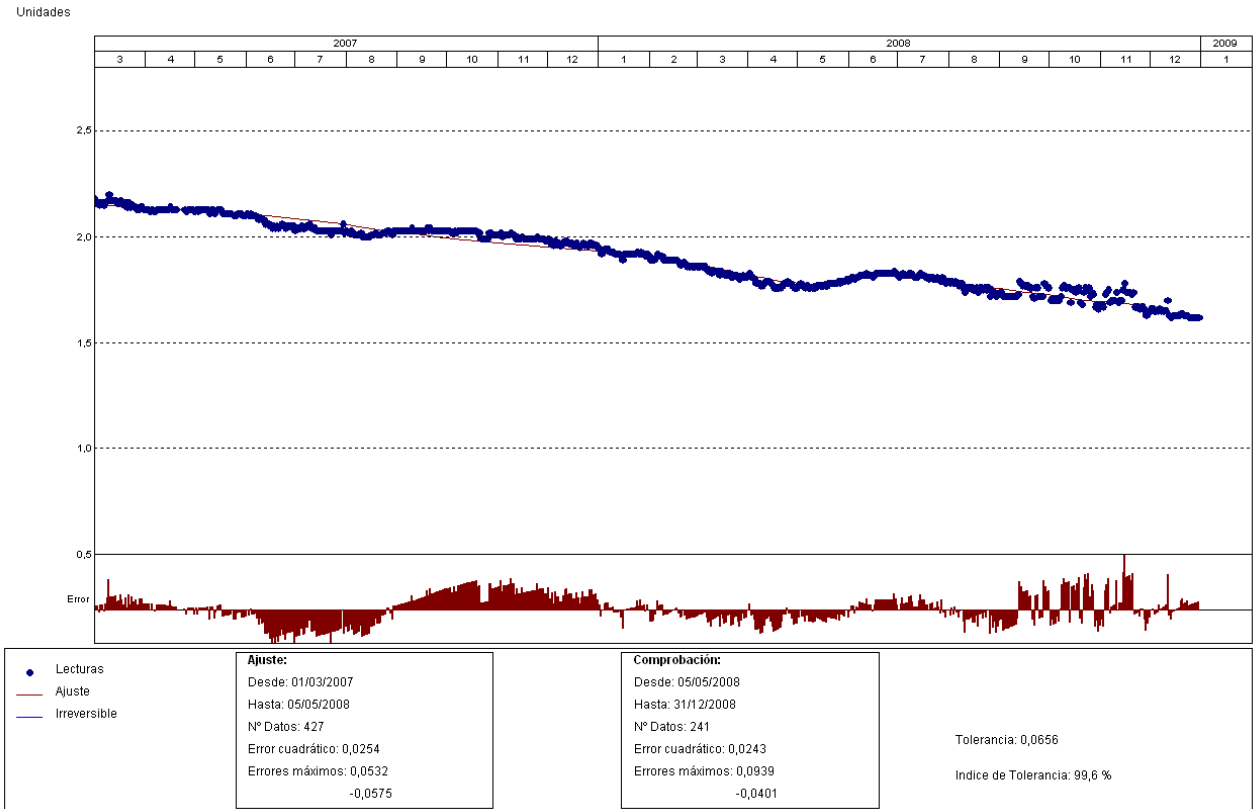


Gráfico. Ajuste estadístico

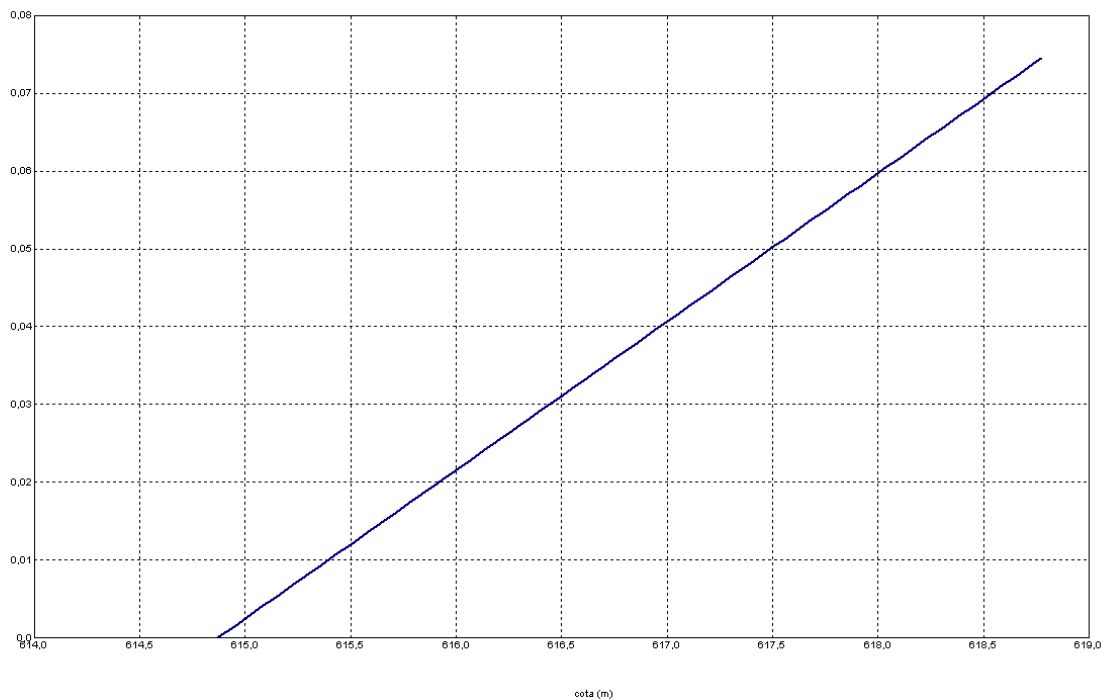


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-1

Función de Ajuste	Coefficiente
Ln(tiempo)	-1,06546
1-1/Ln(tiempo)	0,000
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000
HC	0,07518
HC ²	0,000
HC ³	0,000
(HC-HCA)*HC ²	0,000
sen(PT)	0,000
cos(PT)	0,000
sen(2*PT)	0,000
cos(2*PT)	0,000
TD-TDC	0,000
TMM-TMMC	0,000
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000
sen(PT)*HC ²	0,000
cos(PT)*HC ²	0,000
LL	0,000
LLMM	0,000
T. independiente	9,63099

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Período de Ajuste

01/03/2007 al 05/05/2008

Nº de datos: 427

Nivel embalse mínimo: 614,87

Nivel embalse máximo: 618,81

Tiempo de media móvil (días): 30

Tiempo de efecto diferido (días): 3

Error cuadrático: 2,542947E-02

Error Máximo positivo: 0,0532074

Error Máximo negativo: -5,752587E-02

Tolerancia: 6,560803E-02

Período de Comprobación

05/05/2008 al 31/12/2008

Nº de datos: 241

Error cuadrático: 2,427043E-02

Error Máximo positivo: 9,393716E-02

Error Máximo negativo: -4,013658E-02

Indice de Tolerancia: 99,58506 %

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B5-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B5-2

Unidades

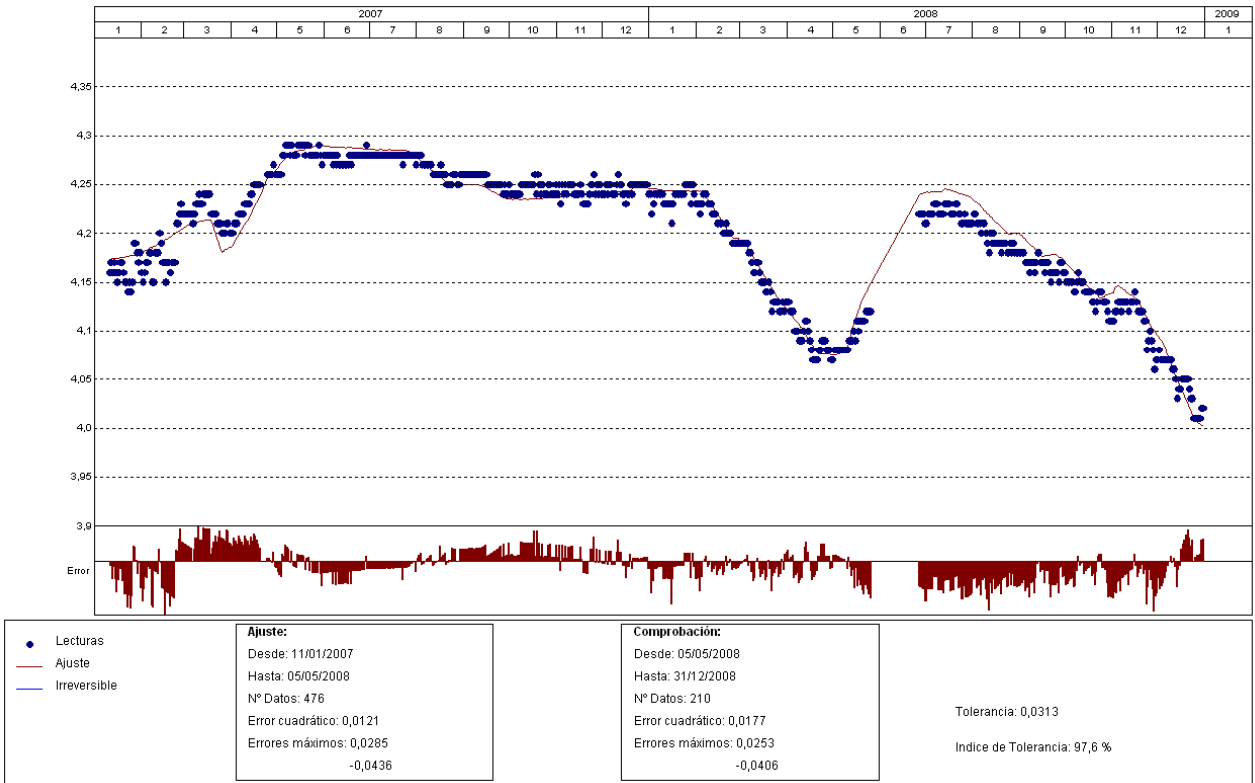


Gráfico. Ajuste estadístico

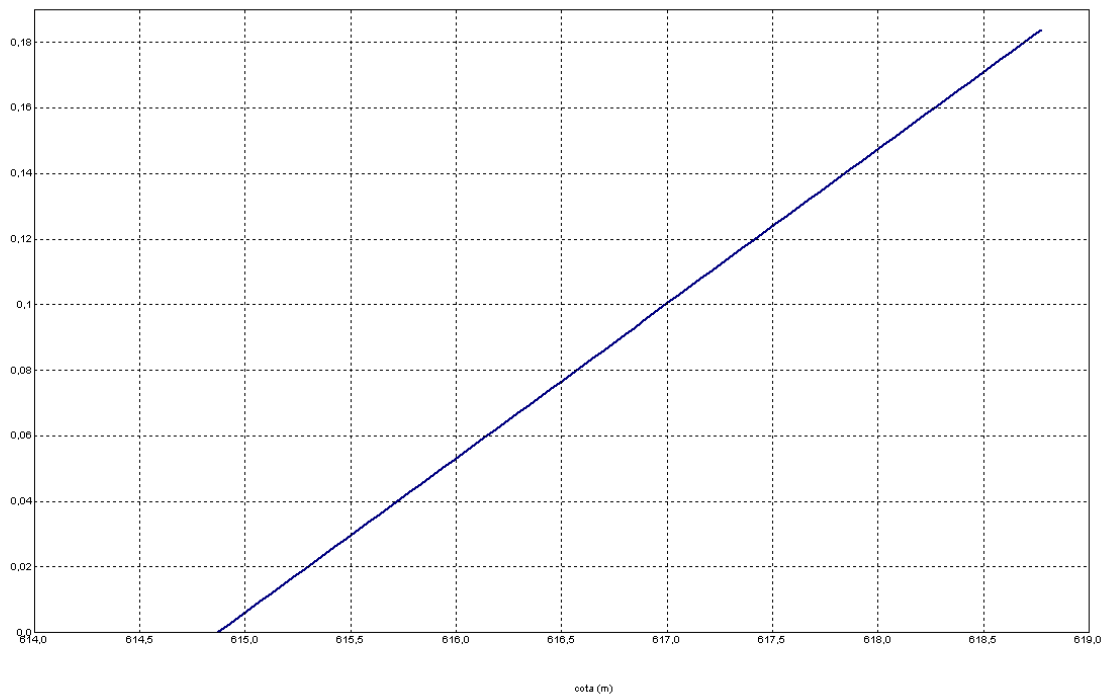


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,12289	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,18553	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,211844E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,845955E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,363489E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,126556E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 210
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,769515E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,533531E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -4,056549E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 97,61905 %
T. independiente	4,98033	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B5-3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B5-3

Unidades

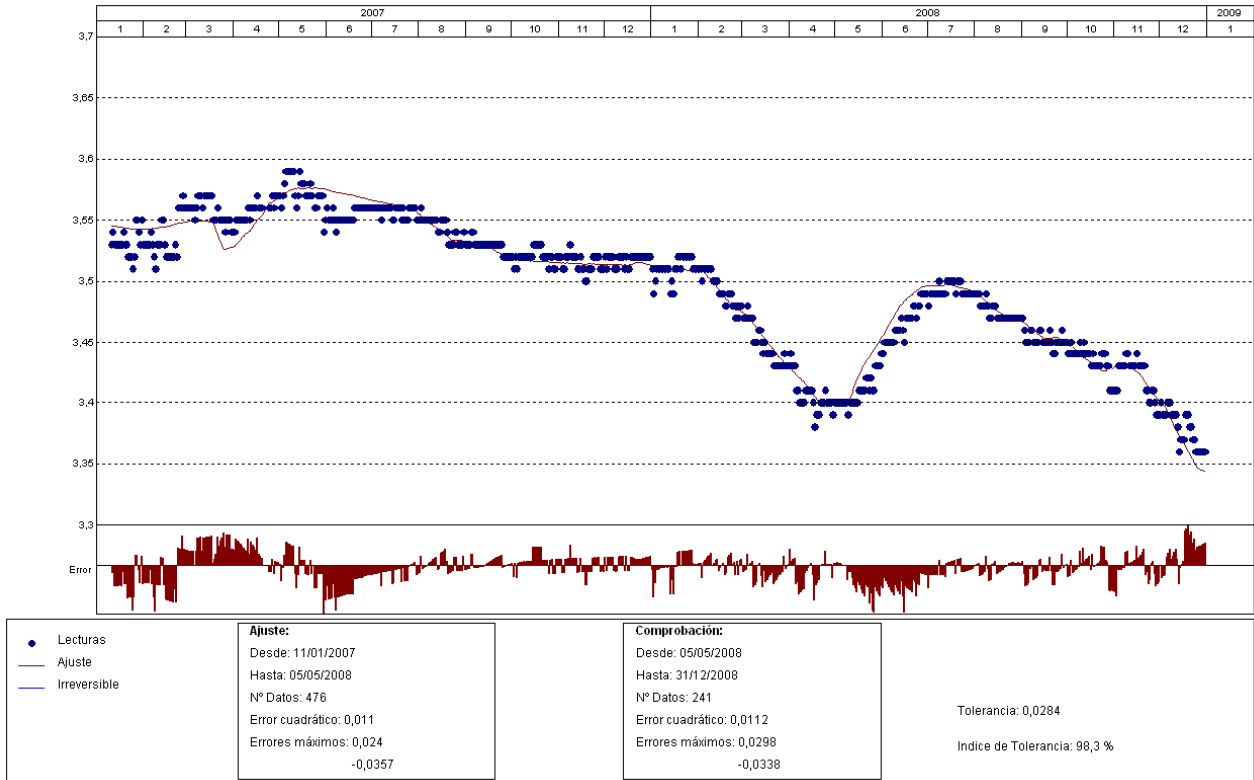


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	-3,24165	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,11335	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,101666E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,0239687
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,565359E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,842299E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,124119E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,979803E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,0337913
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 98,34025 %
T. independiente	6,59724	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B5-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B5-4

Unidades

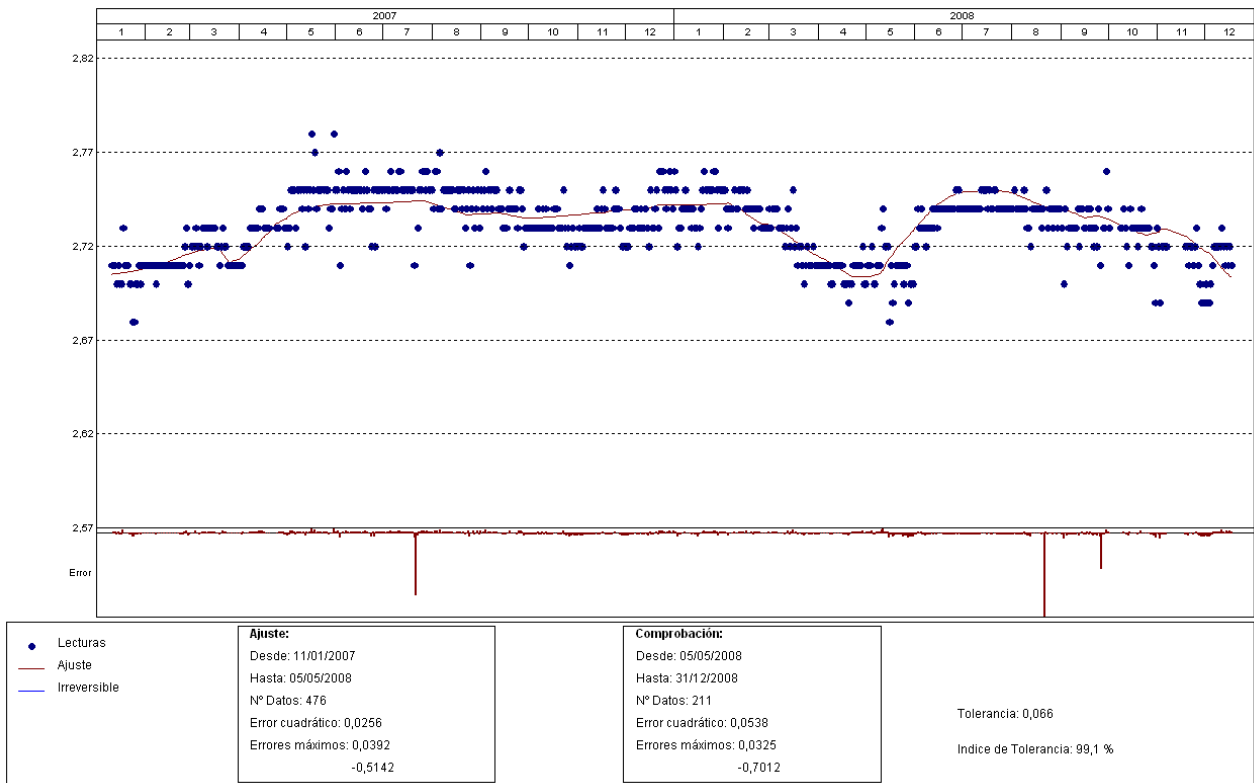


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-4

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,03513	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04703	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,558062E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 3,915381E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,514231
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,065998
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 211
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 5,380879E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,249764E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,7011921
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 99,05213 %
T. independiente	2,4454	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B5-5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B5-5

Unidades

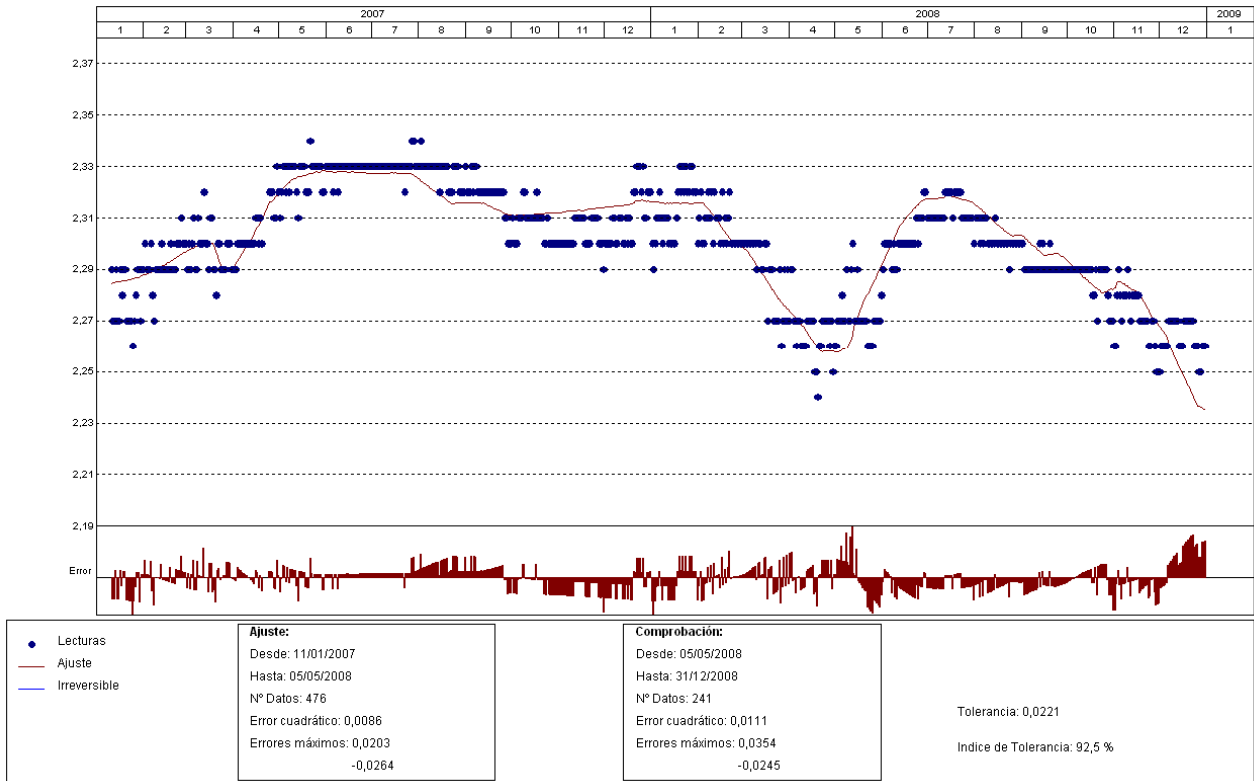


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-5

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,02172	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,06531	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,554492E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,027893E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,635789E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,207059E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,112261E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,540039E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -2,448201E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 92,53112 %
T. independiente	2,41783	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B5-6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B5-6

Unidades

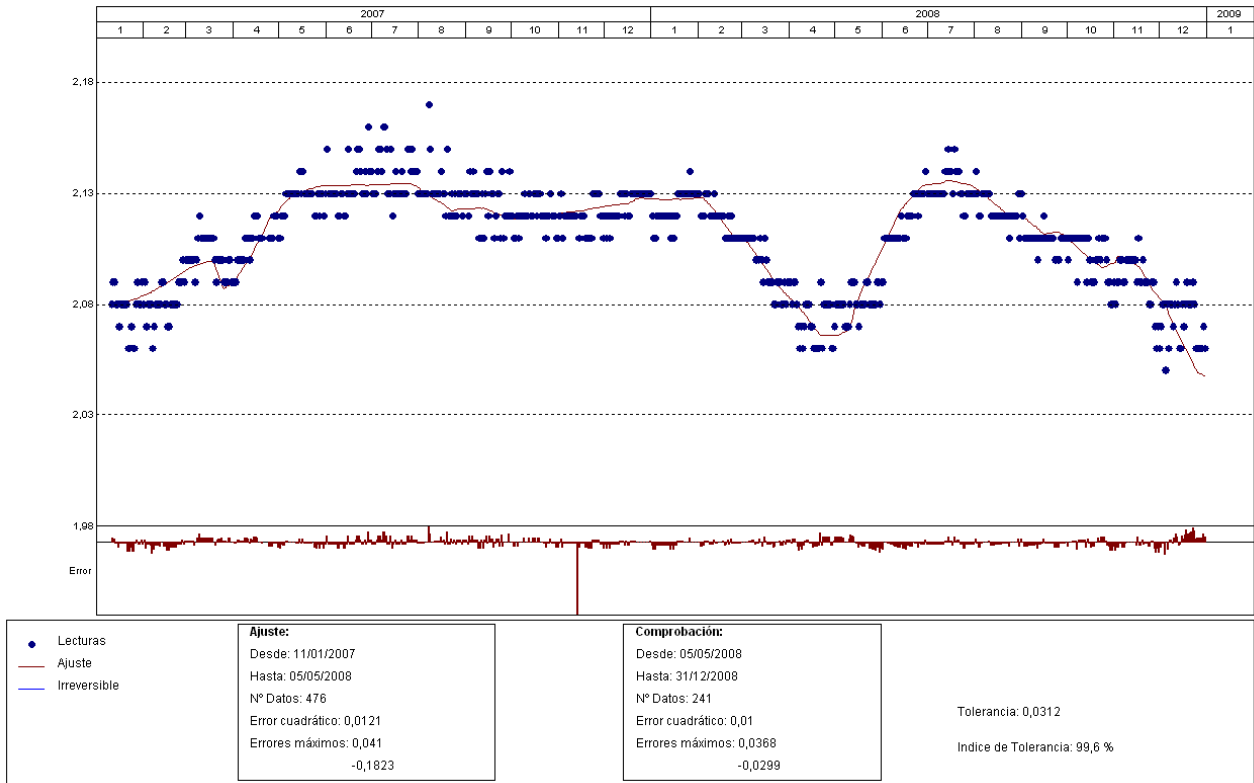


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B5-6

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,02126	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,07263	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,208202E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 4,095292E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,1822803
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,117161E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,004177E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,683138E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -2,986908E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 99,58506 %
T. independiente	1,90944	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J5/6-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J56-1

Unidades

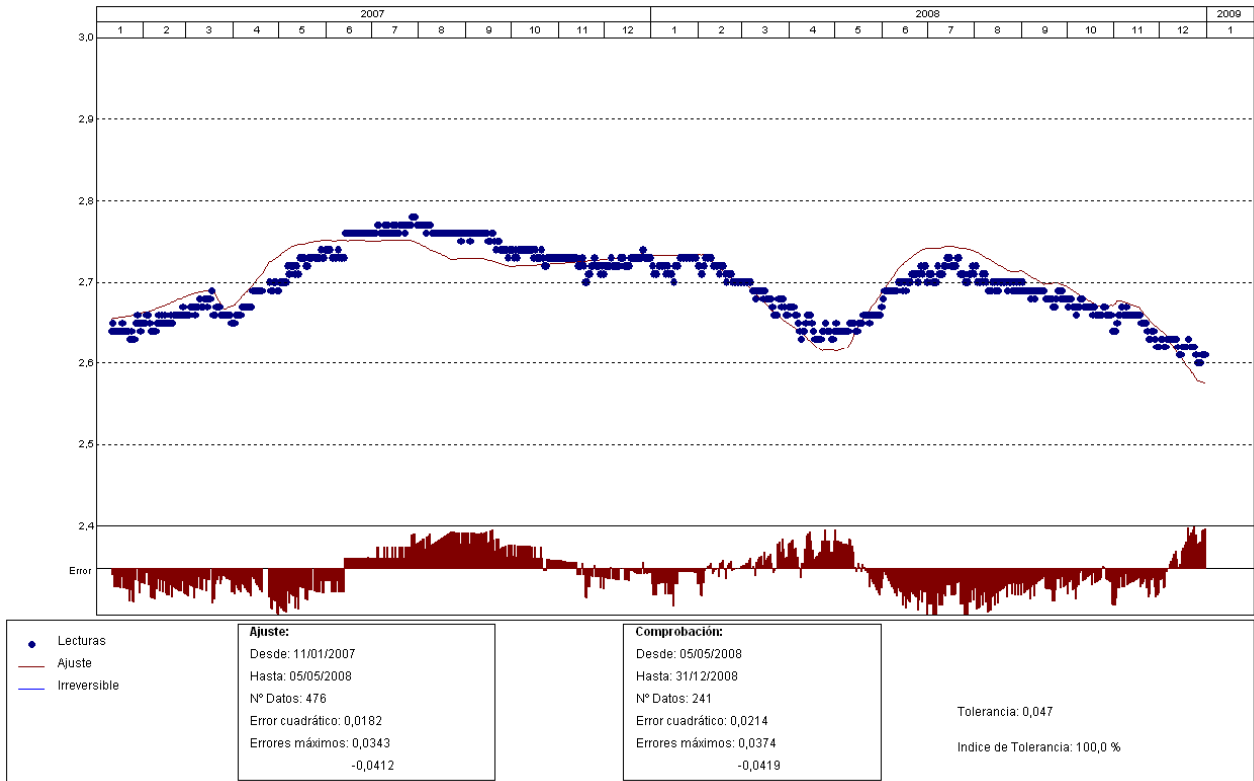


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J56-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,1359	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,820547E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 3,431749E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,122734E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,0469701
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,143687E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,742957E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -4,192162E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	2,61568	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J5/6-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J56-2

Unidades

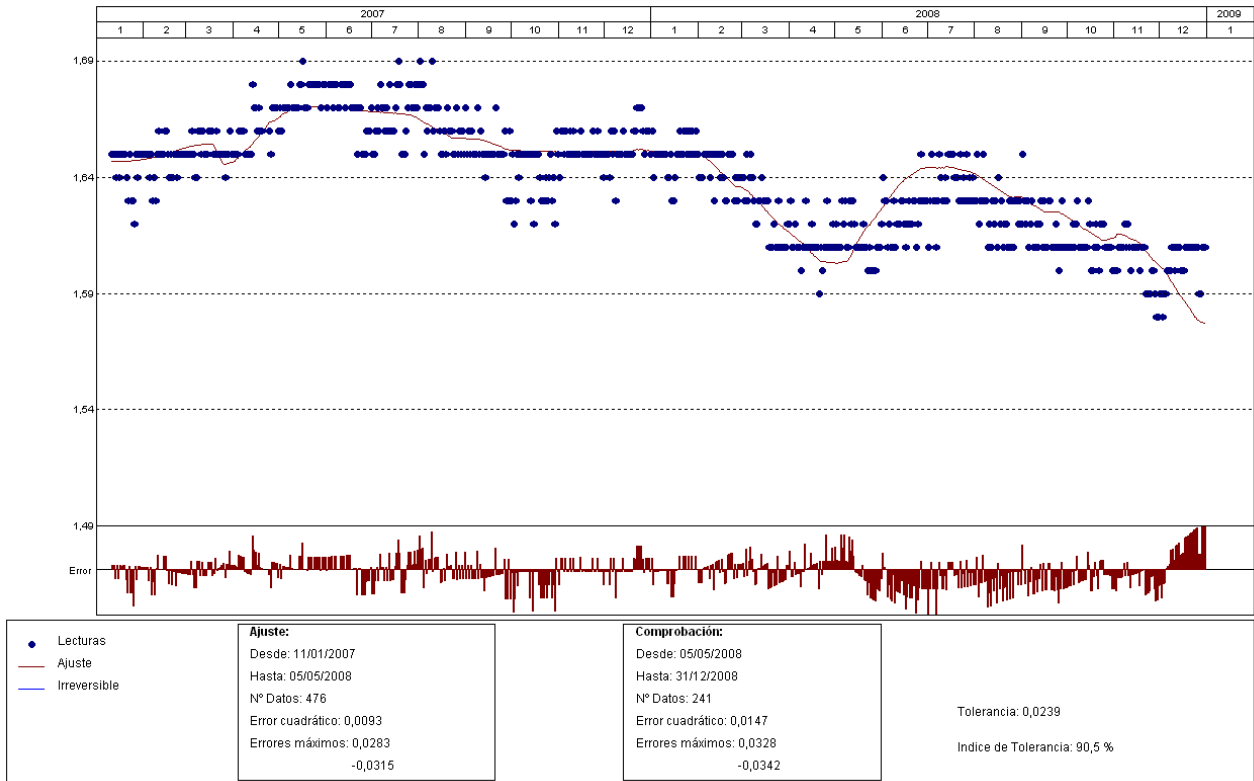


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J56-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,08263	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,04758	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 9,271004E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,827072E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,152502E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,391919E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,465238E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 3,275812E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,424871E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 90,45643 %
T. independiente	2,21206	

Tabla. Resumen de resultados

El efecto del nivel de embalse sobre los piezómetros: PZ-B5-2, PZ-B5-3, PZ-B5-4, PZ-B5-5, PZ-J5/6-1 y PZ-J5/6-2 es similar; por esta razón sólo se presente el Gráfico Efecto de la carga hidrostática sobre piezómetro PZ-B5-2.

3.2.5 Piezómetros ubicados en el bloque 6 y junta 6-7

PZ-B6-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B6-1

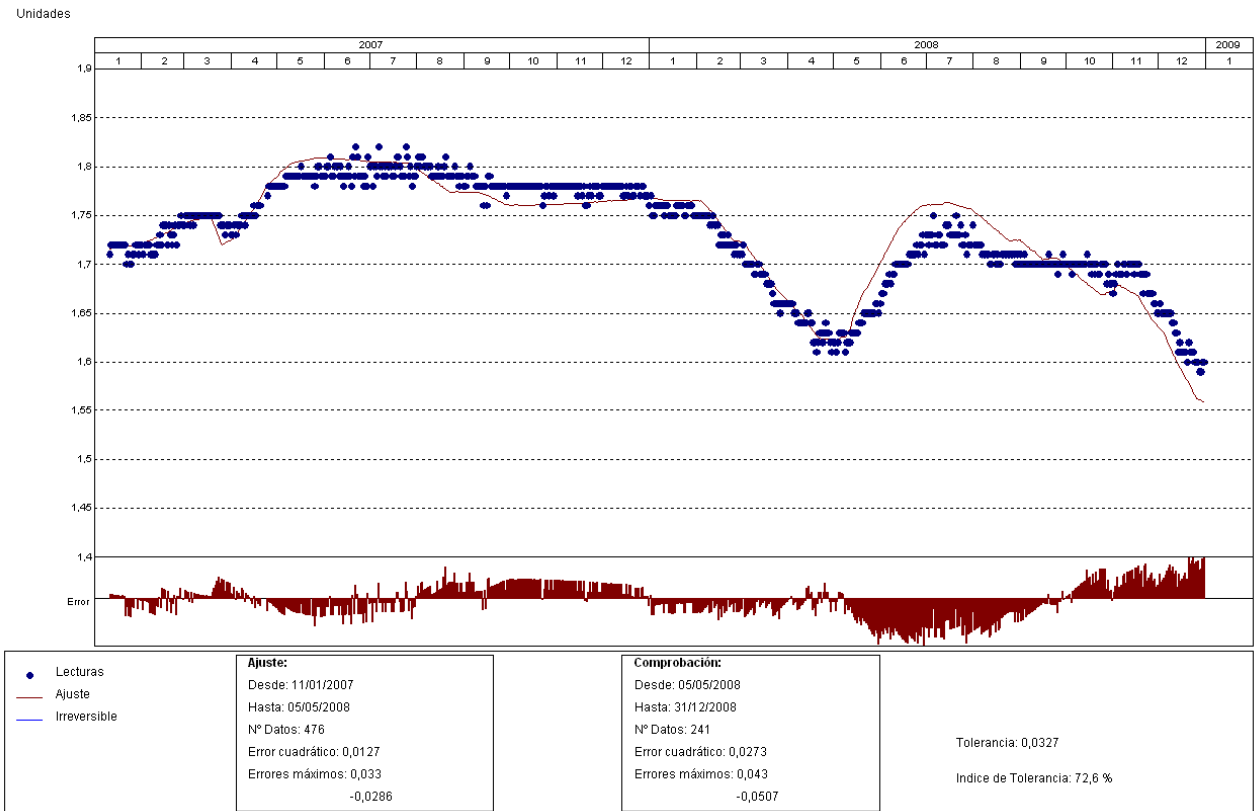


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PZ-B6-1

Unidades

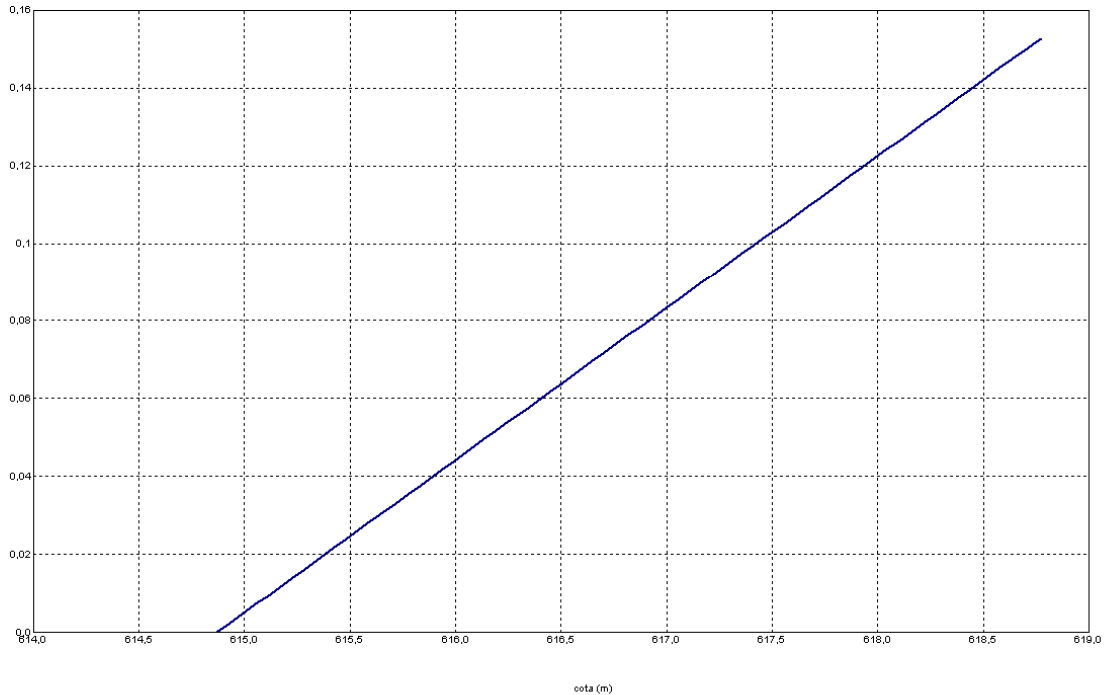


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B6-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,13346	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,1542	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,267001E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 3,301084E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,863061E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,268864E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,732686E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 4,299283E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -5,069578E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 72,61411 %
T. independiente	2,6063	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-B6-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-B6-2

Unidades

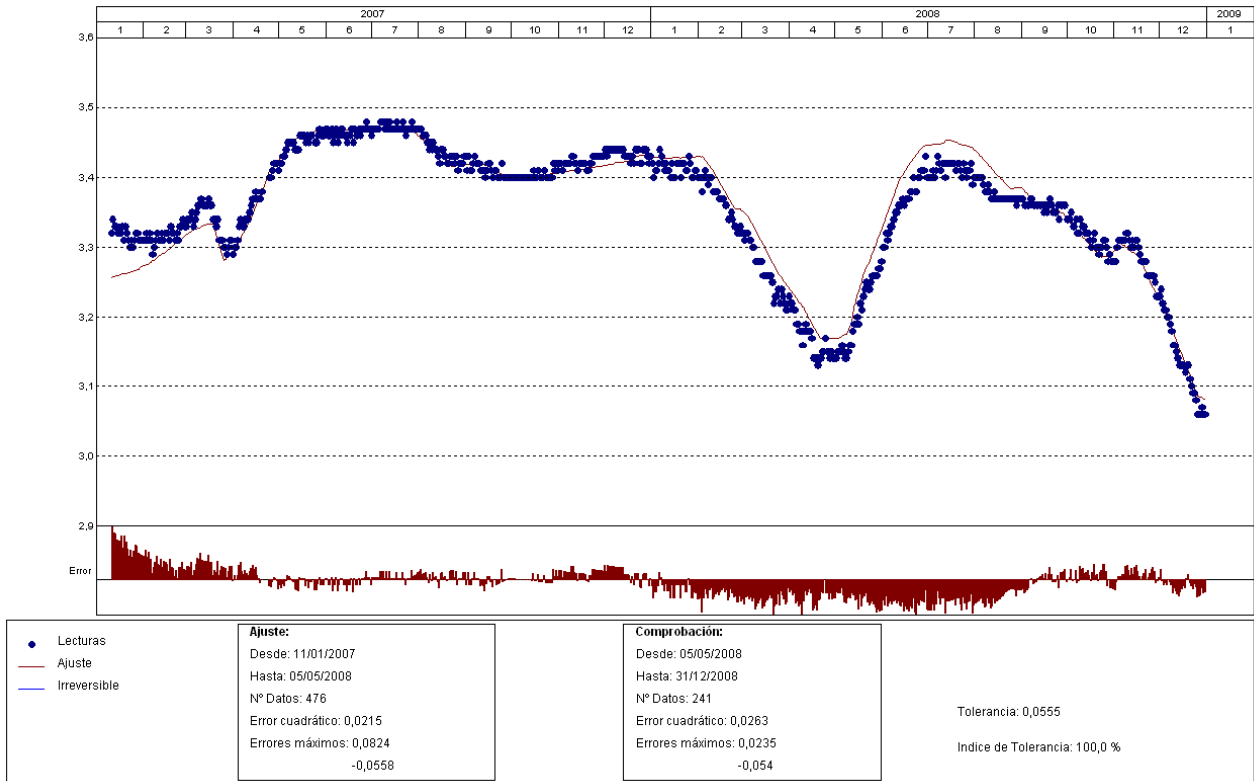


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-B6-2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,29968	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,150078E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 8,244324E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -5,581045E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 5,547202E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,632936E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,354455E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -5,401158E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	3,16933	

Tabla. Resumen de resultados

PZ-J6/7-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PZ-J67-1

Unidades

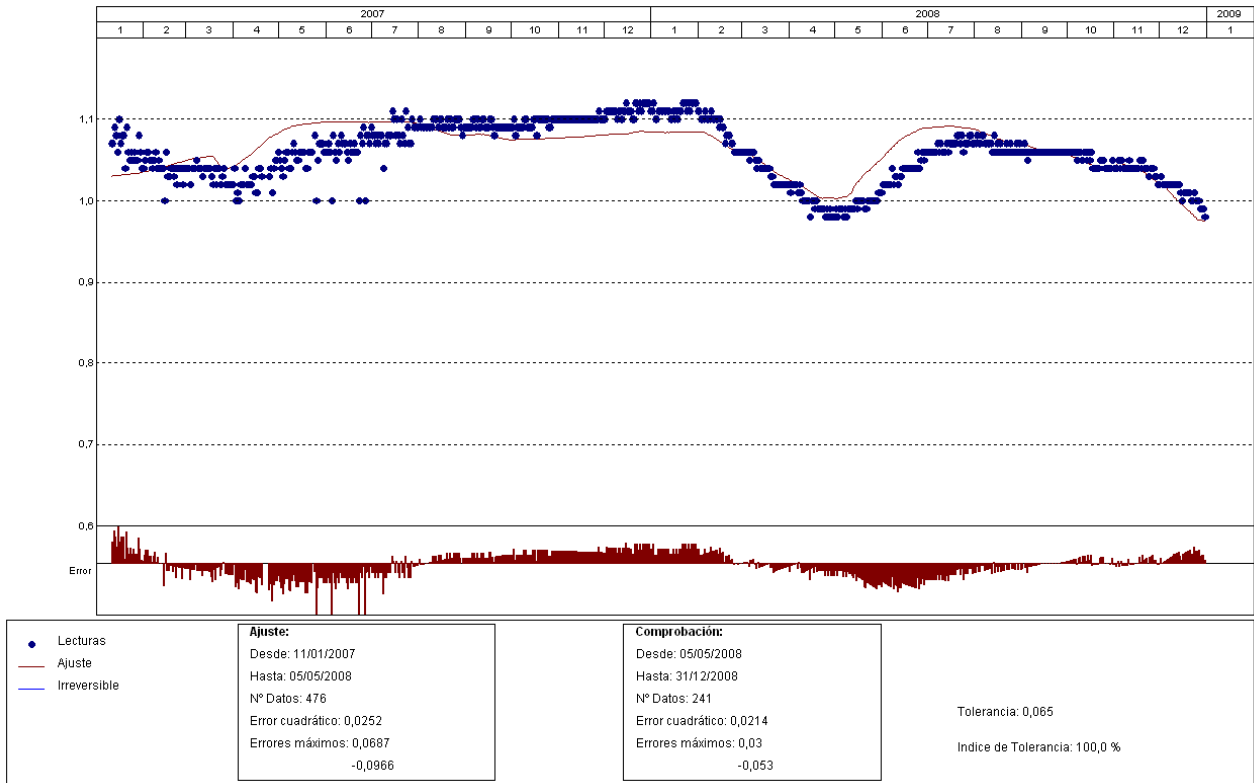


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PZ-J67-1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 476
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,09393	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,520788E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 6,870067E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -9,662187E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 6,503632E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,137989E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,995825E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -5,302012E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	1,00293	

Tabla. Resumen de resultados

Los piezómetros que no presentan el gráfico Efecto de la carga hidrostática sobre la variable de control se debe a la similitud de comportamiento que existe entre esos piezómetros y el denominado PZ-B6-1.

3.3 DESPLAZAMIENTO DEL TERRENO BAJO CIMENTACIÓN

3.3.1 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 3

EV-B3-1-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B3-1-A1

Unidades

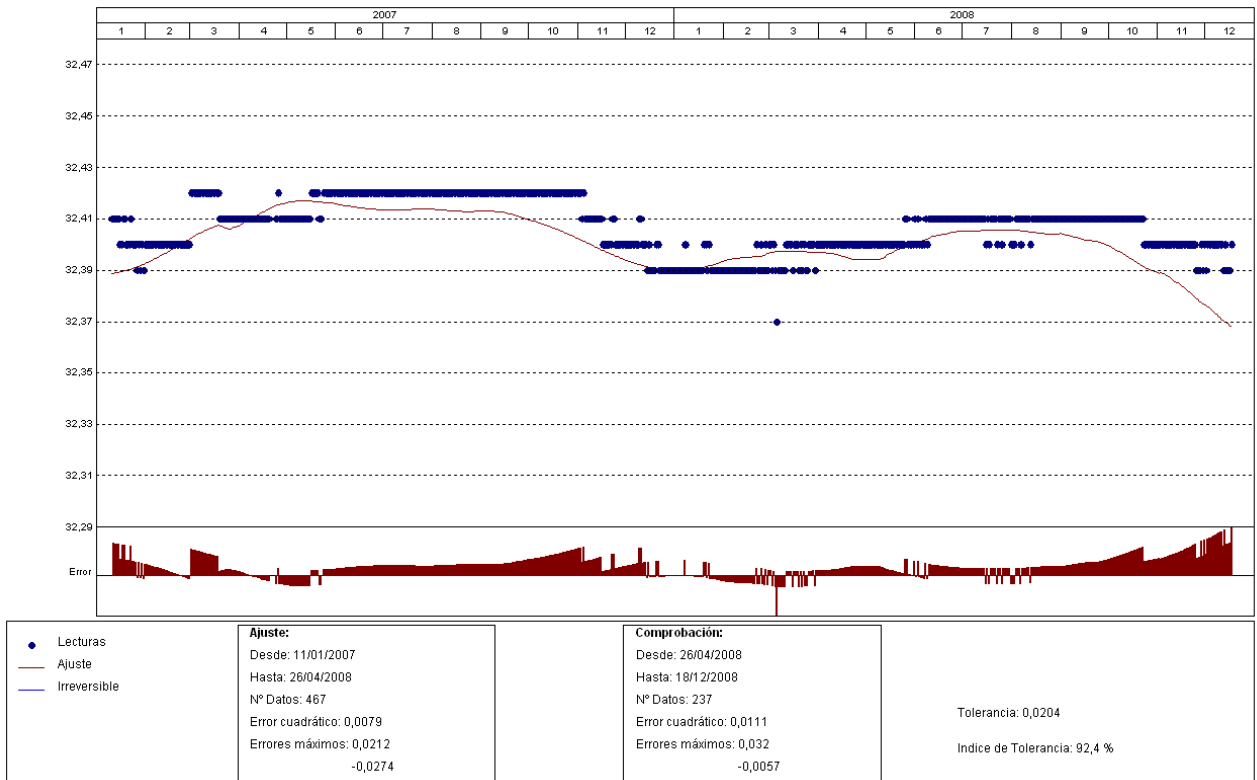


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: EV-B3-1-A1

Unidades

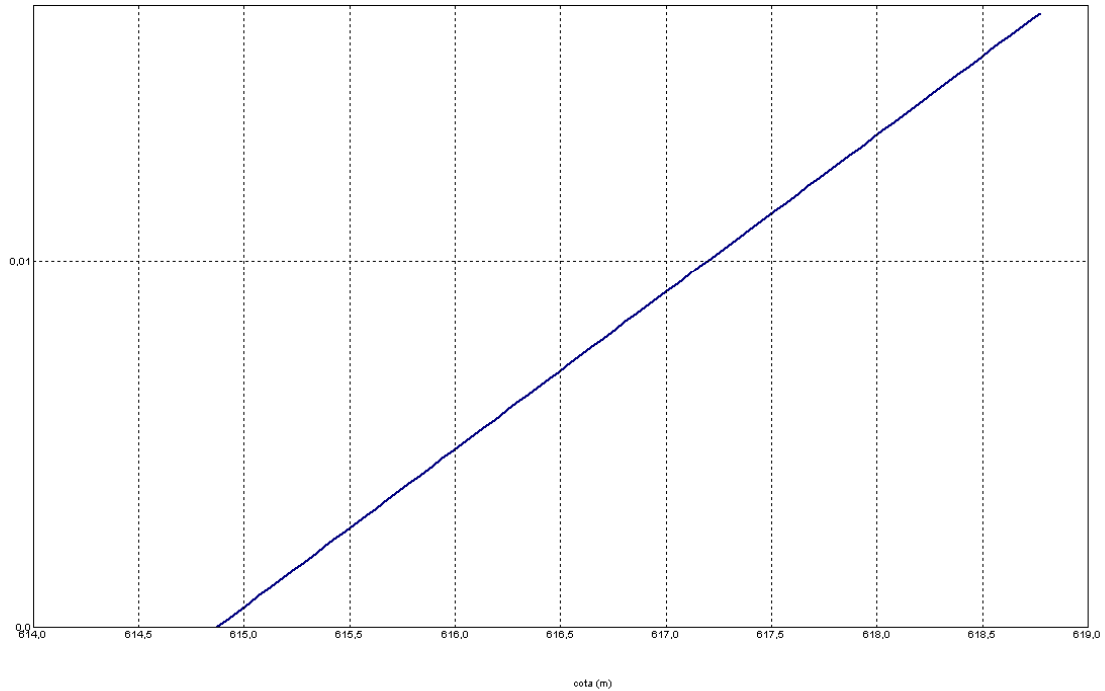


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B3-1-A1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste

Coeficiente

Período de Ajuste

Ln(tiempo) -0,02849
 1-1/Ln(tiempo) 0,000
 1-e^(-tiempo/365) 0,000
 HC 0,01694
 HC^2 0,000
 HC^3 0,000
 (HC-HCA)*HC^2 0,000
 sen(PT) 0,000
 cos(PT) -0,00869
 sen(2*PT) 0,000
 cos(2*PT) -0,00528
 TD-TDC 0,000
 TMM-TMMC 0,000
 TMM-TMMCA+TMM-TMMC 0,000
 sen(PT)*HC^2 0,000
 cos(PT)*HC^2 0,000
 LL 0,000
 LLMM 0,000
 T. independiente 32,59705

0,000

0,000
32,59705

11/01/2007 al 26/04/2008
 N° de datos: 467
 Nivel embalse mínimo: 614,87
 Nivel embalse máximo: 618,81
 Tiempo de media móvil (días): 30
 Tiempo de efecto diferido (días): 3
 Error cuadrático: 7,914246E-03
 Error Máximo positivo: 2,120209E-02
 Error Máximo negativo: -2,736664E-02
 Tolerancia: 2,041876E-02

Período de Comprobación

26/04/2008 al 18/12/2008
 N° de datos: 237
 Error cuadrático: 1,110611E-02
 Error Máximo positivo: 0,0319519
 Error Máximo negativo: -5,748749E-03
 Índice de Tolerancia: 92,40506 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B3-1-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B3-1-A3

Unidades

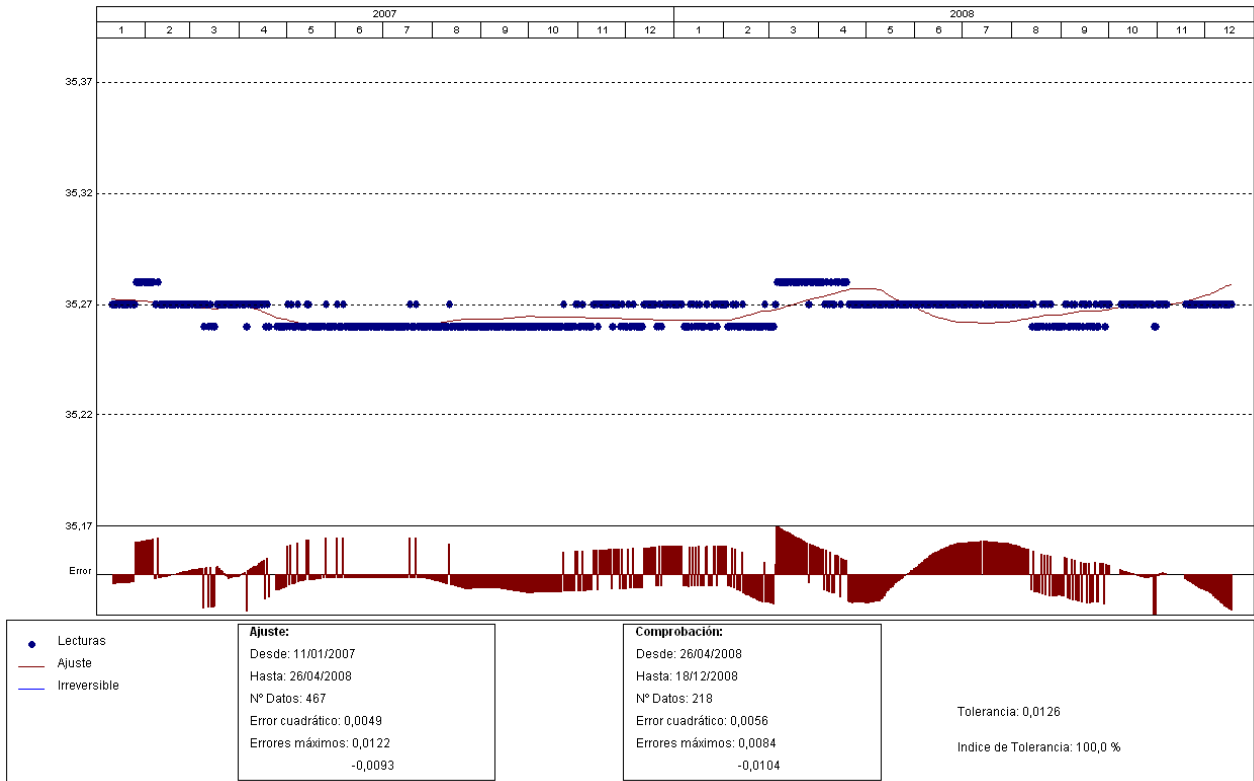


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B3-1-A3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,01641	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,875578E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,219559E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -9,262085E-03
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,257899E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 218
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 5,638184E-03
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 8,361816E-03
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,042938E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	35,27718	

Tabla. Resumen de resultados

3.3.2 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 4

EV-B4-1-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-1-A1

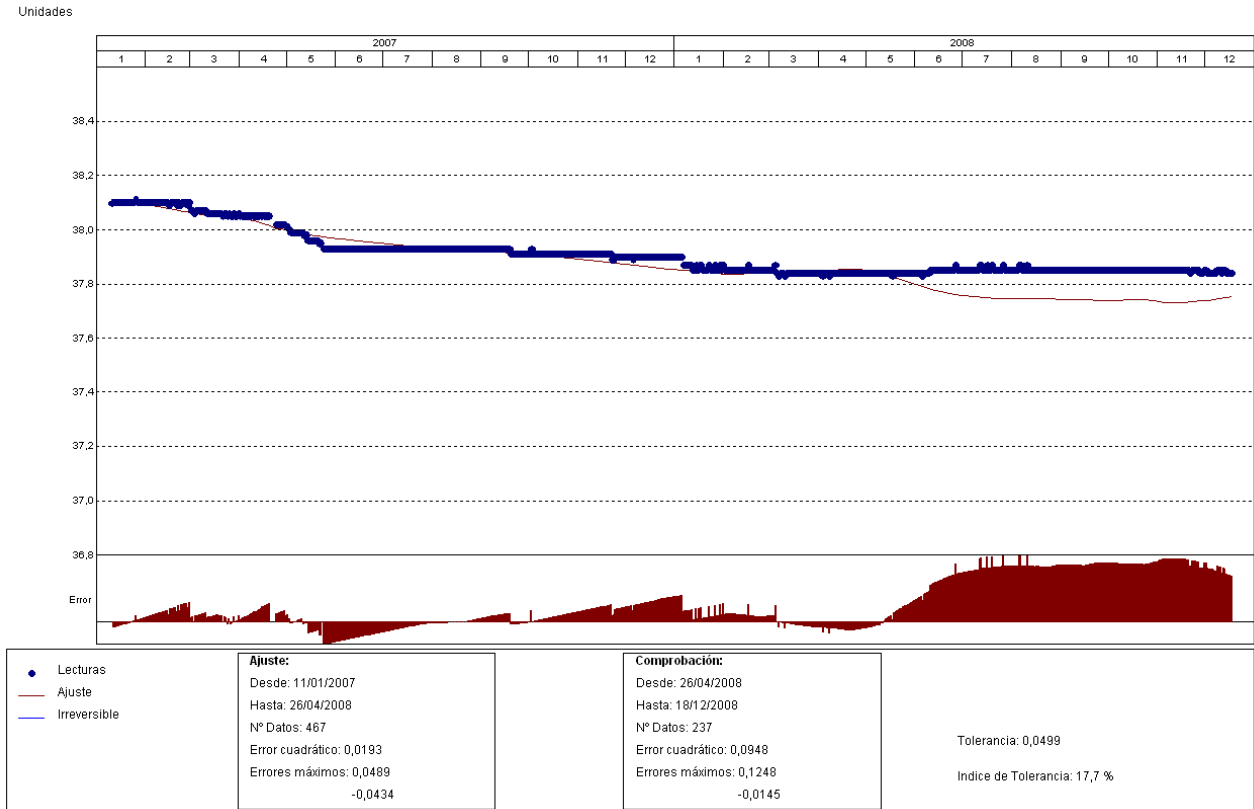


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-1-A1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,78106	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,06977	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,933292E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 4,885864E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,341125E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 4,987894E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 9,477725E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,1248131
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,452637E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 17,72152 %
T. independiente	43,60585	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B4-1-A2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-1-A2

Unidades

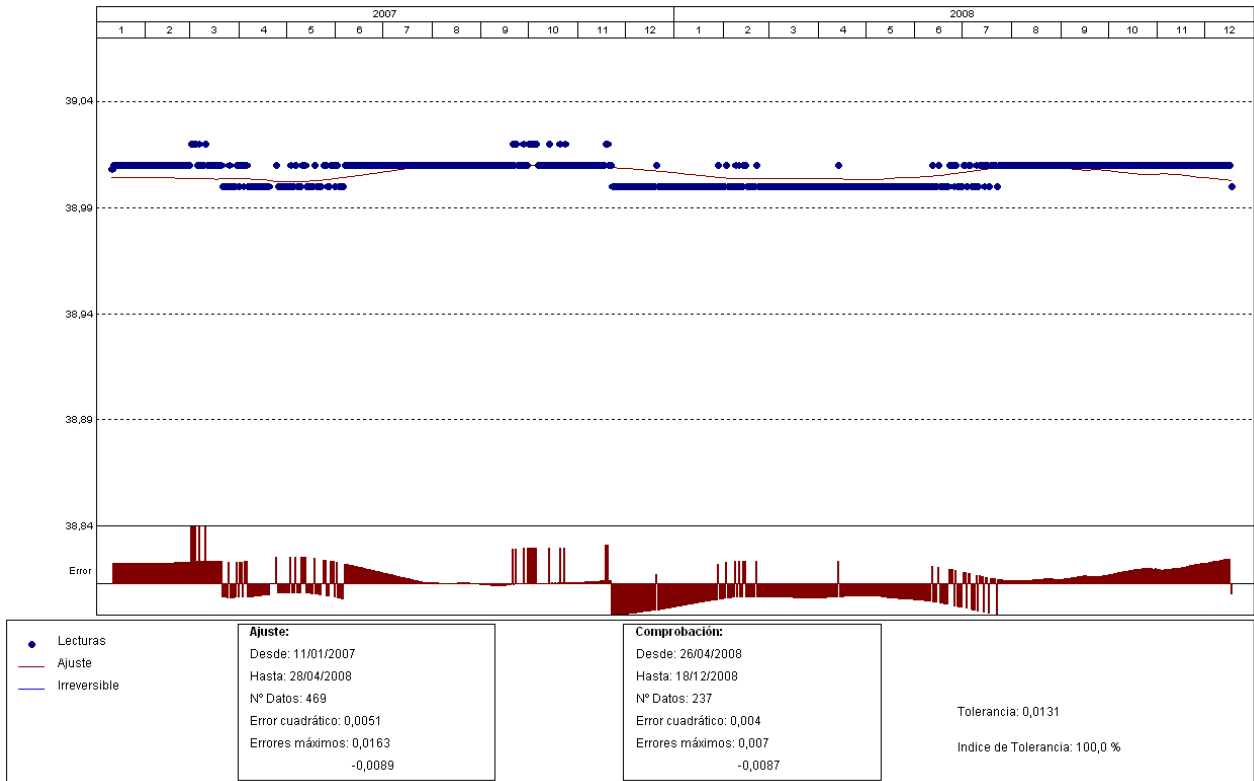


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-1-A2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 28/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 469
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,00366	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 5,065489E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,0163269
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -8,926392E-03
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,306896E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	-0,00621	Error cuadrático: 4,022545E-03
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 6,988525E-03
LL	0,000	Error Máximo negativo: -8,693695E-03
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	39,00336	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B4-1-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-1-A3

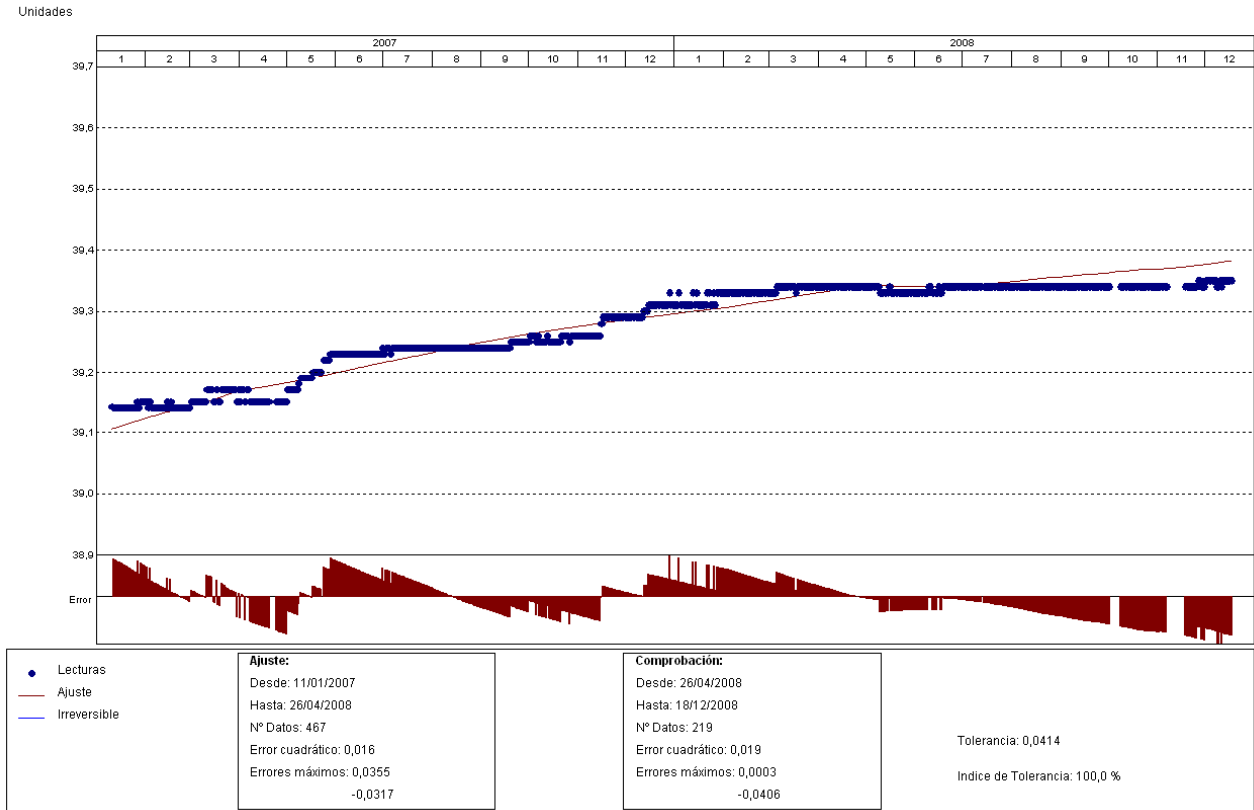


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-1-A3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	6,55348	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,01294	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,603176E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,0354805
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,166962E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 4,136193E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 219
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,896957E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,593994E-04
LL	0,000	Error Máximo negativo: -4,056168E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	32,8734	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B4-2-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-2-A1

Unidades

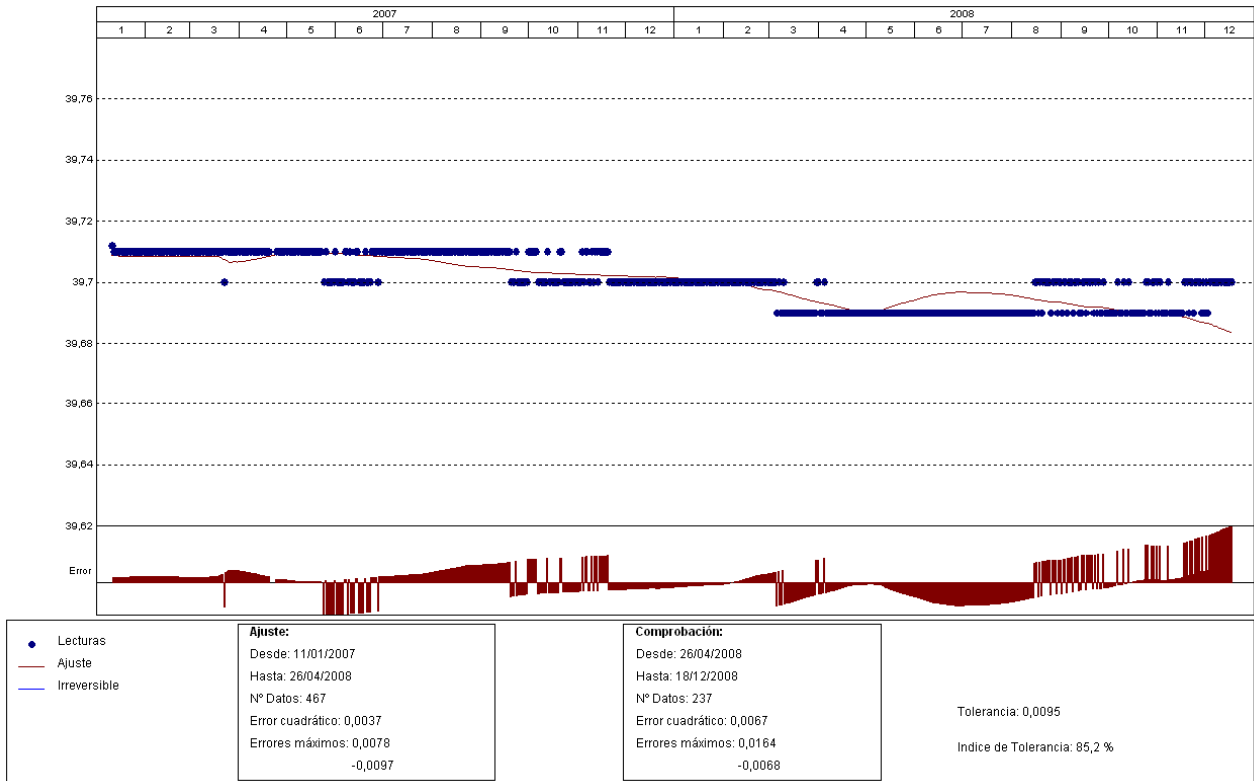


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-2-A1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,04372	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,0085	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 3,68547E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 7,75528E-03
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -9,651184E-03
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 9,508512E-03
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 6,735967E-03
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 1,638794E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -6,813049E-03
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 85,23207 %
T. independiente	40,01268	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B4-2-A2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-2-A2

Unidades

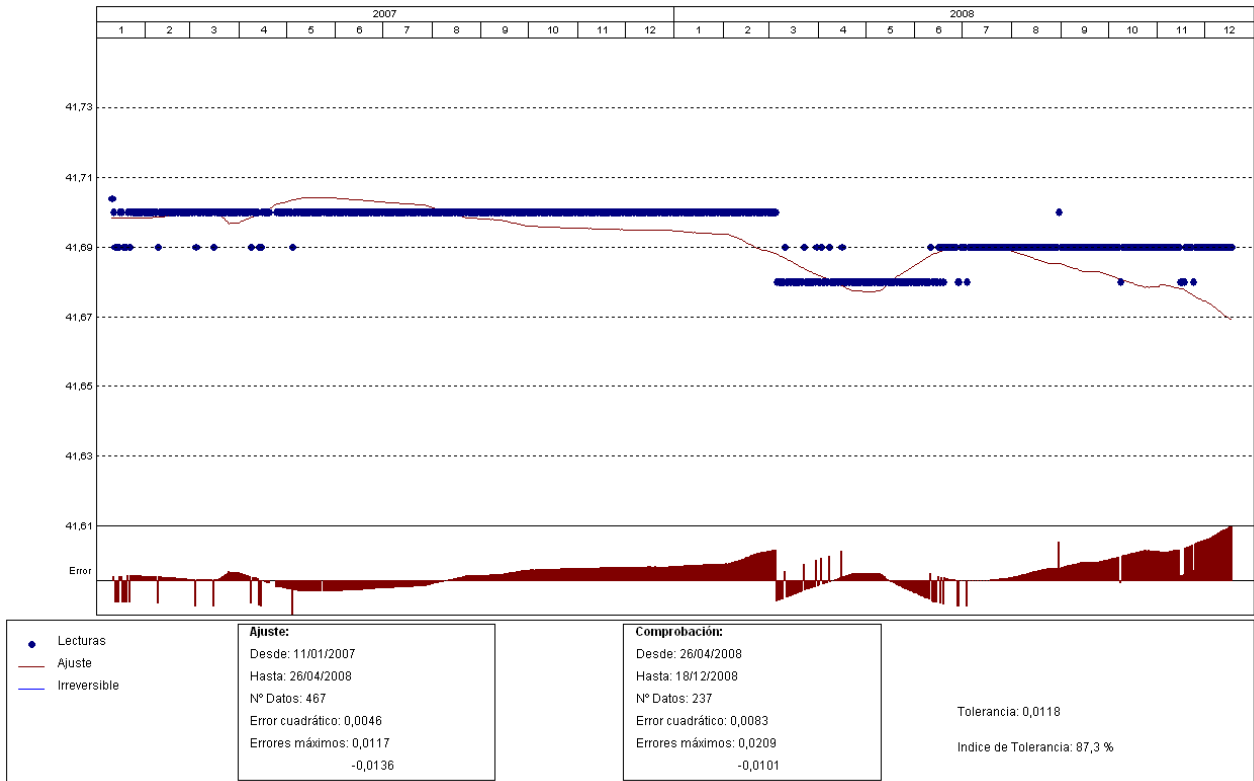


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-2-A2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-0,04625	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,01581	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,585691E-03
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,171875E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,358032E-02
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,183108E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,266467E-03
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 2,087402E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,014709E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 87,34177 %
T. independiente	42,01804	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B4-2-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B4-2-A3

Unidades

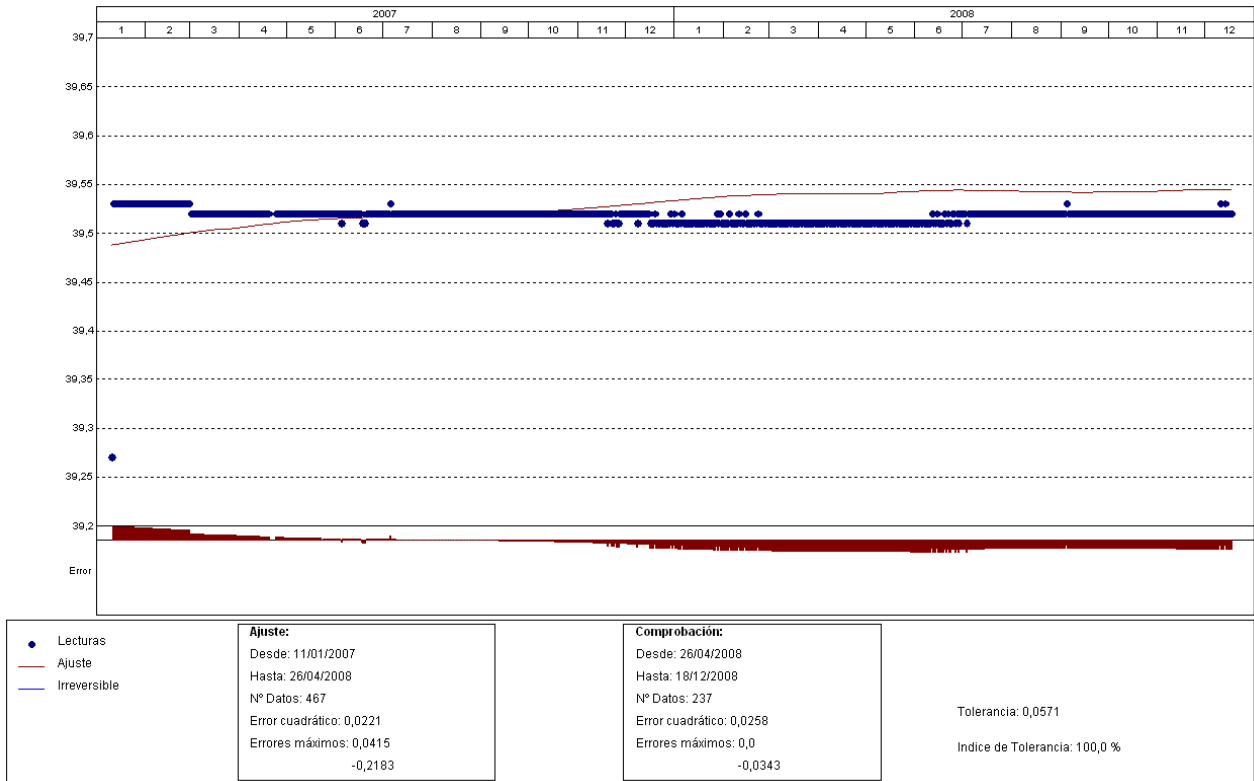


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B4-2-A3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	1,44567	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,00447	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,213971E-02
sen(PT)	0,00395	Error Máximo positivo: 0,0414772
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,2182541
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 5,712045E-02
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,575934E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0
LL	0,000	Error Máximo negativo: -3,427887E-02
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	38,11044	

Tabla. Resumen de resultados

3.3.3 Extensómetros de varillas ubicados en el bloque 5

EV-B5-1-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-1-A1

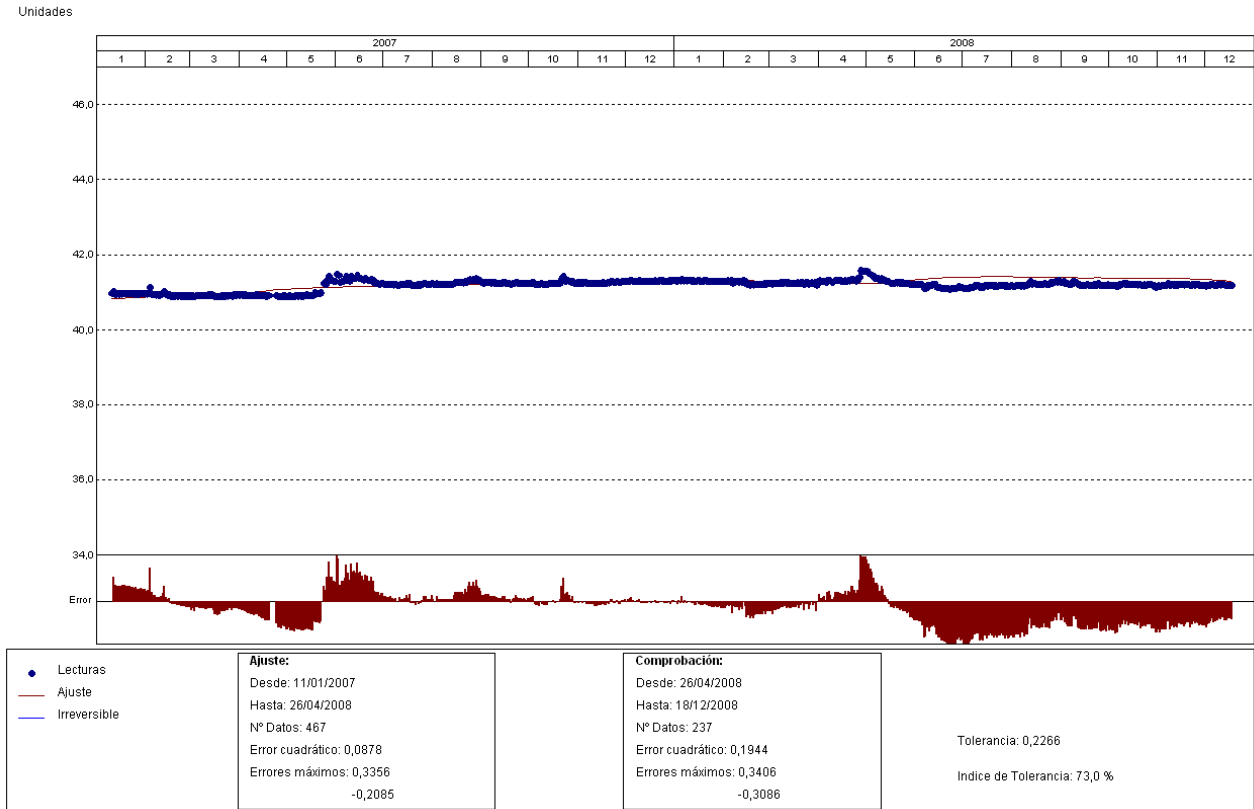


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-1-A1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	12,07498	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,14309	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 8,271421E-02
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,3748779
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,1574364
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,2134027
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 237
sen(PT)*HC^2	-0,07638	Error cuadrático: 0,1949562
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,3434563
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,2902069
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 65,82278 %
T. independiente	29,32084	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-1-A2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-1-A2

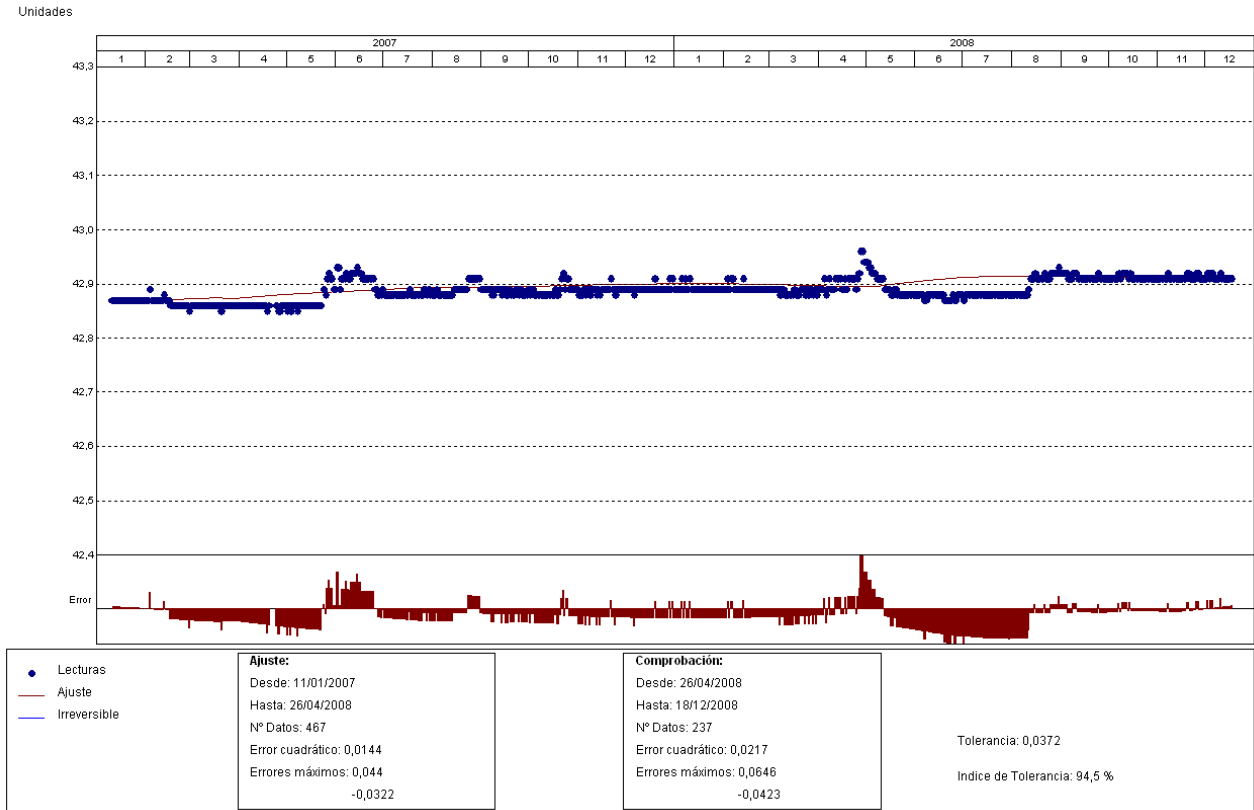


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-1-A2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,09117	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 467
HC	0,01422	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 1,441103E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 4,401016E-02
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,224564E-02
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,718045E-02
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	-0,00431	Nº de datos: 237
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,0216568
LL	0,000	Error Máximo positivo: 6,455612E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,228592E-02
T. independiente	42,22398	Índice de Tolerancia: 94,51477 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-1-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-1-A3

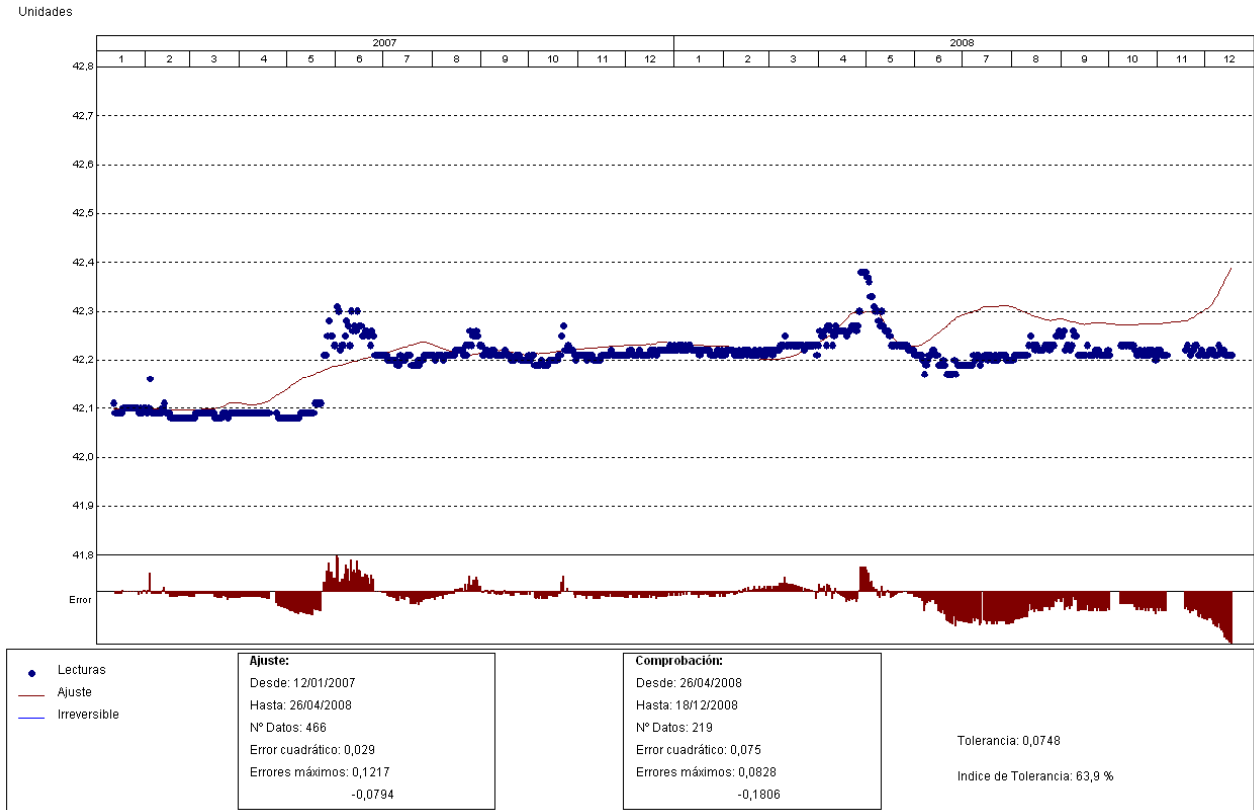


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-1-A3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,3868	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	12/01/2007 al 26/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 466
HC	-0,29276	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,29249	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 2,900204E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,1216698
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -7,936859E-02
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 7,482526E-02
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	-0,0354	Nº de datos: 219
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,496122E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 8,275223E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,1806374
T. independiente	39,44935	Índice de Tolerancia: 63,92694 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-2-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-2-A1

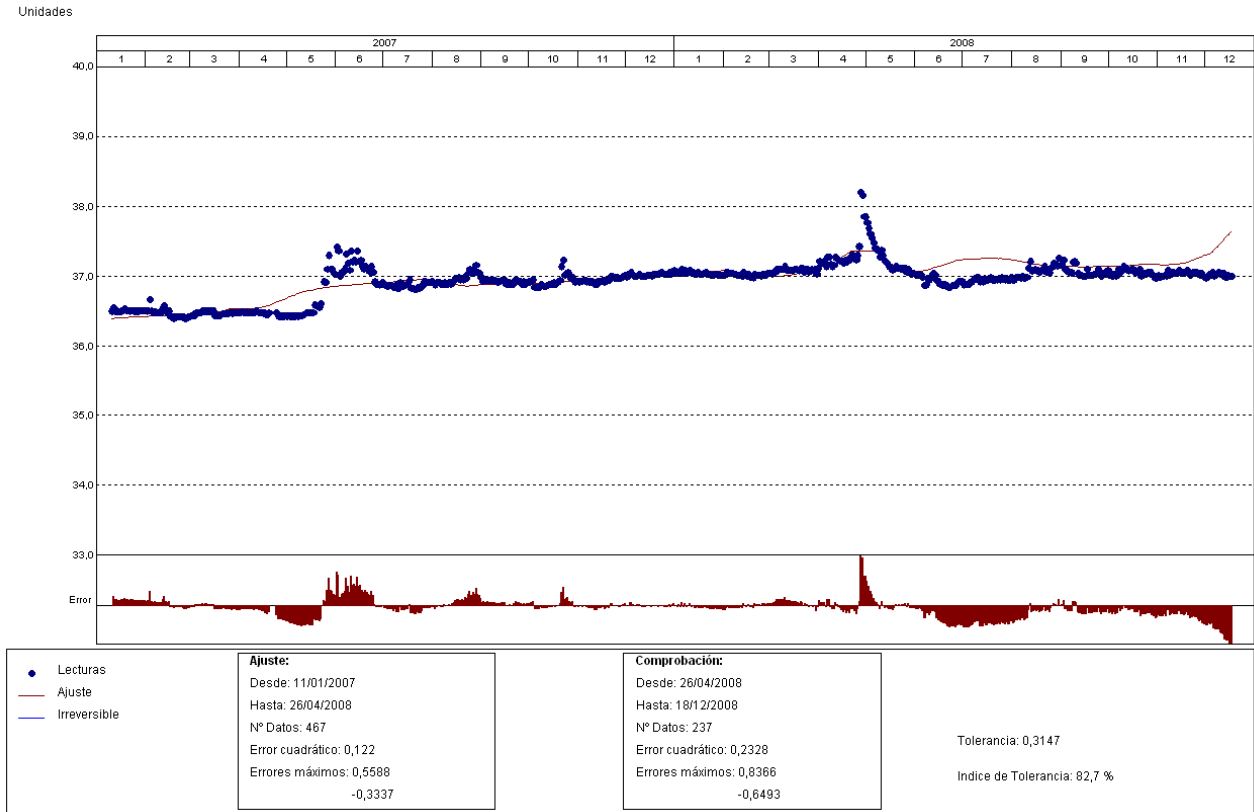


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-2-A1

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e [^] (-tiempo/365)	20,4311	Nº de datos: 467
HC	-1,17285	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	1,06895	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,1219759
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,5587616
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,3337212
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3146978
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 237
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2328003
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8365898
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,6493225
T. independiente	17,20538	Índice de Tolerancia: 82,70042 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-2-A2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-2-A2

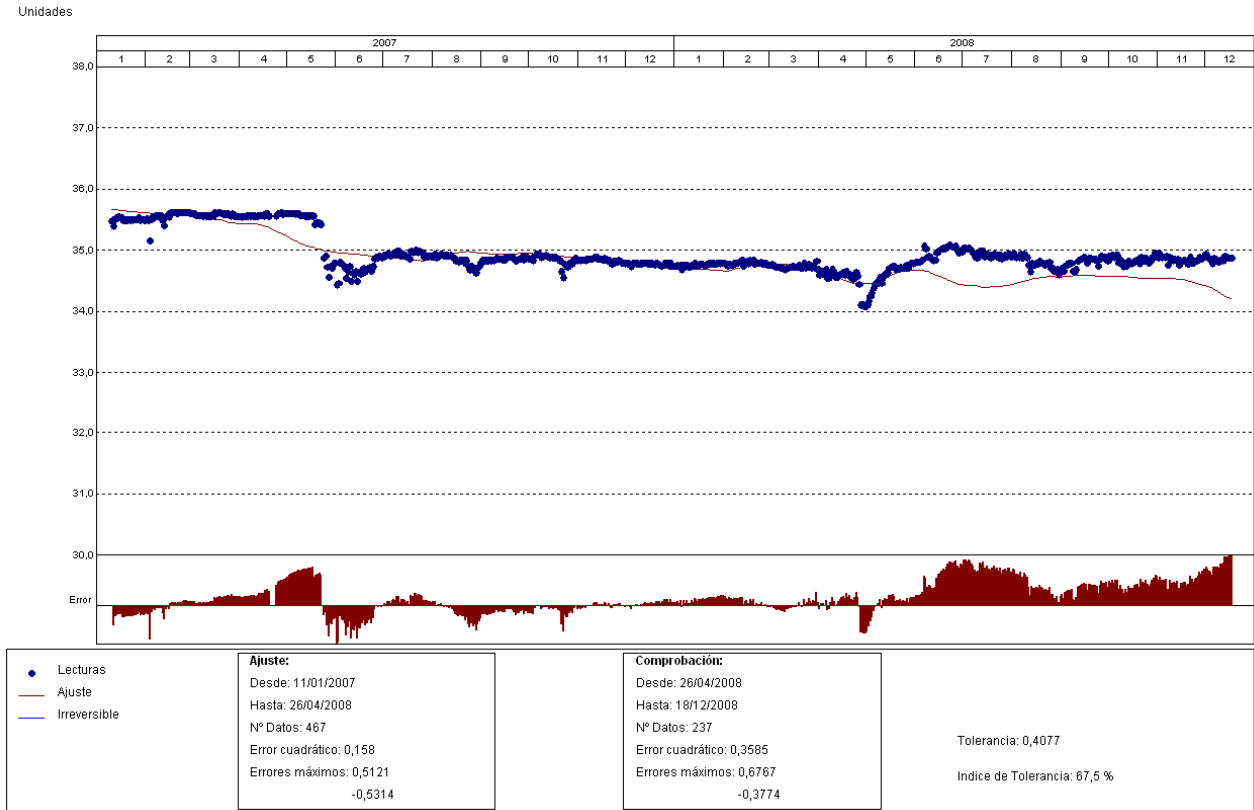


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-2-A2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	-29,13177	Nº de datos: 467
HC	0,70024	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	-0,76925	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,1580335
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,5120583
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,5314407
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,4077263
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 237
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3584586
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,6767464
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,3774185
T. independiente	63,2044	Índice de Tolerancia: 67,51055 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-2-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-2-A3

Unidades

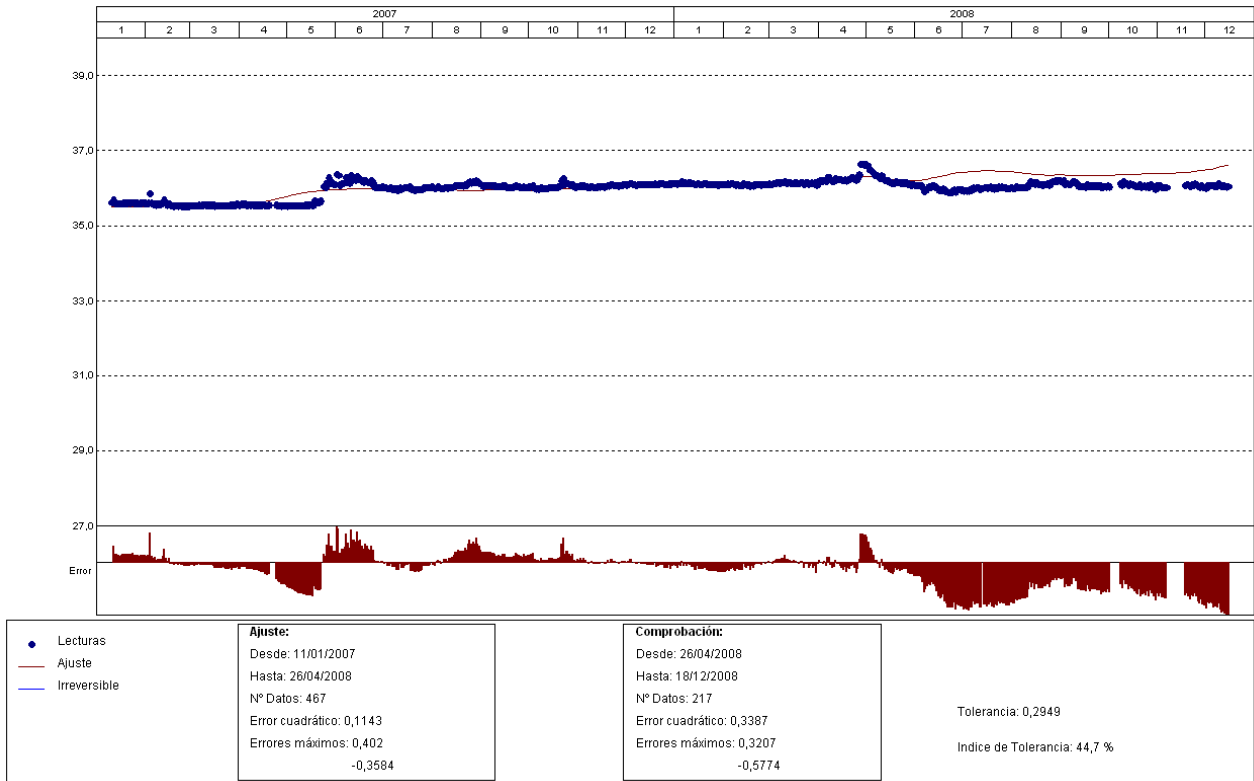


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-2-A3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	1,96622	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,43401	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,55732	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1143032
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,4019585
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,3583527
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,2949023
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 217
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3387105
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,320694
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,5773506
T. independiente	21,83011	Índice de Tolerancia: 44,70046 %

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-3-A1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-3-A1

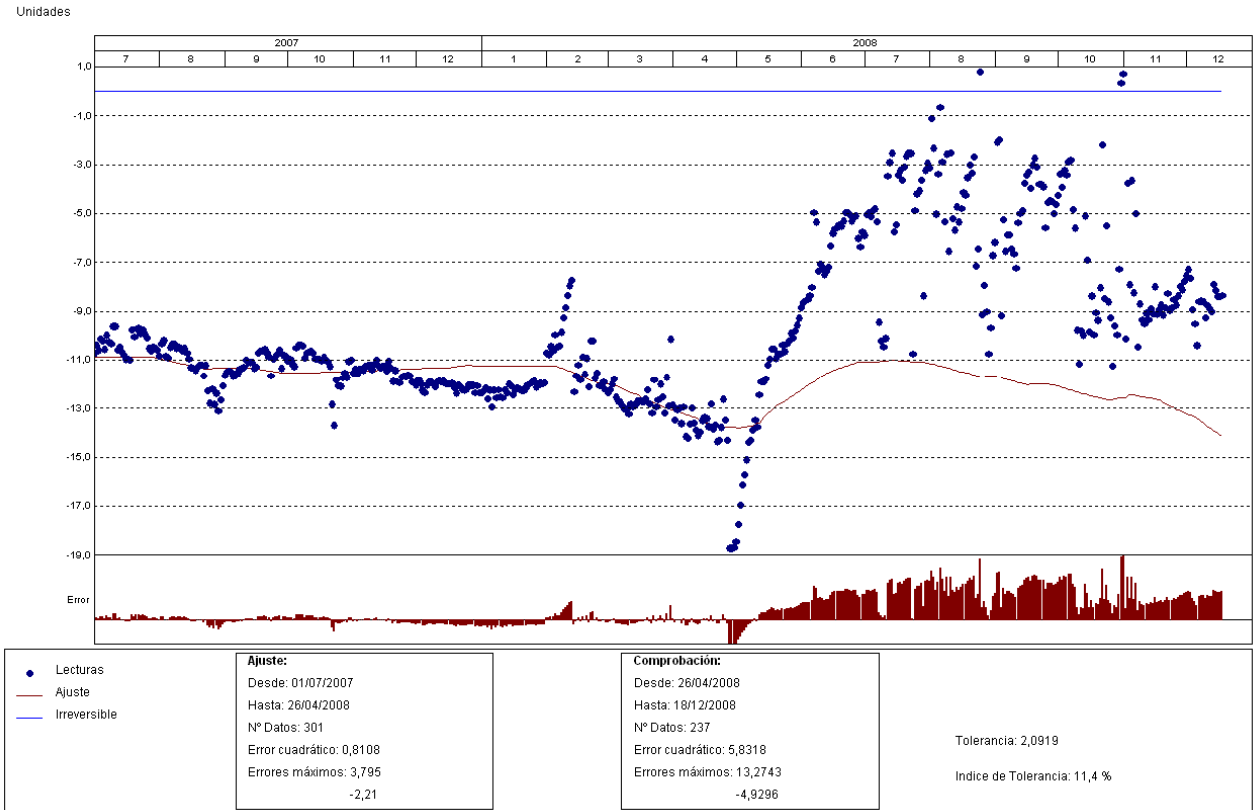


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa la dispersión e inconsistencia de los datos registrados, por esta razón no se presentan resultados de la modelación.

EV-B5-3-A2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-3-A2

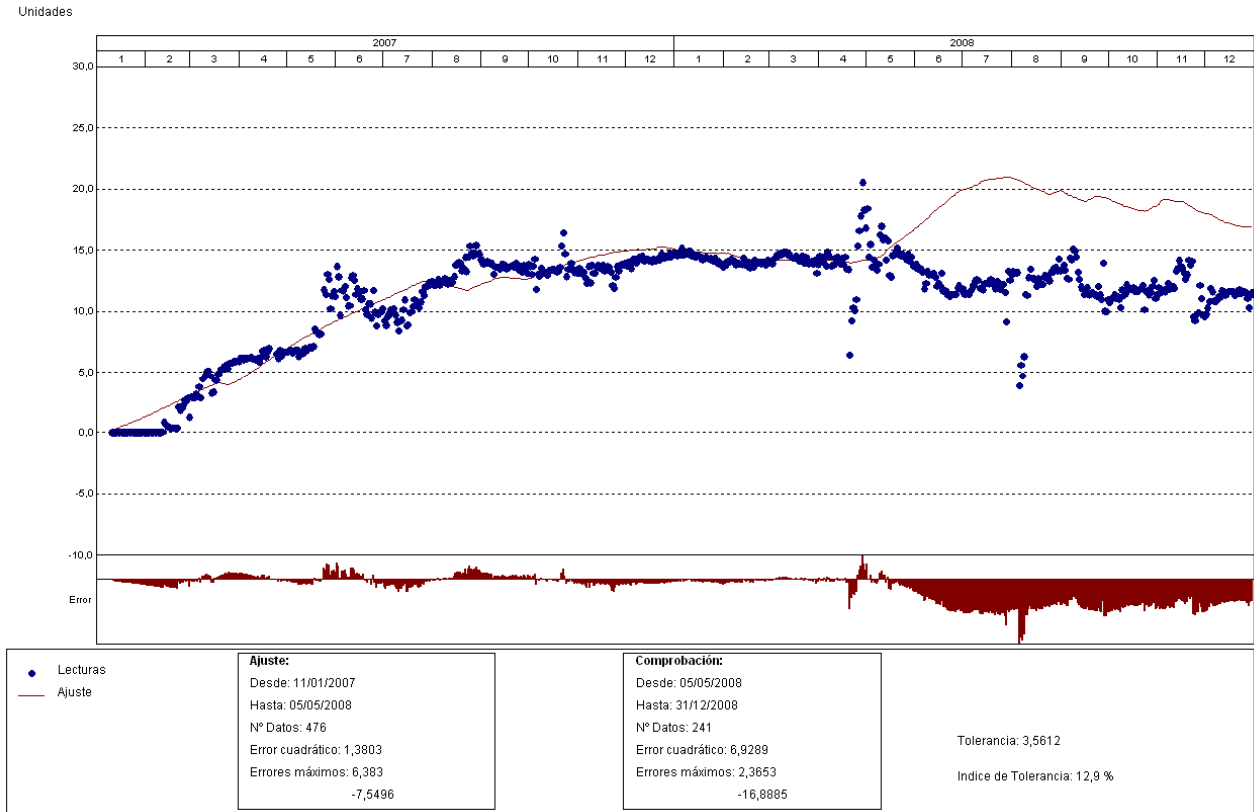


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: EV-B5-3-A2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 05/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	2006,411	Nº de datos: 476
1-e ^{-tiempo/365}	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	3,99748	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	2,45463	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,380303
sen(PT)	1,2567	Error Máximo positivo: 6,383028
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -7,549614
sen(2*PT)	-0,41909	Tolerancia: 3,561181
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	05/05/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 241
sen(PT)*HC ²	-3,69166	Error cuadrático: 6,928938
cos(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo positivo: 2,365284
LL	0,000	Error Máximo negativo: -16,8885
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 12,86307 %
T. independiente	-1721,314	

Tabla. Resumen de resultados

EV-B5-3-A3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: EV-B5-3-A3

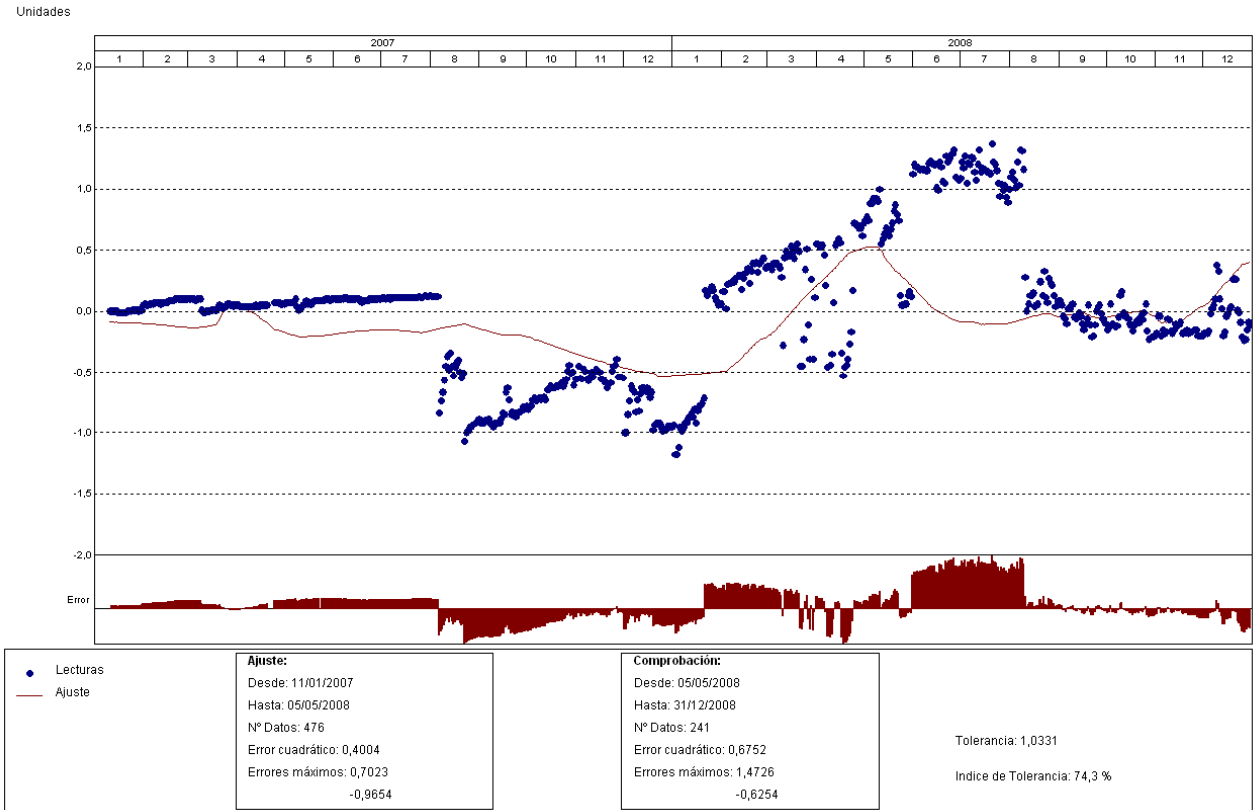


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa la dispersión e inconsistencia de los datos registrados, por esta razón no se presentan resultados de la modelación.

3.4 CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES MEDIANTE PÉNDULOS

3.4.1 Péndulos instalados en el bloque 3

PD-B3-2R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B3-2R

Unidades

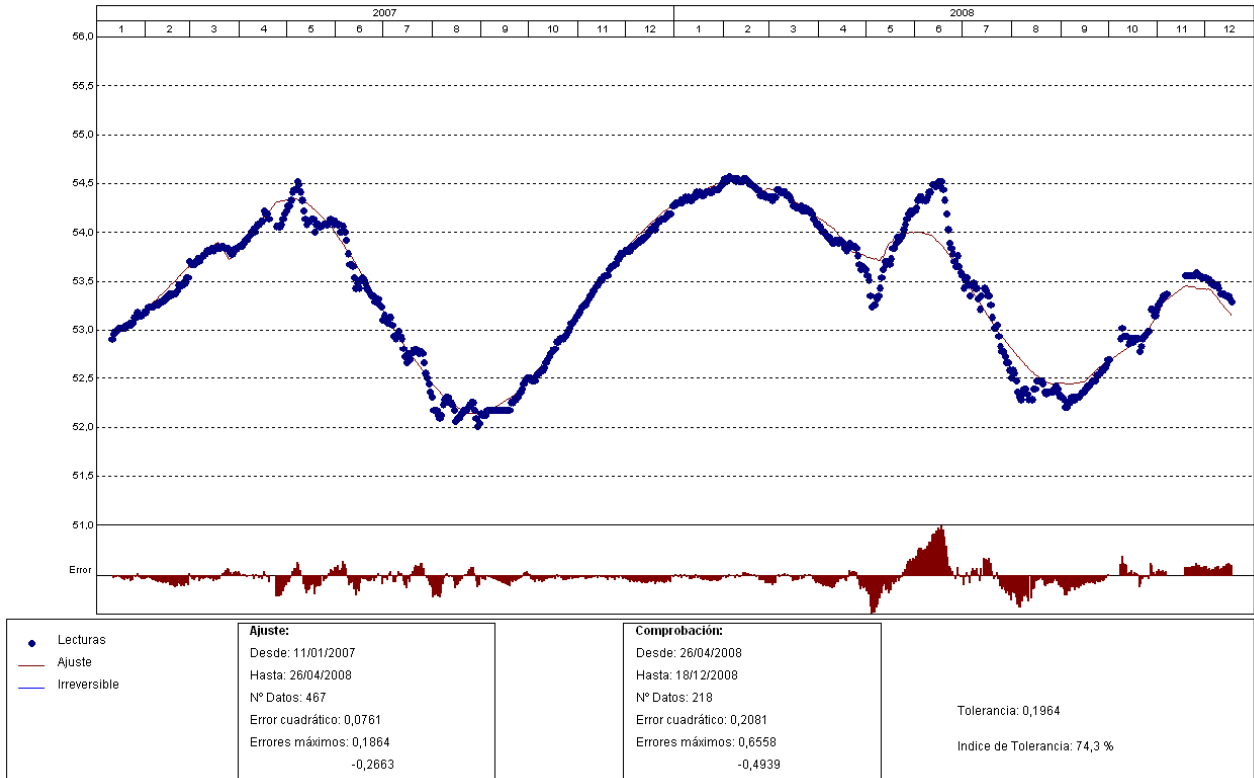


Gráfico. Ajuste estadístico

Unidades

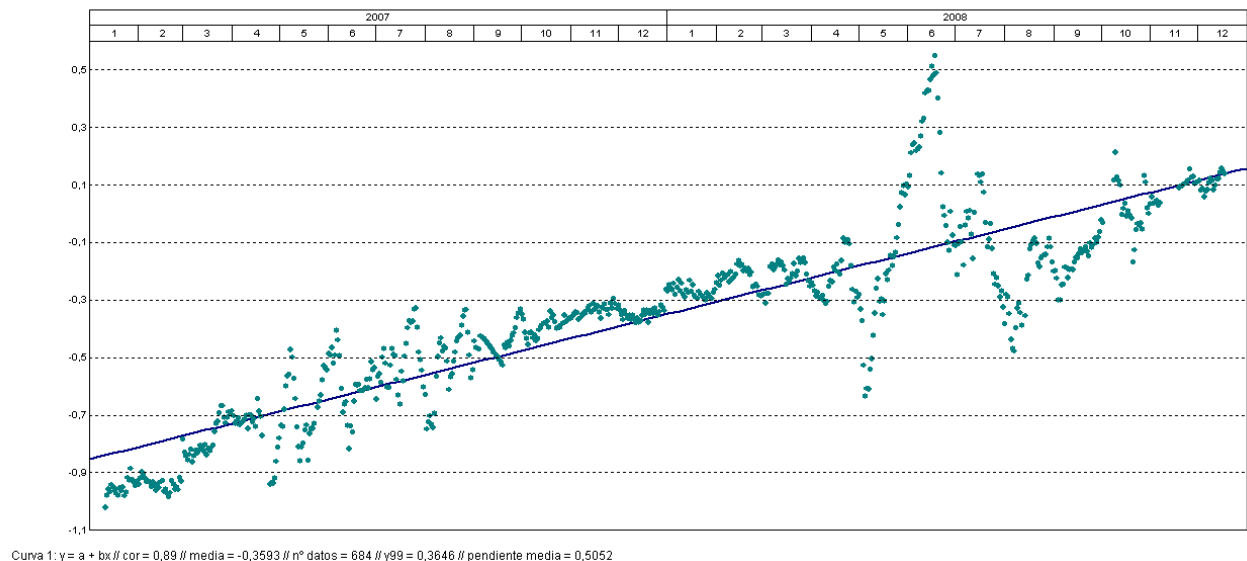


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

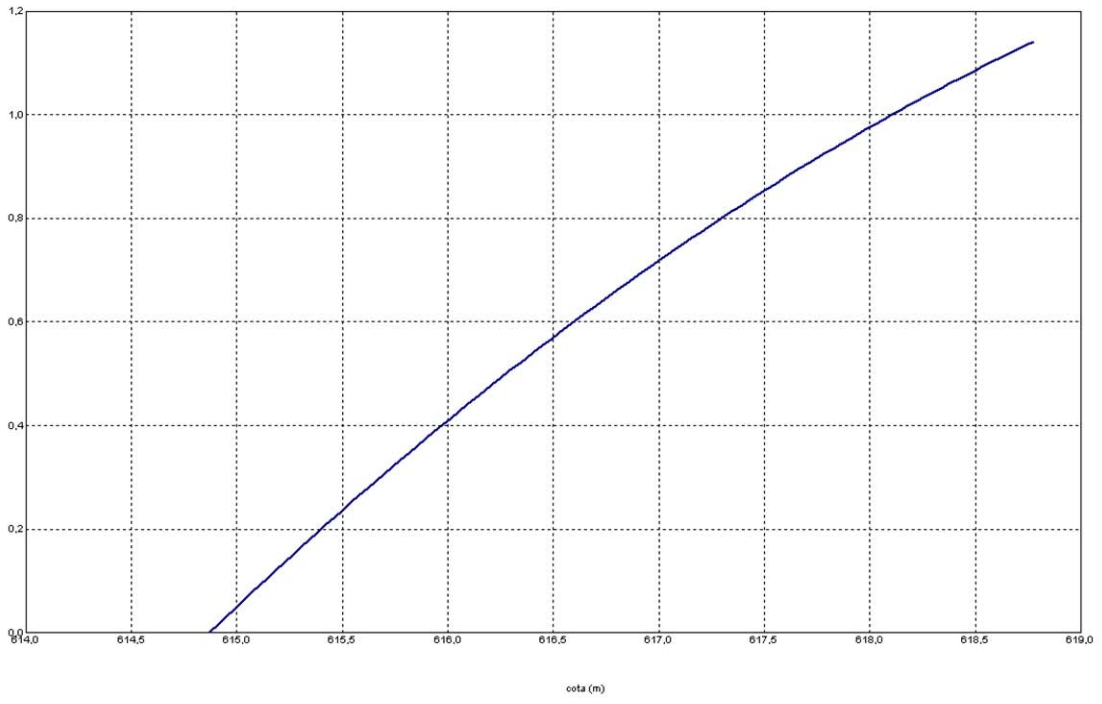


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

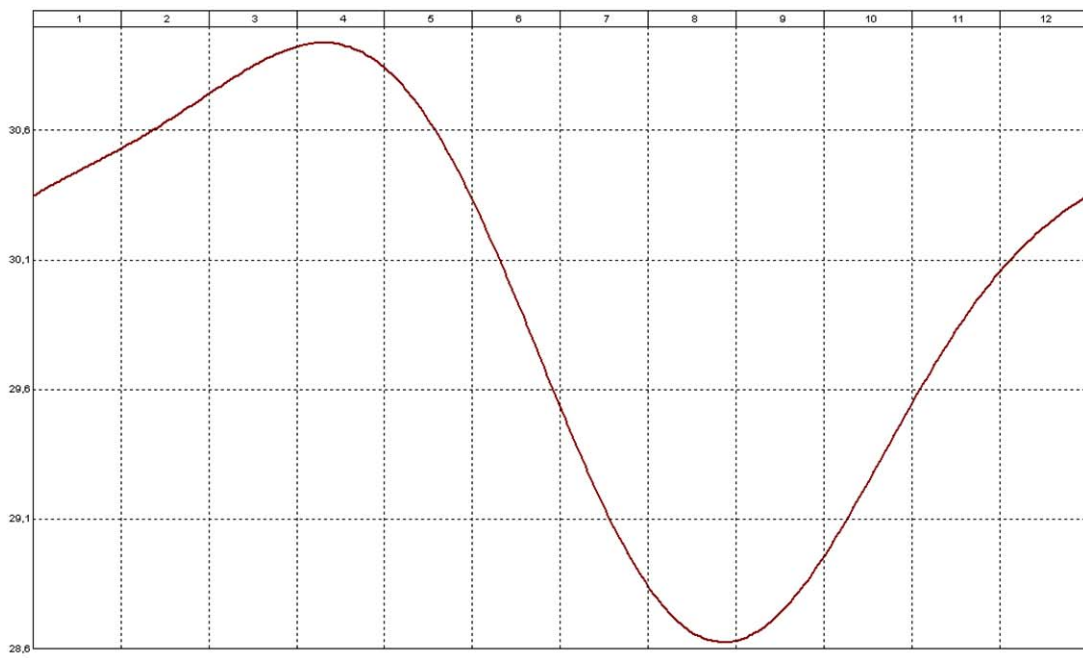


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B3-2R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e ^(-tiempo/365)	23,25697	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	1,54316	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	-0,39554	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 7,612358E-02
sen(PT)	0,98297	Error Máximo positivo: 0,1864128
cos(PT)	0,40717	Error Máximo negativo: -0,2662582
sen(2*PT)	-0,29374	Tolerancia: 0,1963988
cos(2*PT)	0,02906	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 218
sen(PT)*HC ²	0,14168	Error cuadrático: 0,2080914
cos(PT)*HC ²	0,07211	Error Máximo positivo: 0,6558228
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,4939461
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 74,31193 %
T. independiente	29,91065	

Tabla. Resumen de resultados

PD-B3-2T

Unidades

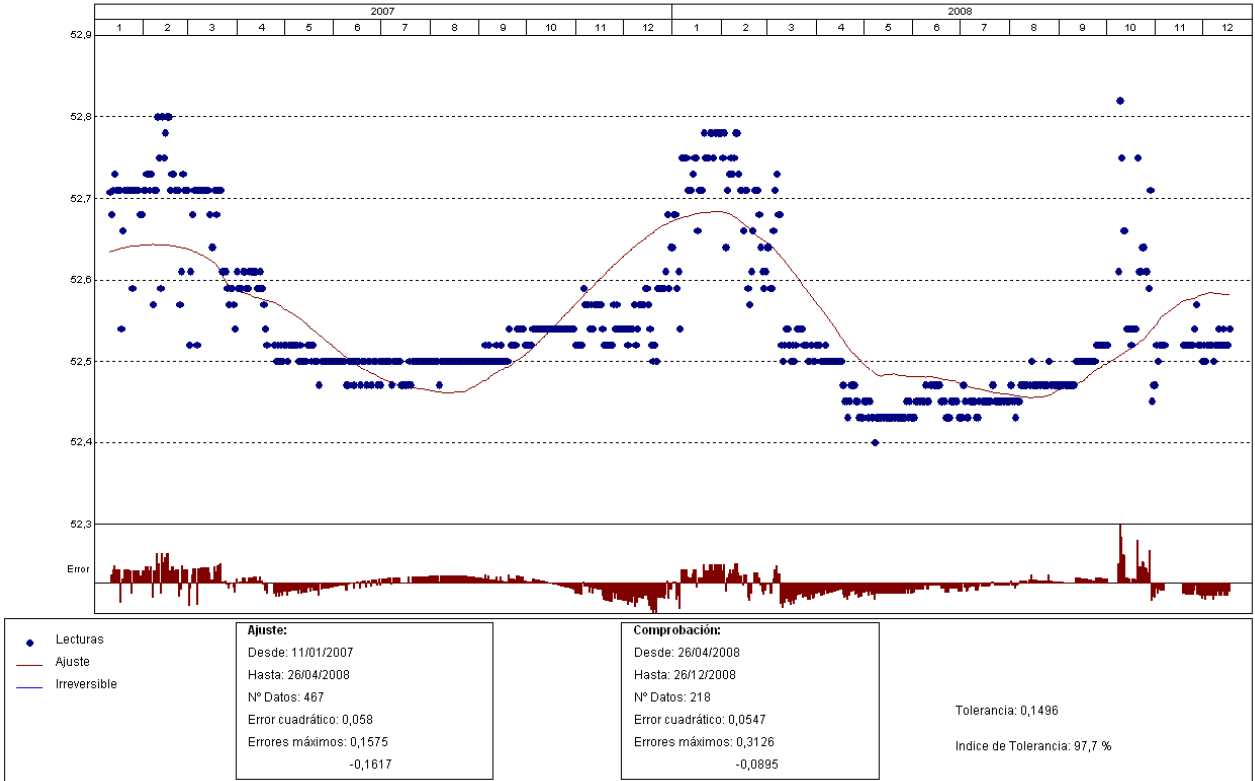


Gráfico. Ajuste estadístico

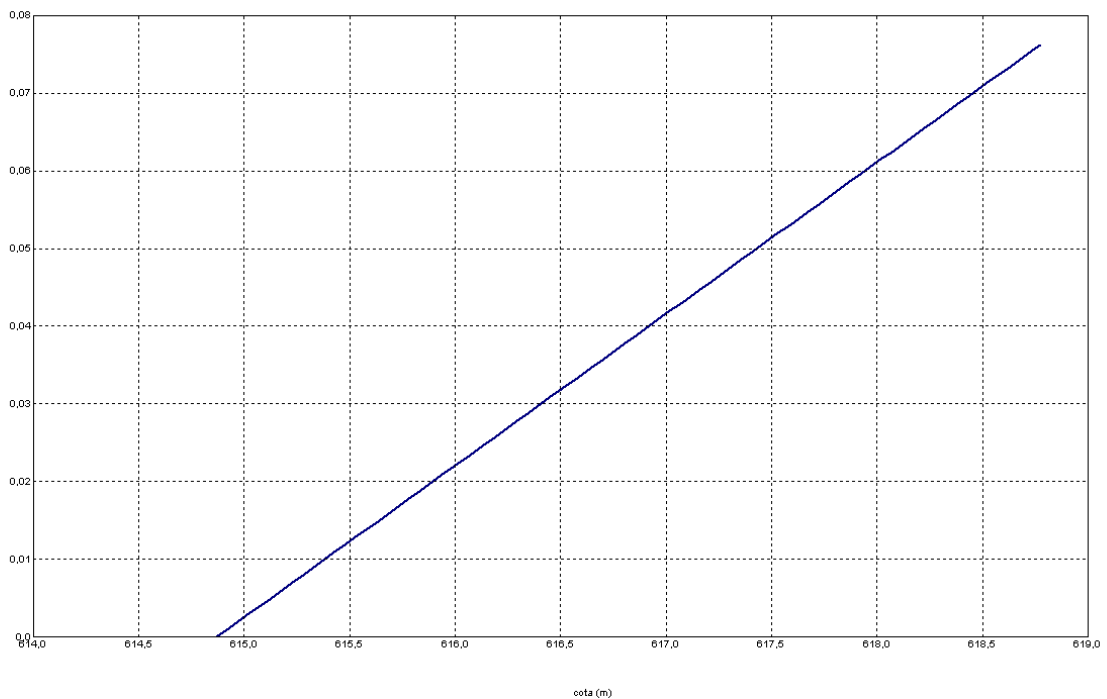


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PD-B3-3R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B3-3R

Unidades

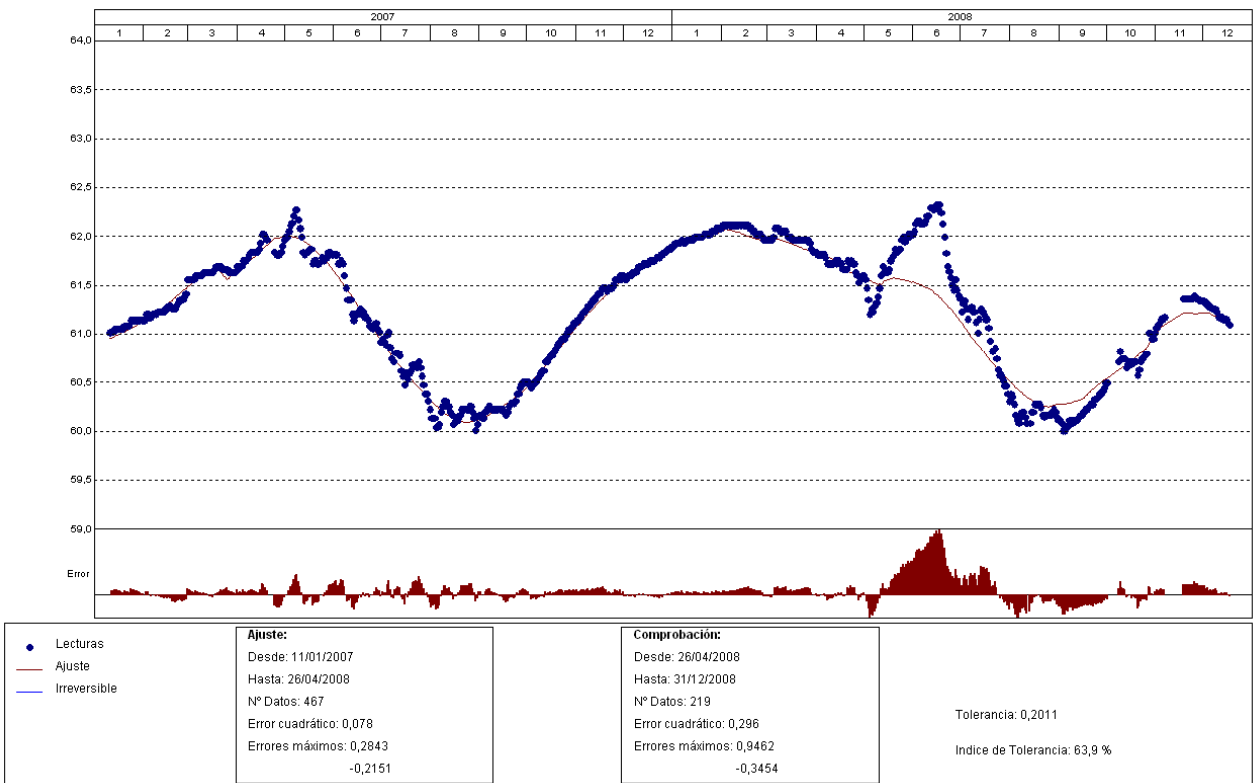
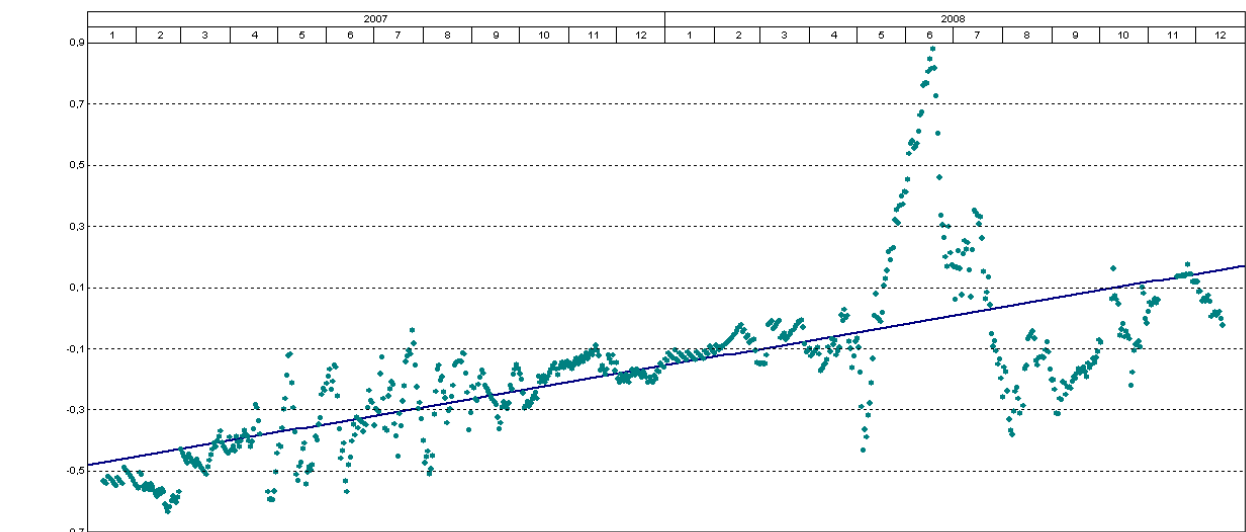


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PD-B3-3R

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // $cor = 0,71$ // $media = -0,1611$ // $n^\circ \text{ datos} = 685$ // $y99 = 0,462$ // $pendiente \text{ media} = 0,3261$

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PD-B3-3R

Unidades

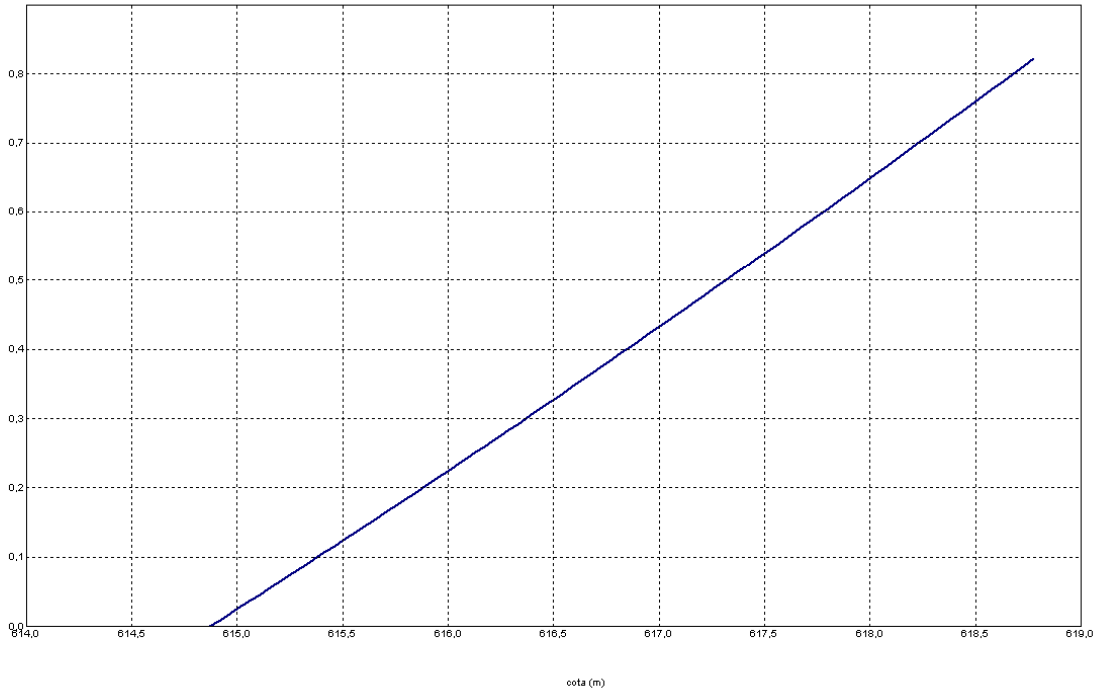


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

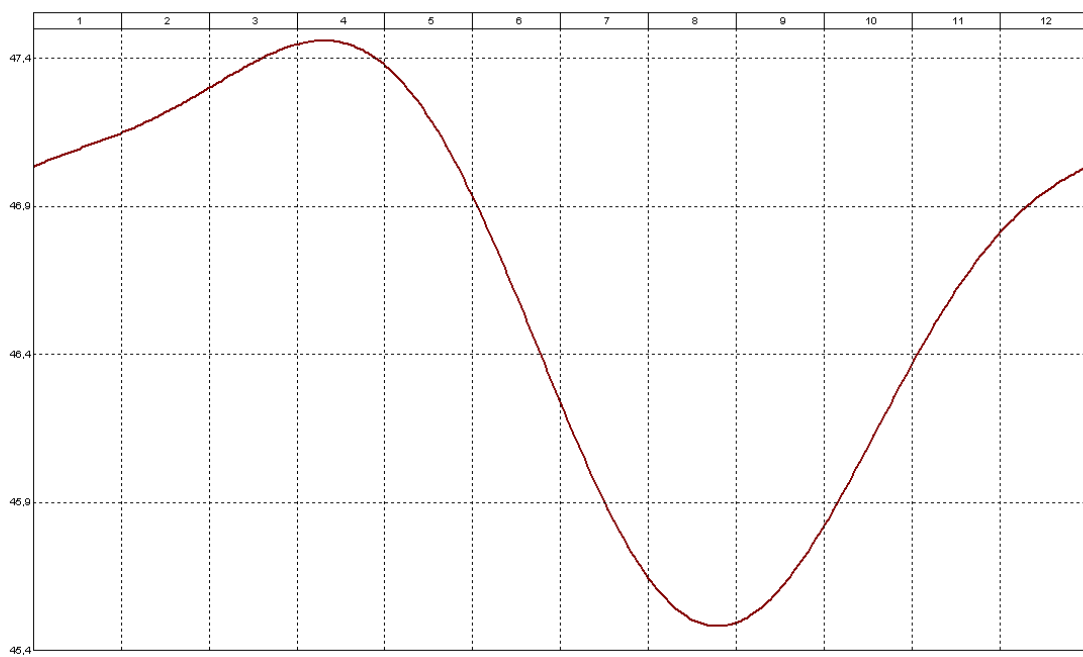


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B3-3R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e ^(-tiempo/365)	14,33682	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,76422	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	0,06568	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 7,795458E-02
sen(PT)	0,81246	Error Máximo positivo: 0,2842674
cos(PT)	0,39848	Error Máximo negativo: -0,2151375
sen(2*PT)	-0,27453	Tolerancia: 0,2011228
cos(2*PT)	-0,03009	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 219
sen(PT)*HC ²	0,08335	Error cuadrático: 0,2959902
cos(PT)*HC ²	0,06662	Error Máximo positivo: 0,9461594
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,3453751
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 63,92694 %
T. independiente	46,66434	

Tabla. Resumen de resultados

PD-B3-3T

Unidades

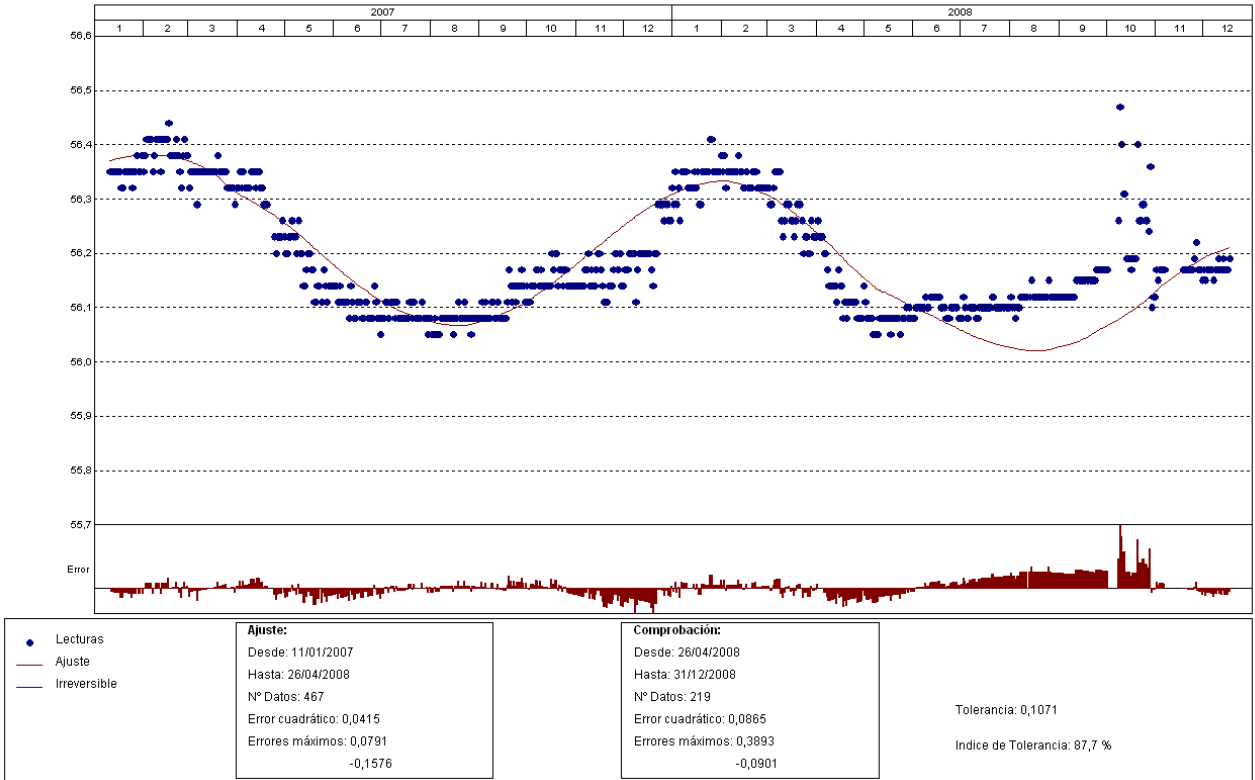


Gráfico. Ajuste estadístico

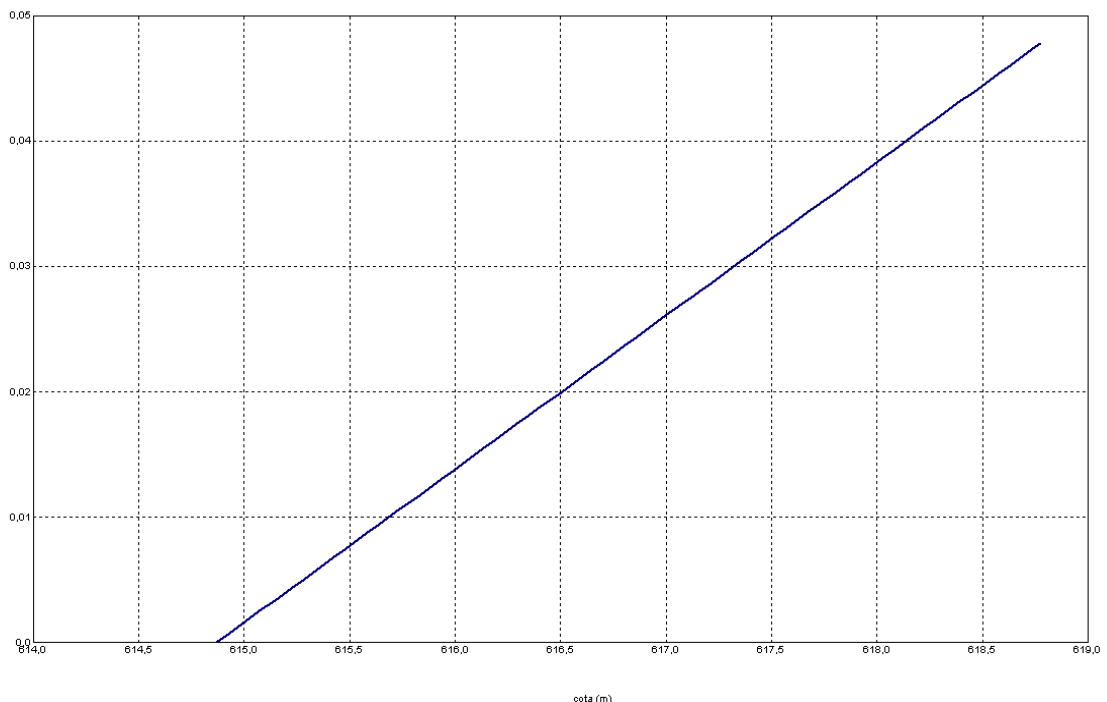


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PI-B3-1R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B3-1R

Unidades

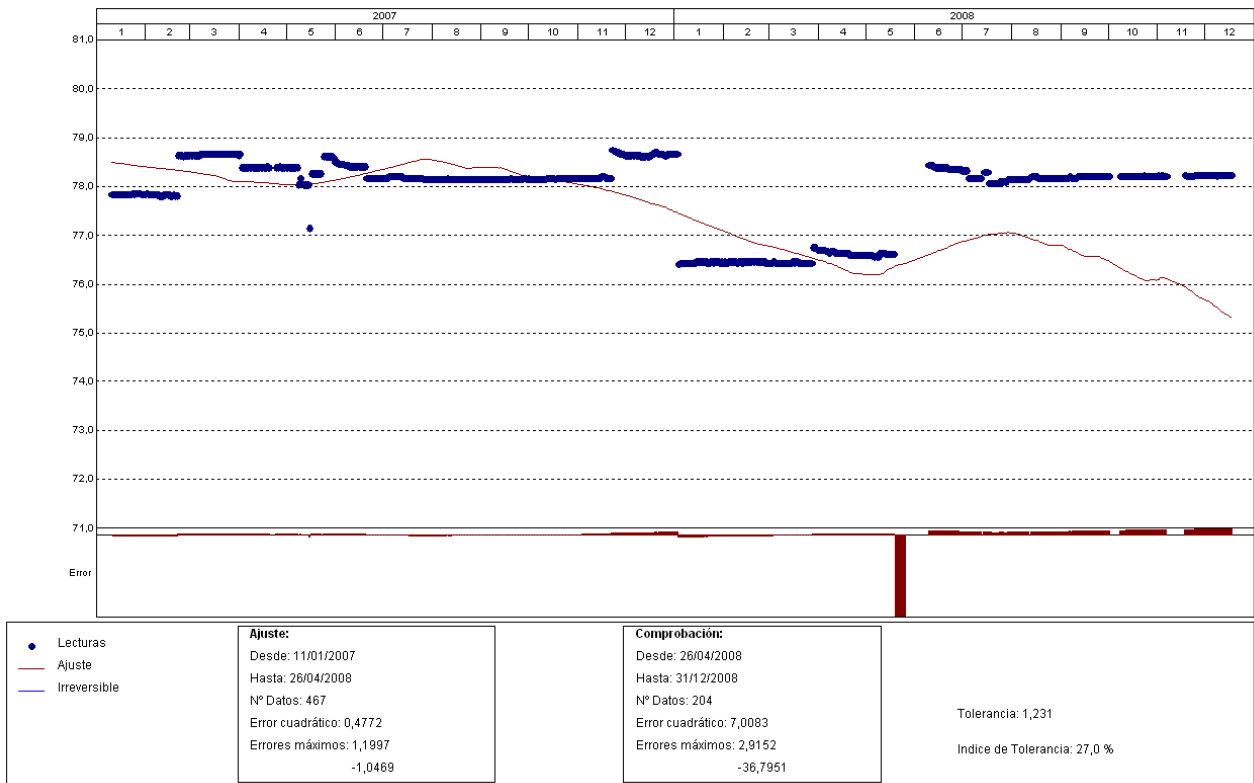


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa la dispersión e inconsistencia de los datos registrados, por esta razón no se presentan resultados de la modelación.

PI-B3-1T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B3-1T

Unidades

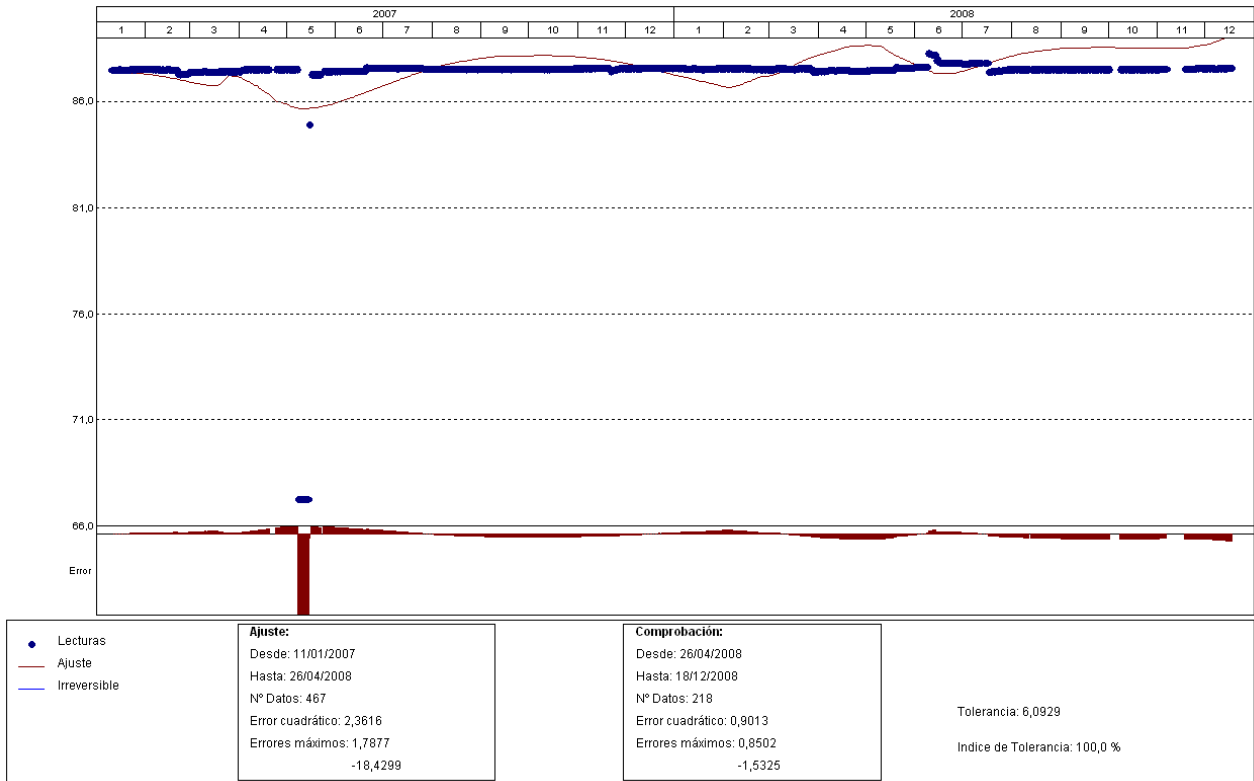


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa la dispersión e inconsistencia de los datos registrados, por esta razón no se presentan resultados de la modelación.

3.4.2 Péndulos instalados en el bloque 4

PD-B4-2R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B4-2R

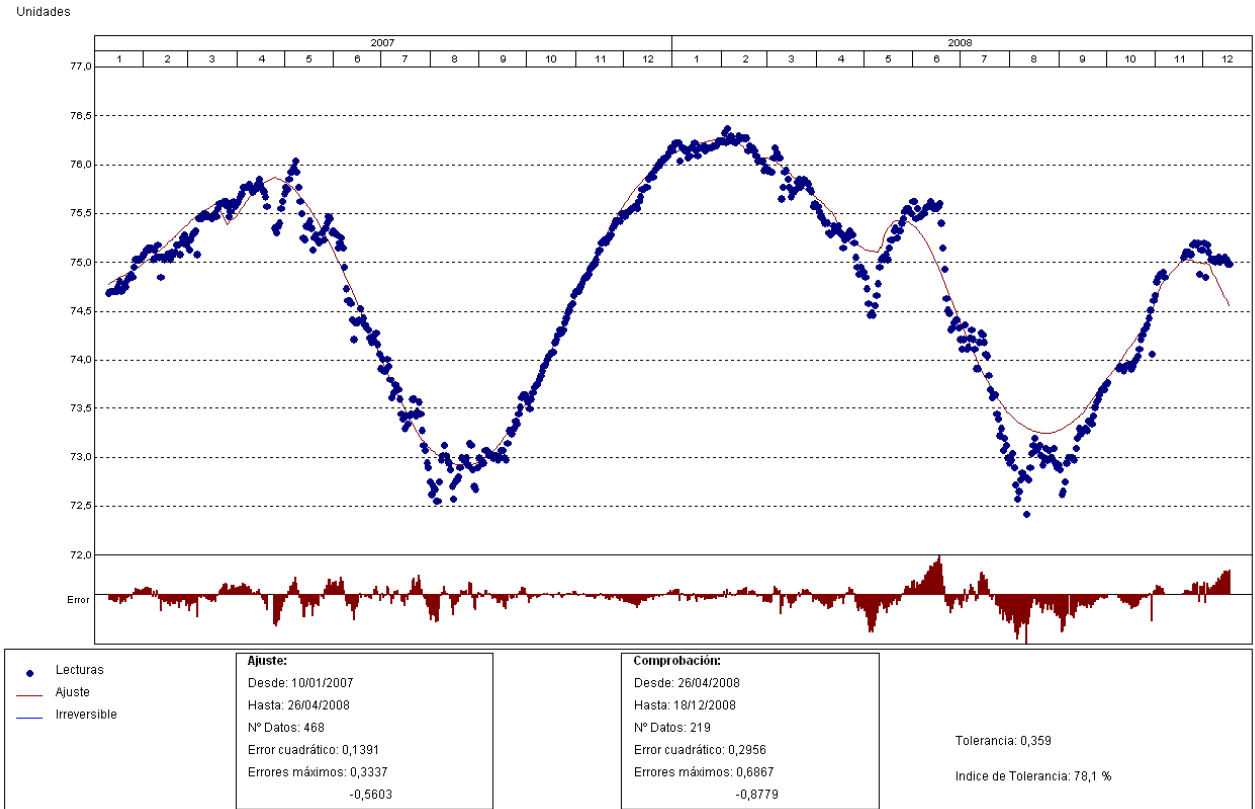


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PD-B4-2R

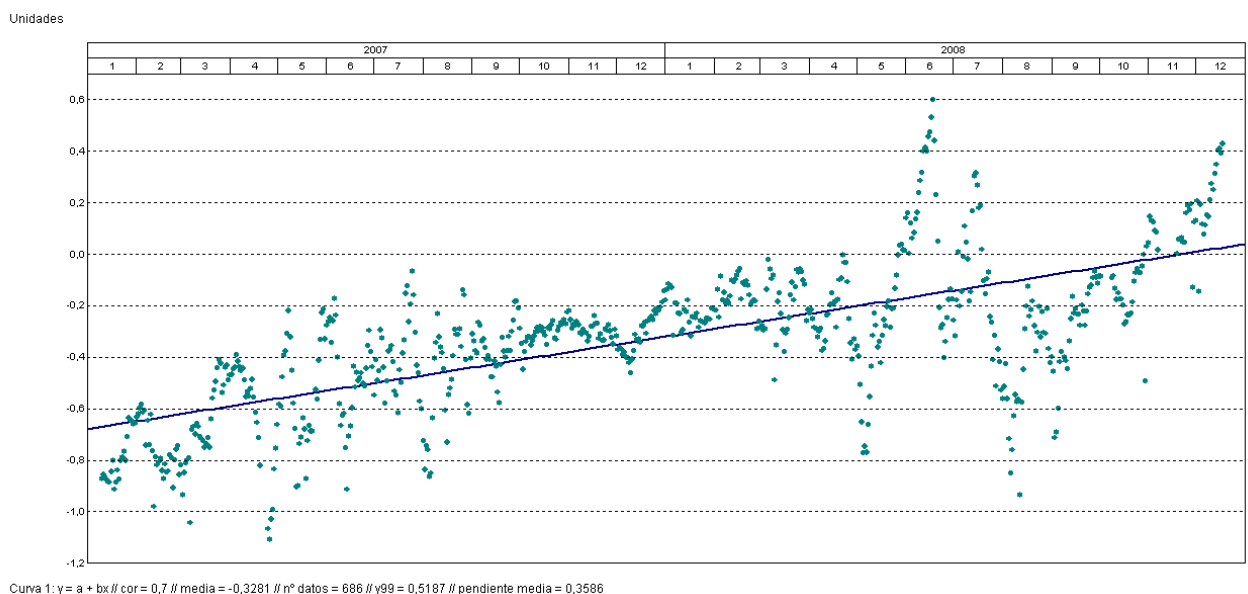


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PD-B4-2R

Unidades

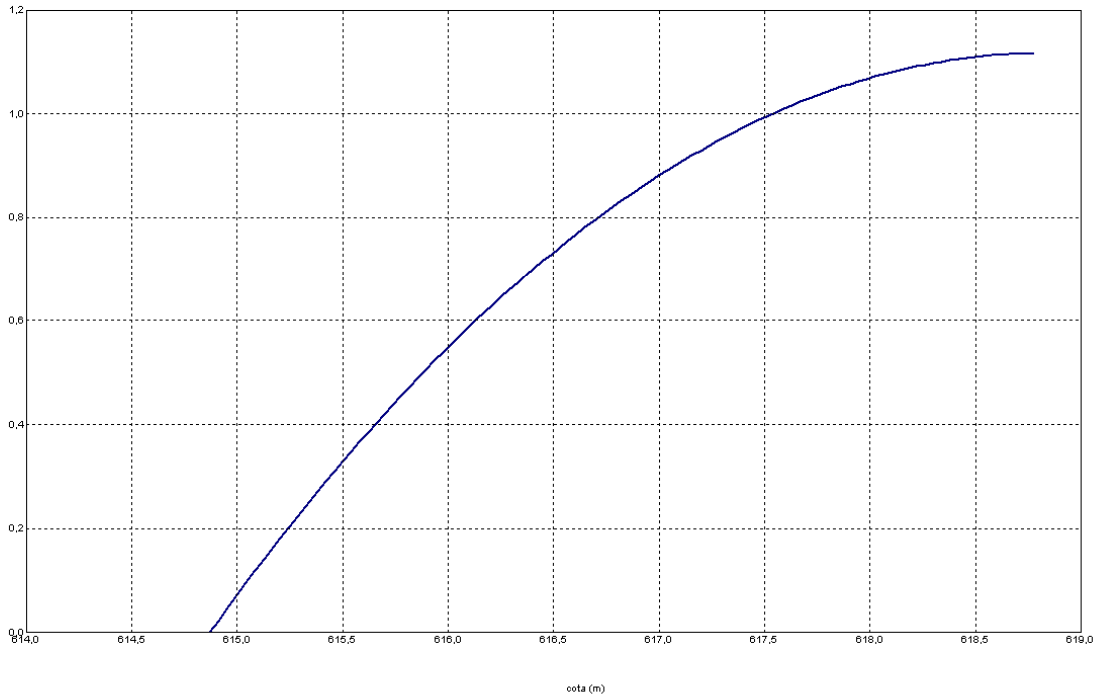


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B4-2R

Unidades

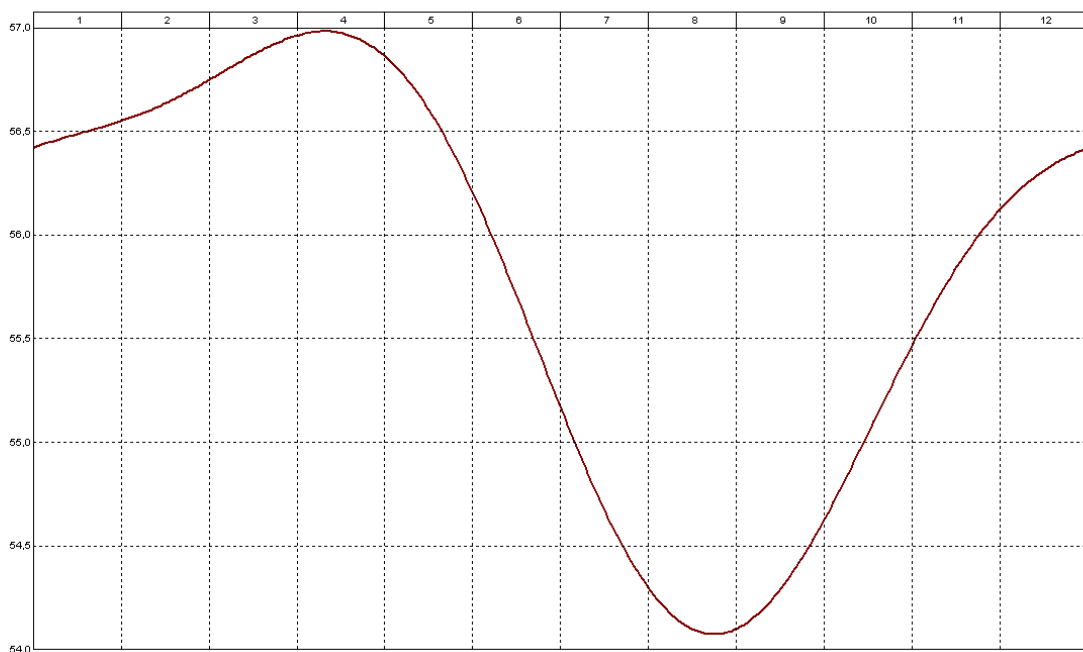


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B4-2R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	10/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 468
1-e ^(-tiempo/365)	18,63217	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	2,23374	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	-1,11679	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,1391452
sen(PT)	1,16829	Error Máximo positivo: 0,3337402
cos(PT)	0,62644	Error Máximo negativo: -0,560257
sen(2*PT)	-0,42836	Tolerancia: 0,3589945
cos(2*PT)	0,07853	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 219
sen(PT)*HC ²	0,21975	Error cuadrático: 0,2955805
cos(PT)*HC ²	0,39309	Error Máximo positivo: 0,6866531
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,8779144
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 78,08219 %
T. independiente	55,71648	

Tabla. Resumen de resultados

PD-B4-2T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B4-2T

Unidades

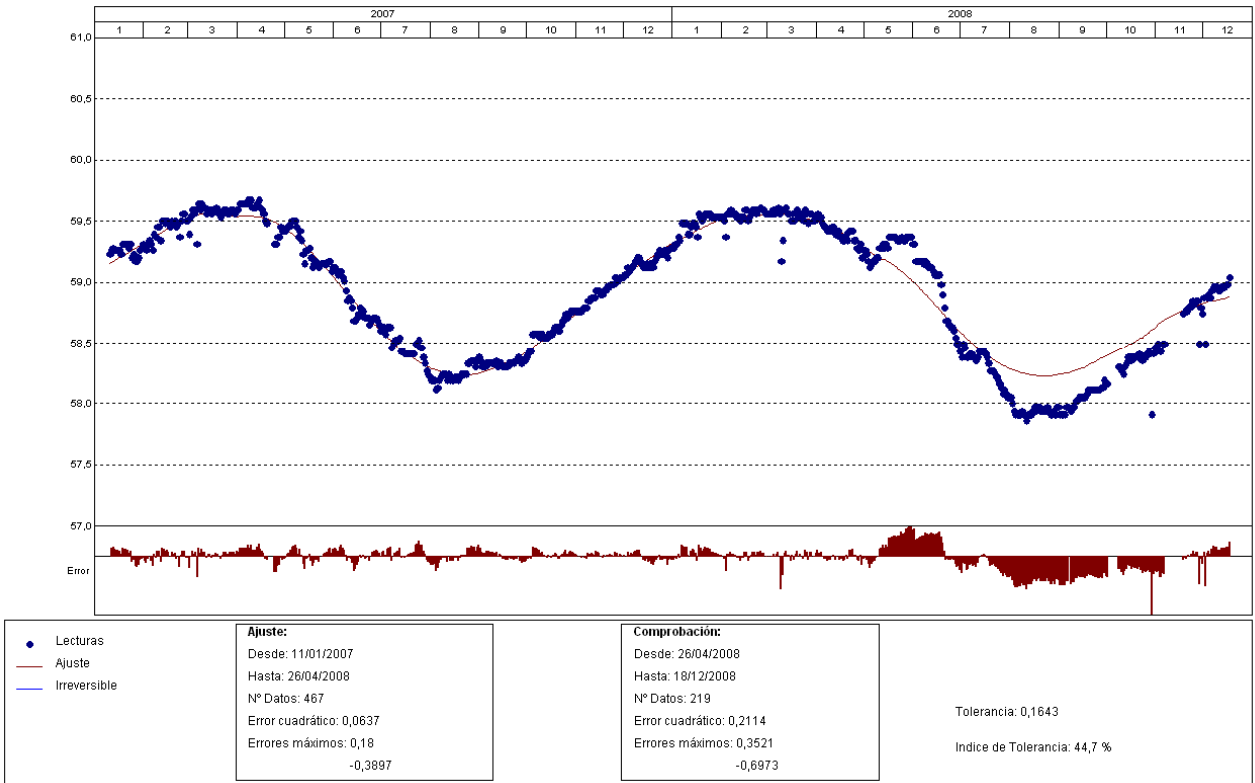


Gráfico. Ajuste estadístico

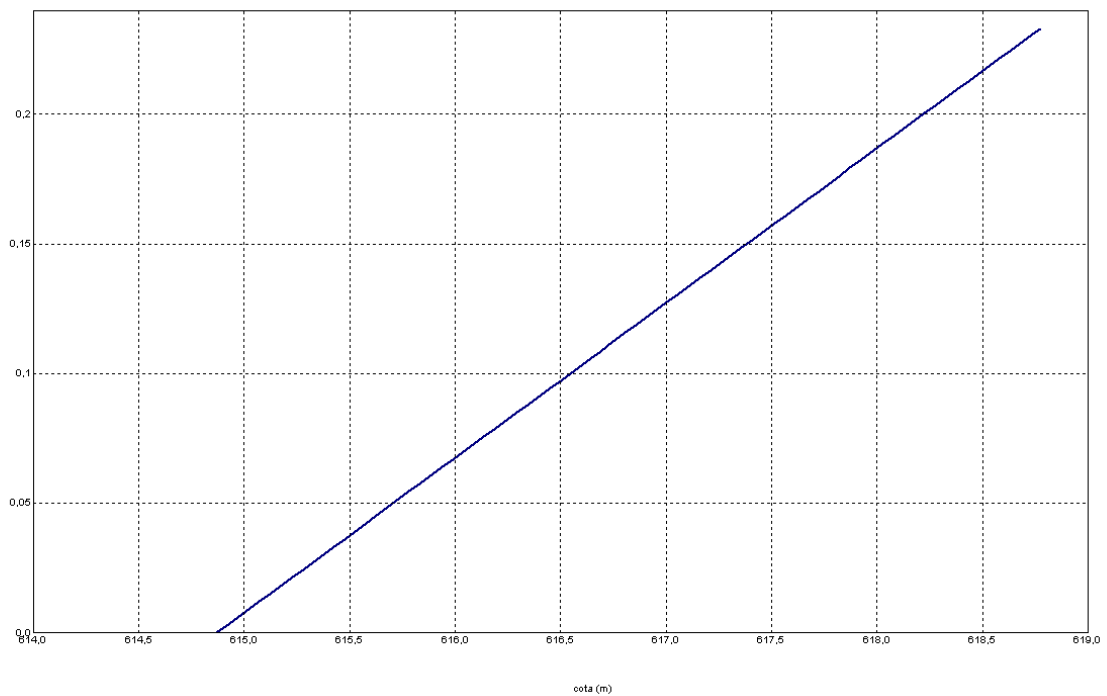


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B4-2T

Unidades

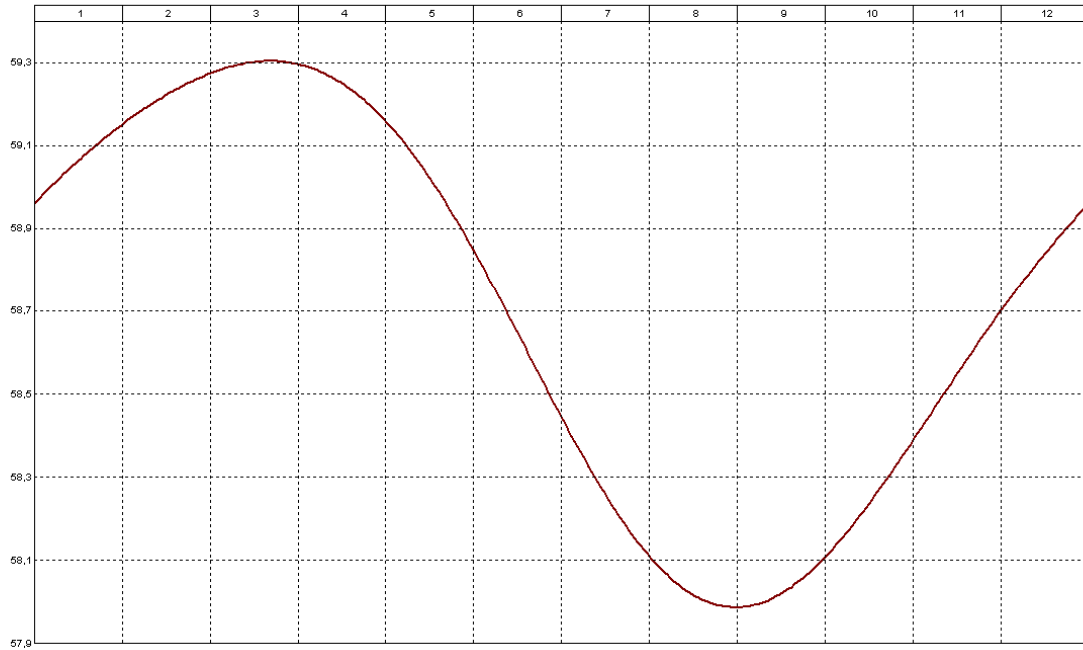


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B4-2T

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,00575	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,23523	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 6,368728E-02
sen(PT)	0,59416	Error Máximo positivo: 0,1800079
cos(PT)	0,25853	Error Máximo negativo: -0,3897095
sen(2*PT)	-0,08284	Tolerancia: 0,1643132
cos(2*PT)	-0,05133	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 219
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2114311
cos(PT)*HC^2	0,14206	Error Máximo positivo: 0,3521271
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,6973
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 44,74886 %
T. independiente	58,75349	

Tabla. Resumen de resultados

PD-B4-3R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B4-3R

Unidades

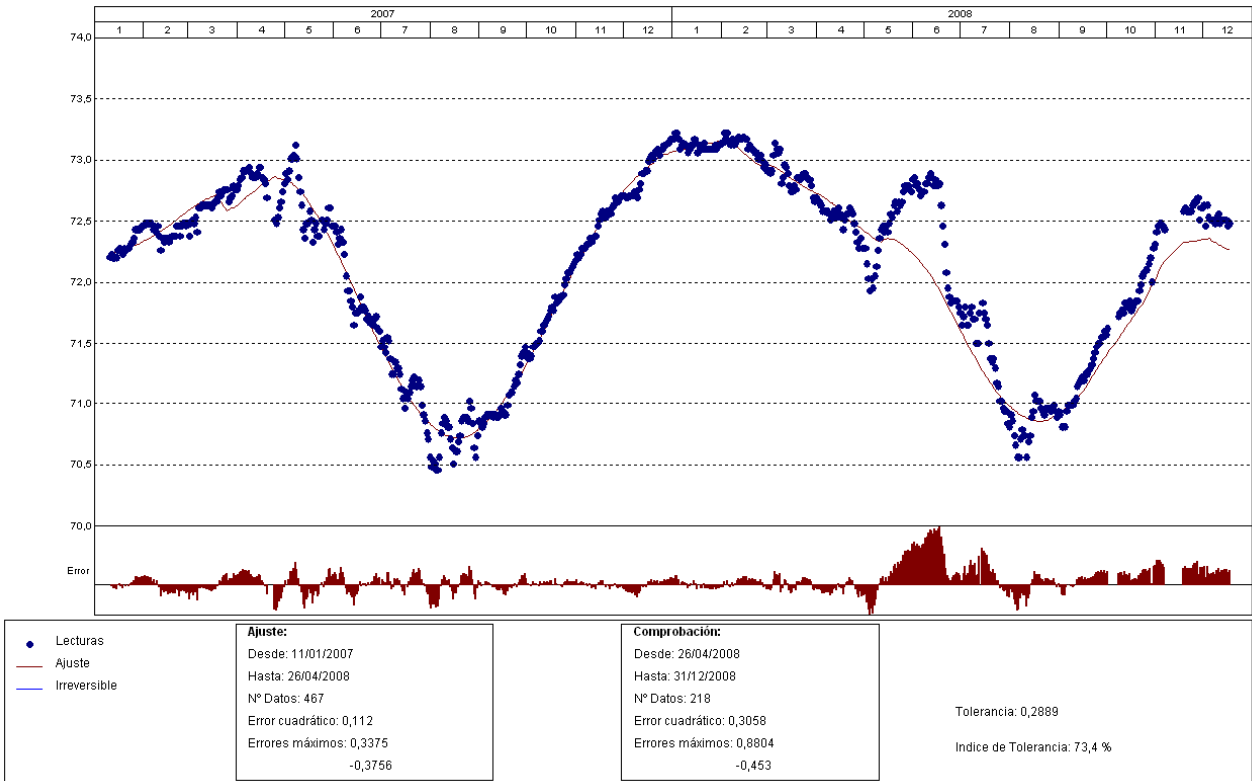
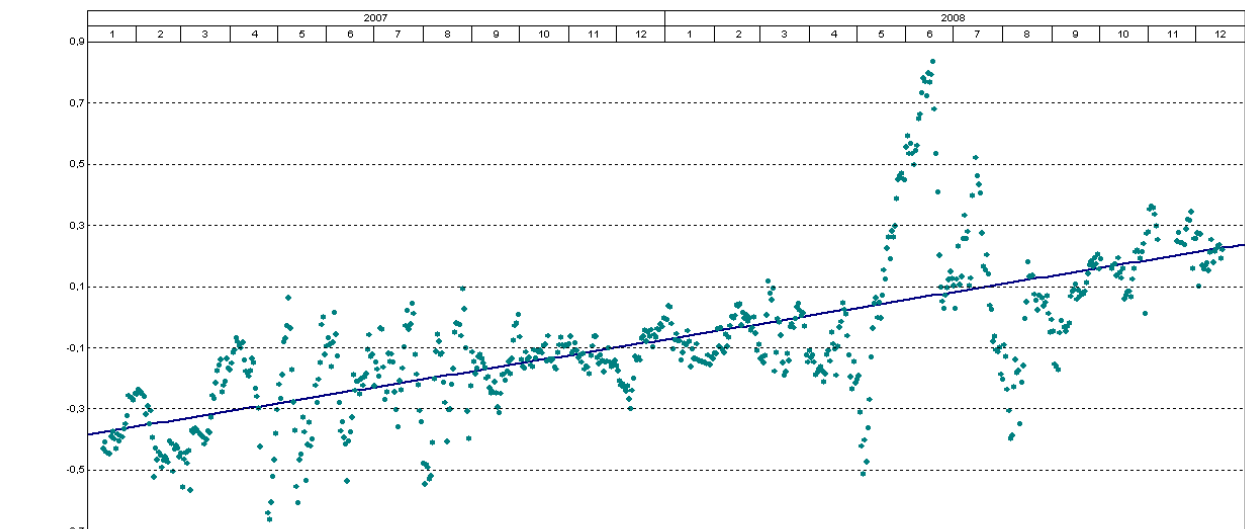


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PD-B4-3R

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // $cor = 0,7$ // $media = -0,0795$ // n° datos = 684 // $y99 = 0,4458$ // $pendiente\ media = 0,3109$

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

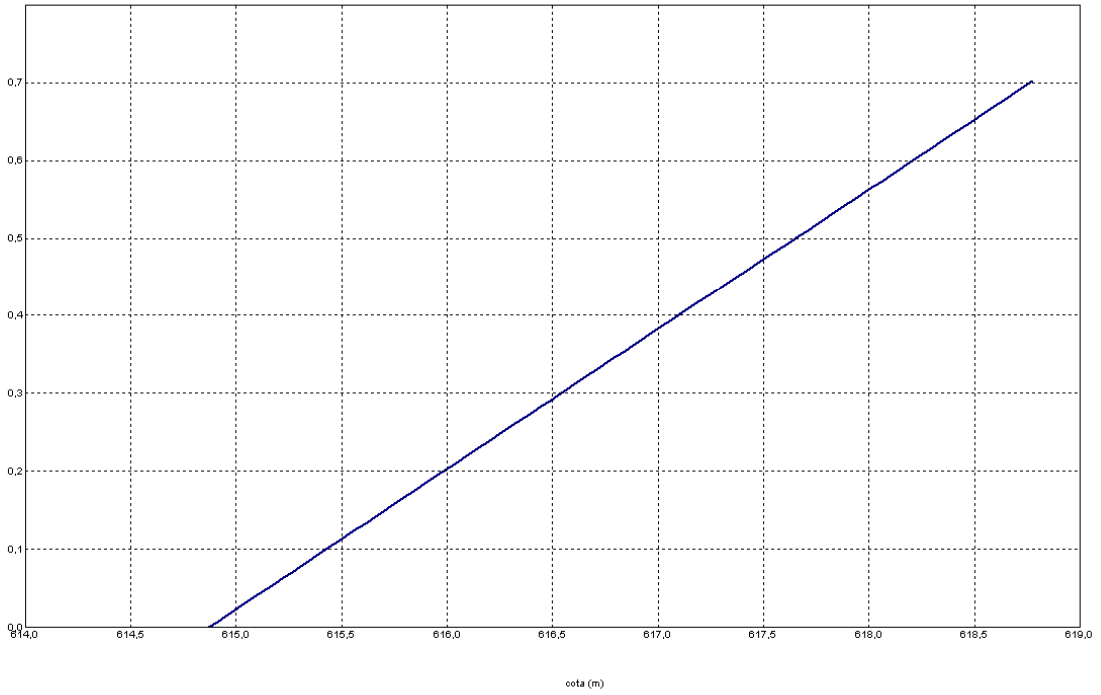


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B4-3R

Unidades

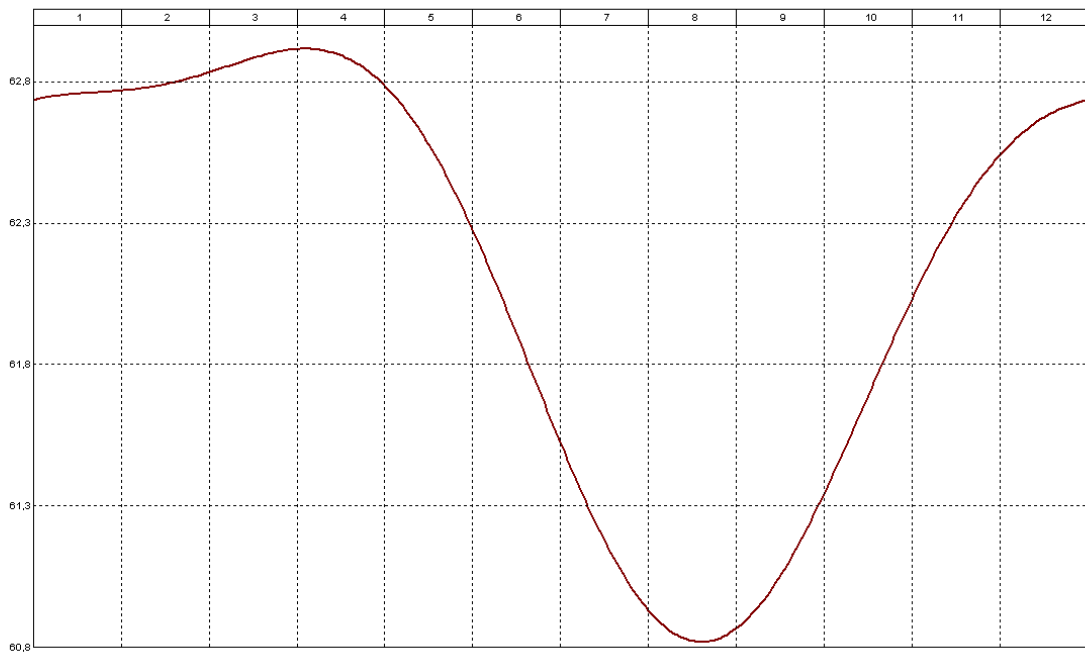


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B4-3R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e [^] (-tiempo/365)	9,71838	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,70833	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,1119842
sen(PT)	0,78564	Error Máximo positivo: 0,3374939
cos(PT)	0,60686	Error Máximo negativo: -0,3756485
sen(2*PT)	-0,32271	Tolerancia: 0,2889194
cos(2*PT)	-0,02571	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 218
sen(PT)*HC ²	0,14857	Error cuadrático: 0,3058143
cos(PT)*HC ²	0,22798	Error Máximo positivo: 0,8804092
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,4530182
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 73,39449 %
T. independiente	62,15527	

Tabla. Resumen de resultados

PD-B4-3T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B4-3T

Unidades

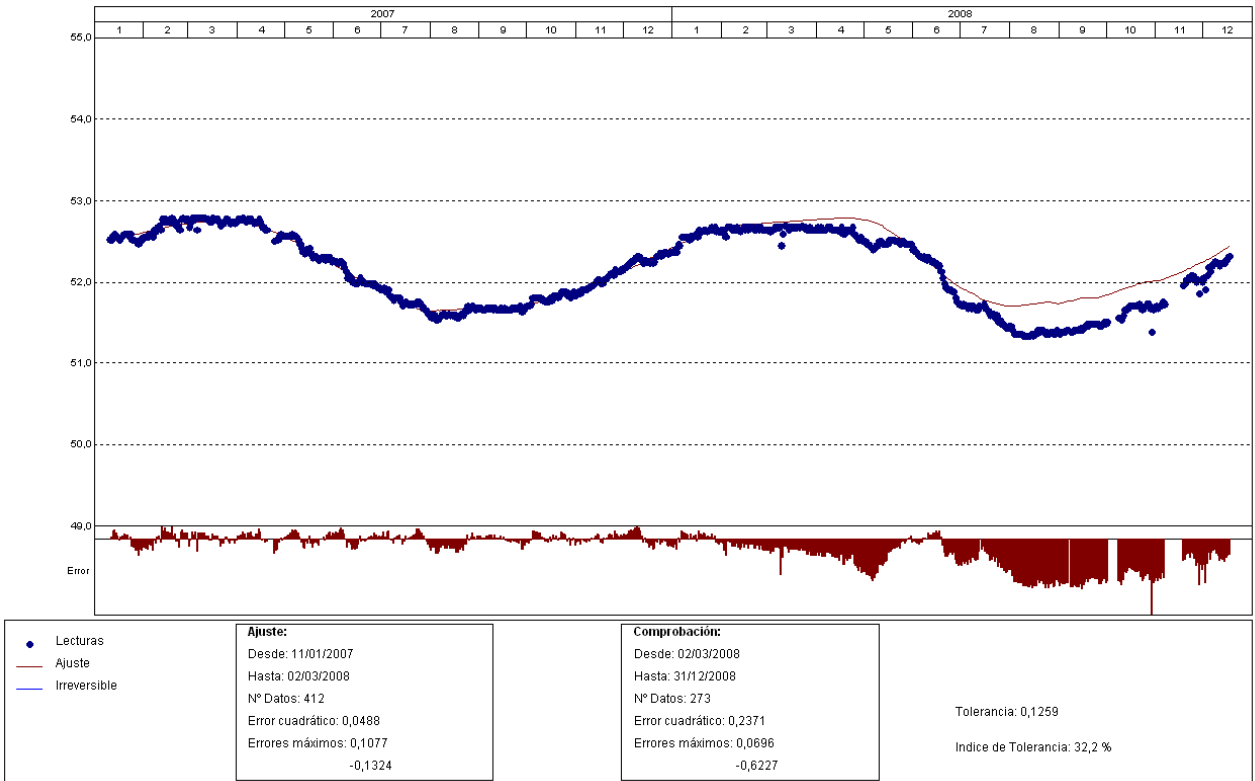


Gráfico. Ajuste estadístico

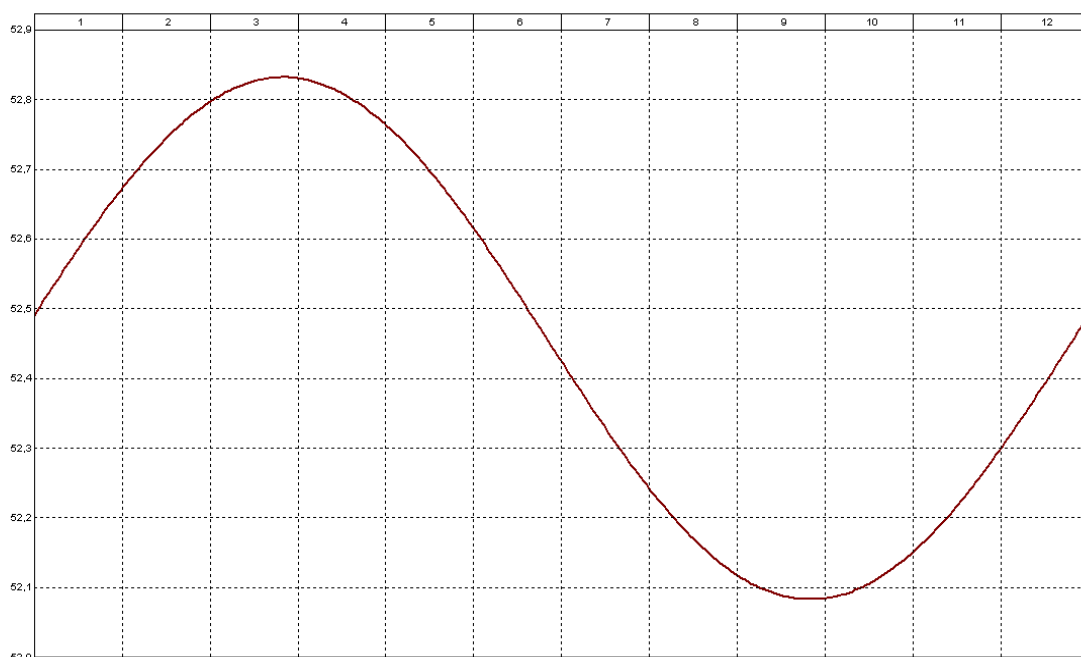


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B4-3T

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 02/03/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 412
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,29835	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 4,879298E-02
sen(PT)	0,37304	Error Máximo positivo: 0,1077461
cos(PT)	0,0333	Error Máximo negativo: -0,1324196
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1258859
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	02/03/2008 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 273
sen(PT)*HC ²	0,2117	Error cuadrático: 0,237126
cos(PT)*HC ²	0,25567	Error Máximo positivo: 6,964874E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,6227341
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 32,23443 %
T. independiente	52,45746	

Tabla. Resumen de resultados

PI-B4-1R

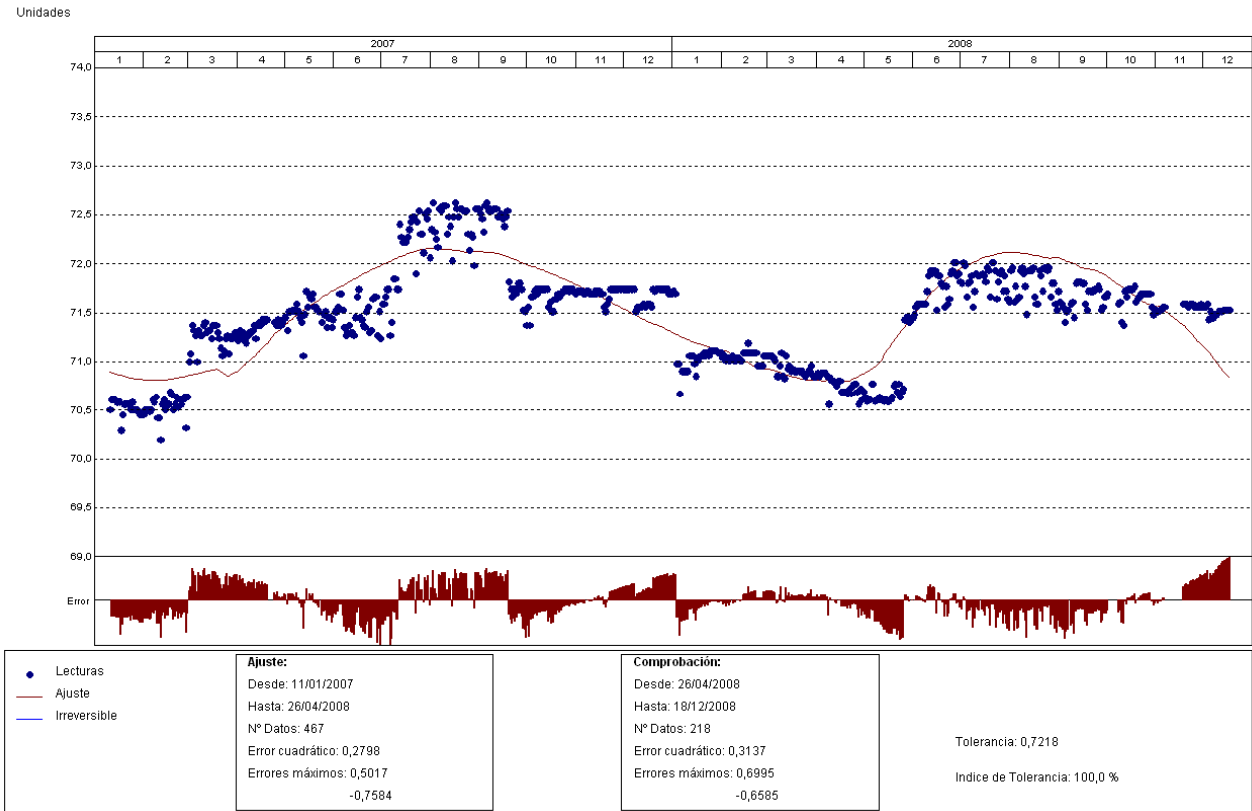


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PI-B4-1R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 467
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,57945	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2797682
sen(PT)	-0,43748	Error Máximo positivo: 0,5016937
cos(PT)	-0,31214	Error Máximo negativo: -0,7584152
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7218021
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 218
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3137175
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,6995468
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,6584549
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	71,10684	

Tabla. Resumen de resultados

PI-B4-1T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B4-1T

Unidades

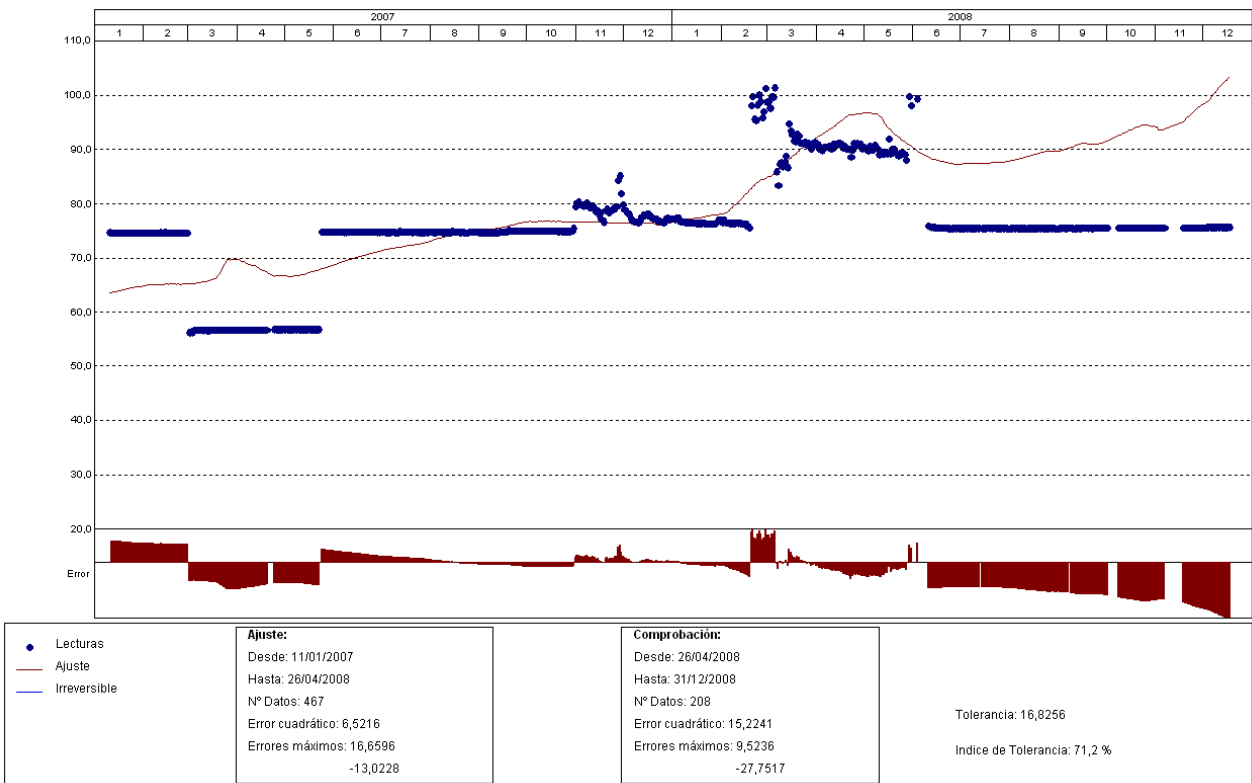


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa la dispersión e inconsistencia de los datos registrados, por esta razón no se presentan resultados de la modelación.

PI-B4-2R

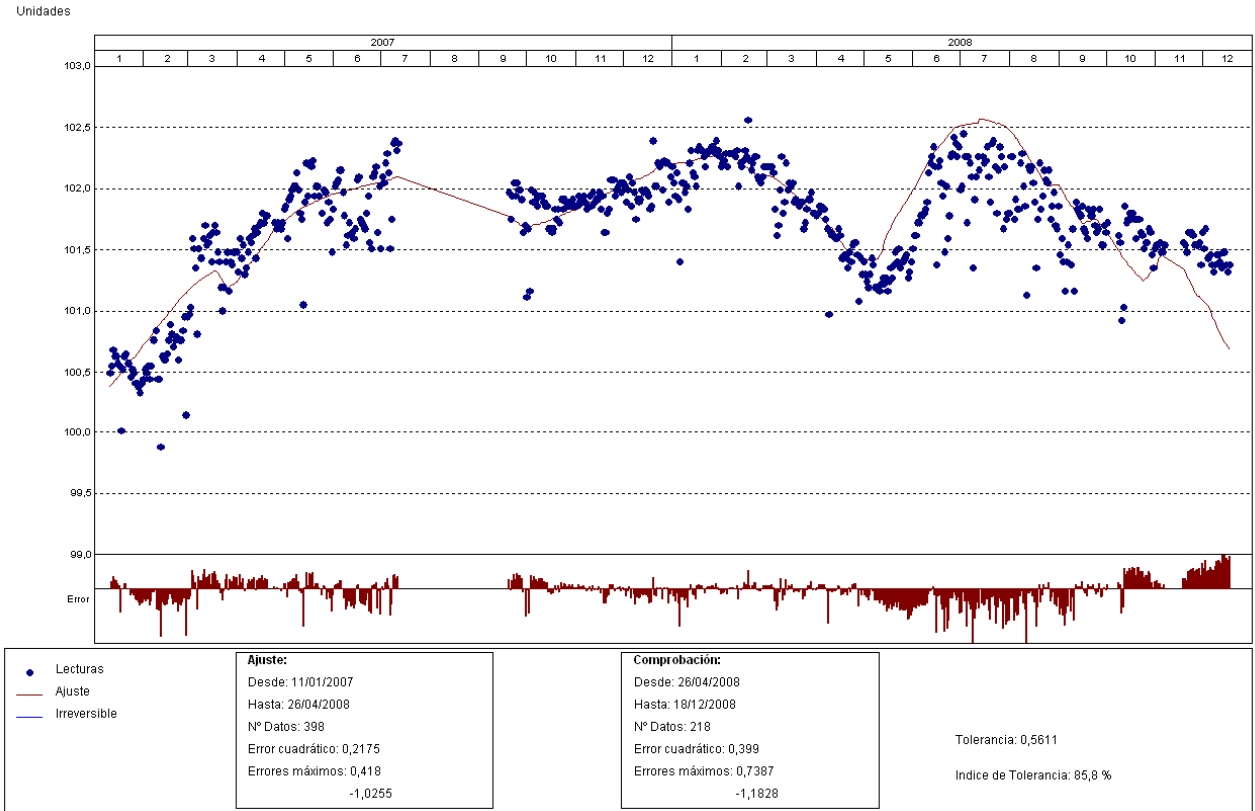


Gráfico. Ajuste estadístico

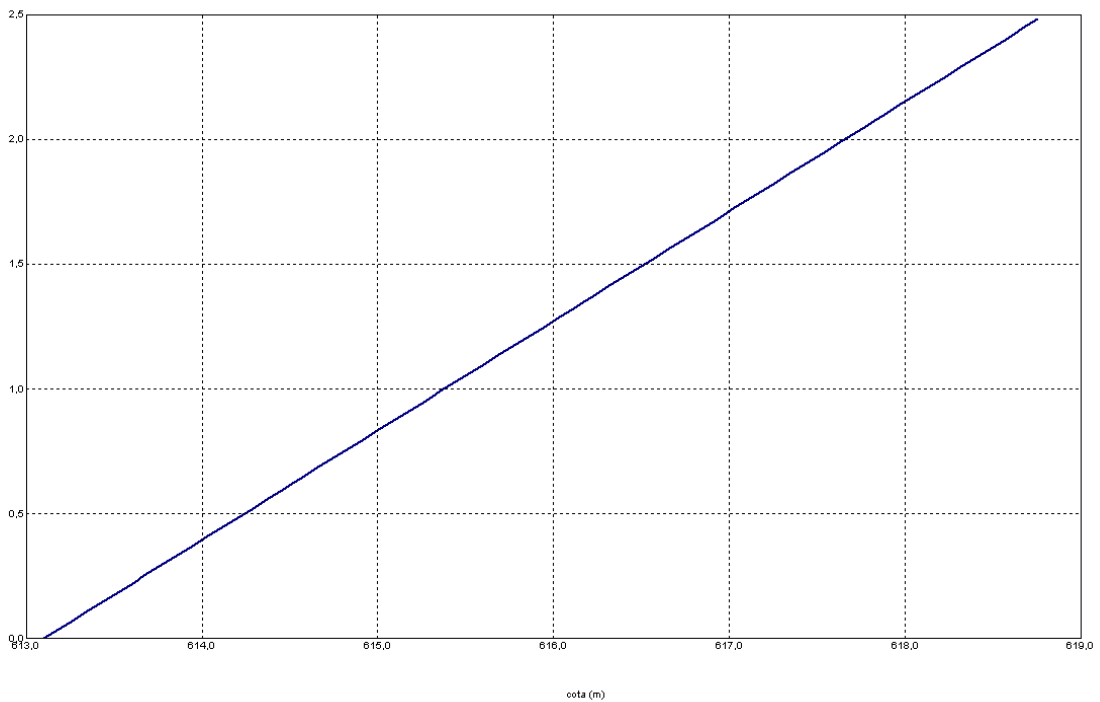


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PI-B4-2R(1)

Unidades

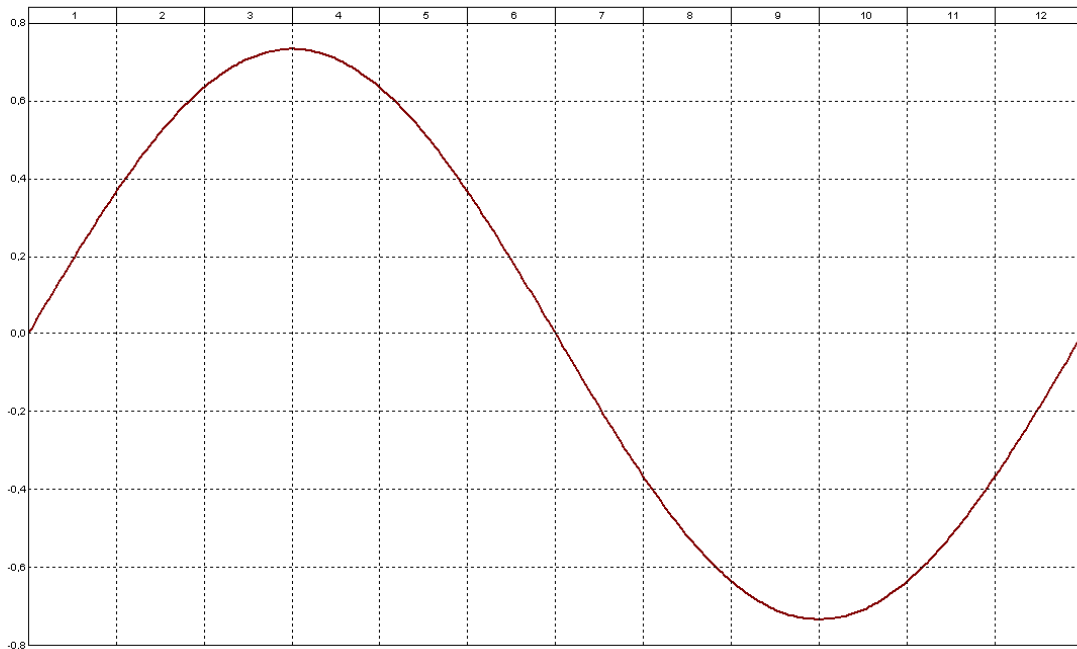


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PI-B4-2R(1)

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e [^] (-tiempo/365)	30,34547	Nº de datos: 398
HC	2,50676	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,73349	Error cuadrático: 0,2174904
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,4180298
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,02549
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,5611253
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC ²	-0,79119	Nº de datos: 218
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,3989801
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,7386551
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,182793
T. independiente	70,13044	

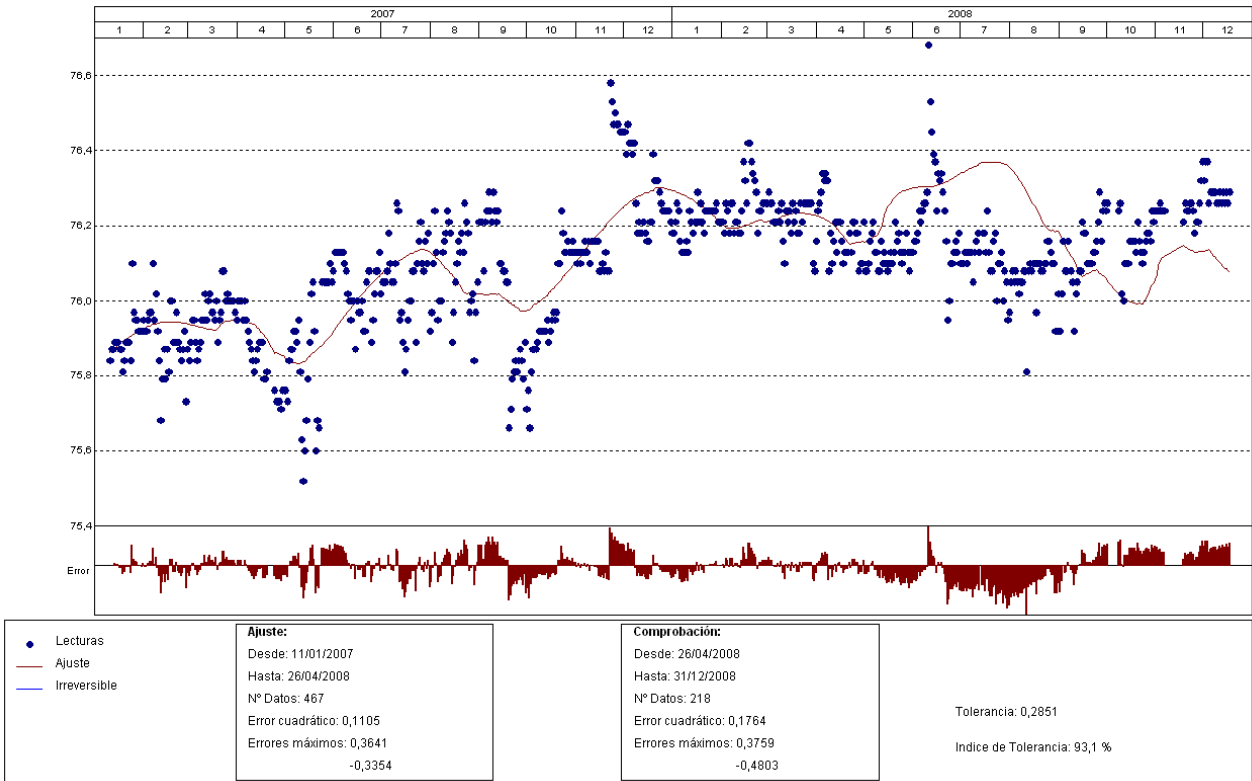
Indice de Tolerancia: 85,77982 %

Tabla. Resumen de resultados

PI-B4-2T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B4-2T

Unidades



3.4.3 Péndulos instalados en el bloque 6

PD-B6-2R

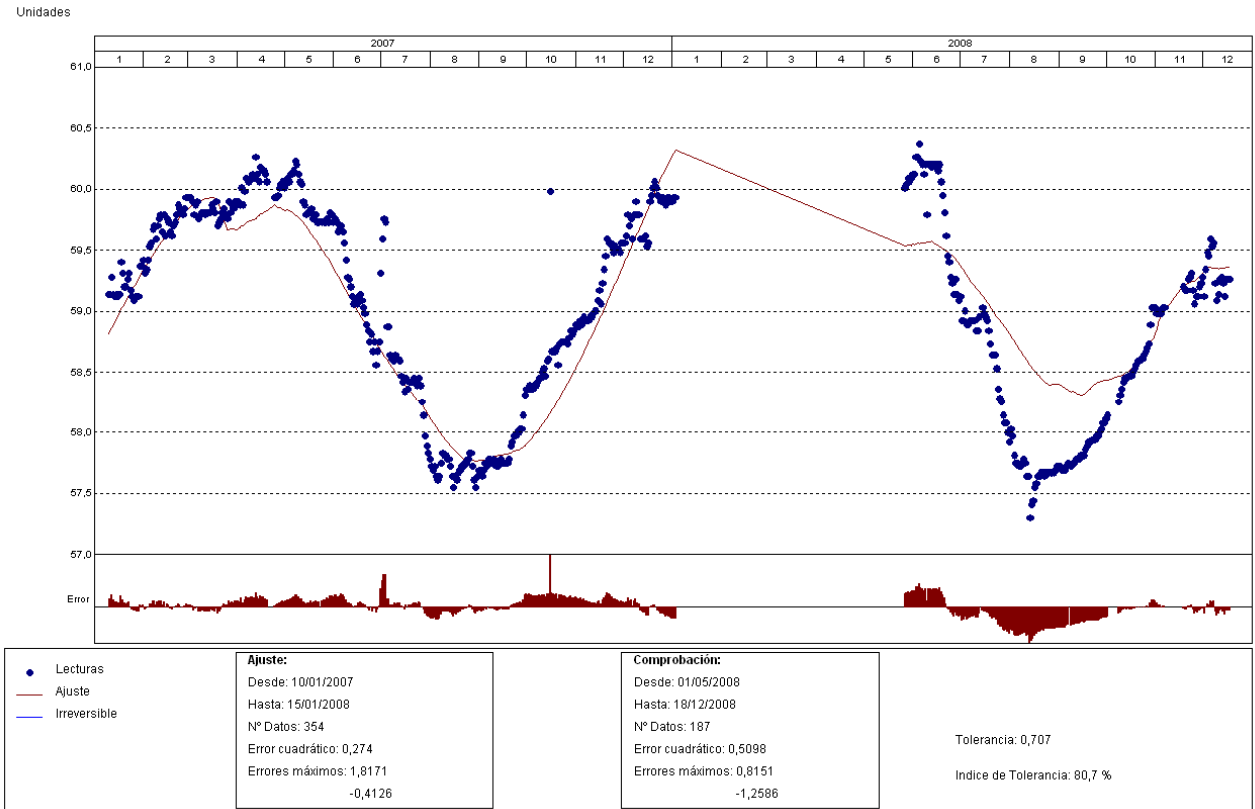


Gráfico. Ajuste estadístico

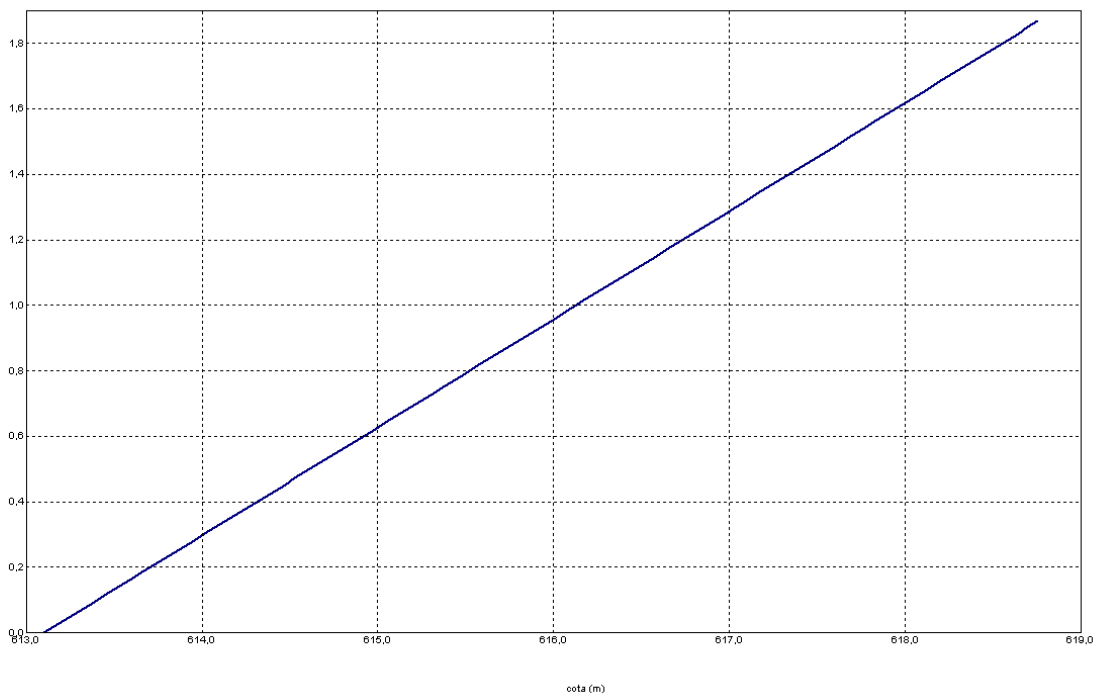


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B6-2R(1)

Unidades

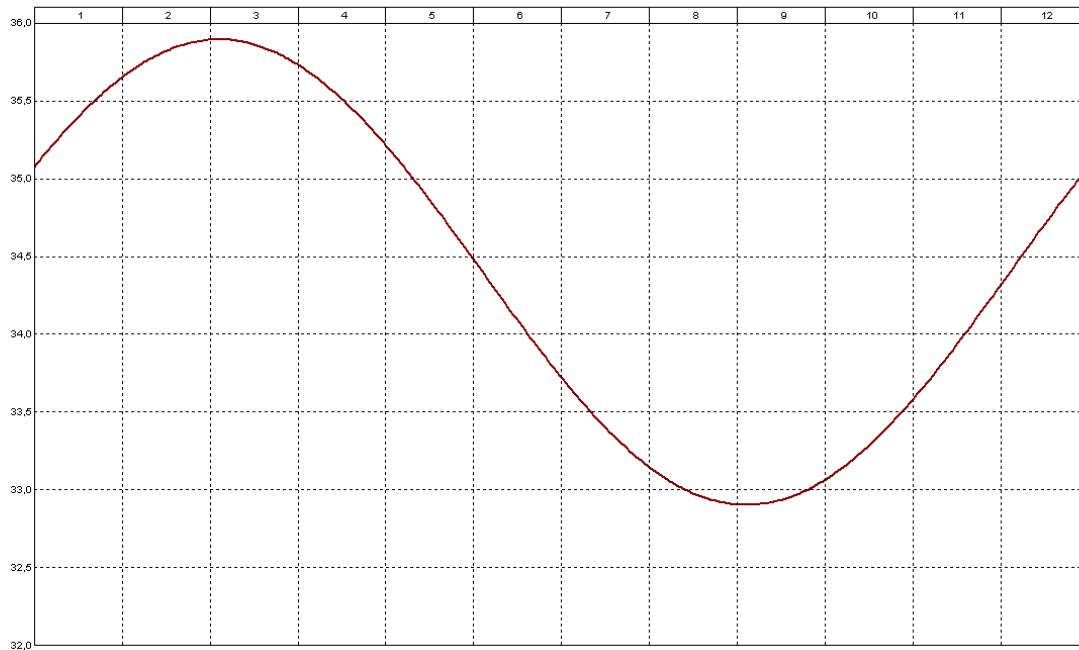


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B6-2R(1)

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coficiente	
Ln(tiempo)	3,22164	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	10/01/2007 al 15/01/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 354
HC	1,88542	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	1,33393	Error cuadrático: 0,2740218
cos(PT)	0,67775	Error Máximo positivo: 1,817051
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,4125671
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7069762
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/05/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 187
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,5097933
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8151131
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,25864
T. independiente	34,39953	Índice de Tolerancia: 80,74866 %

Tabla. Resumen de resultados

PD-B6-2T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B6-2T

Unidades

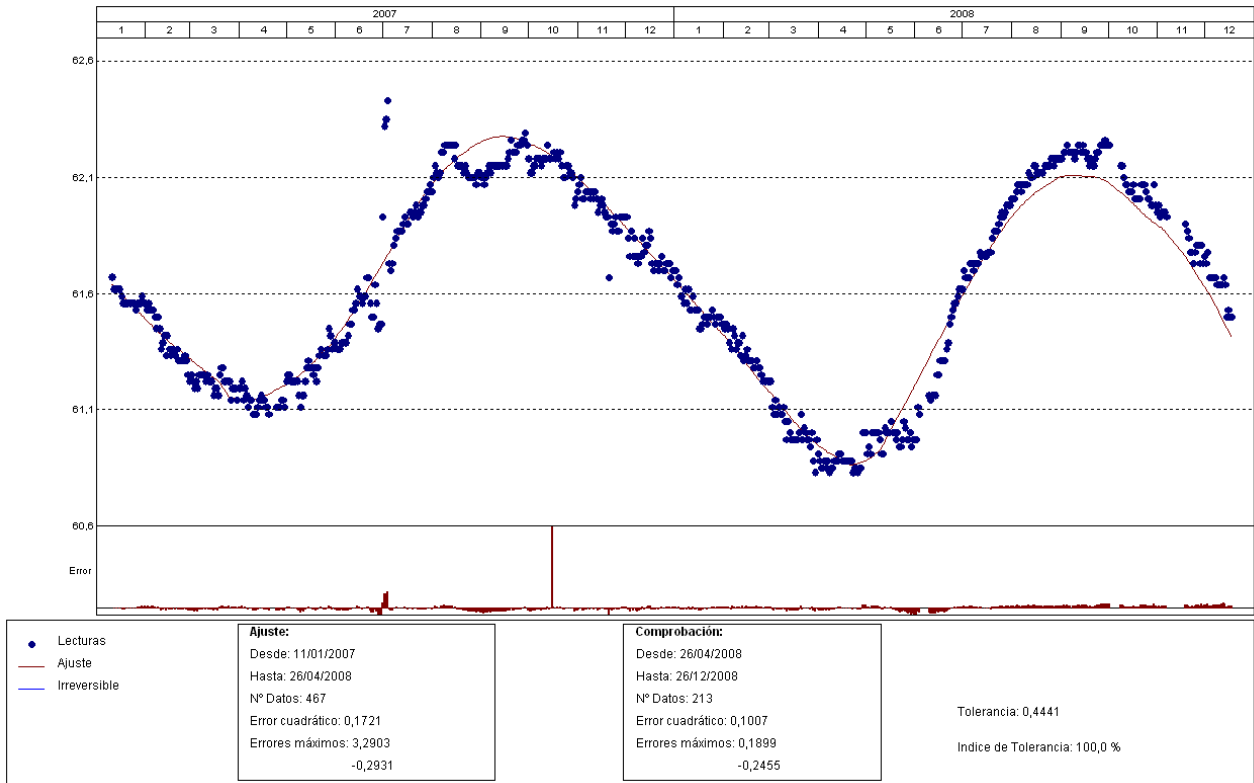


Gráfico. Ajuste estadístico

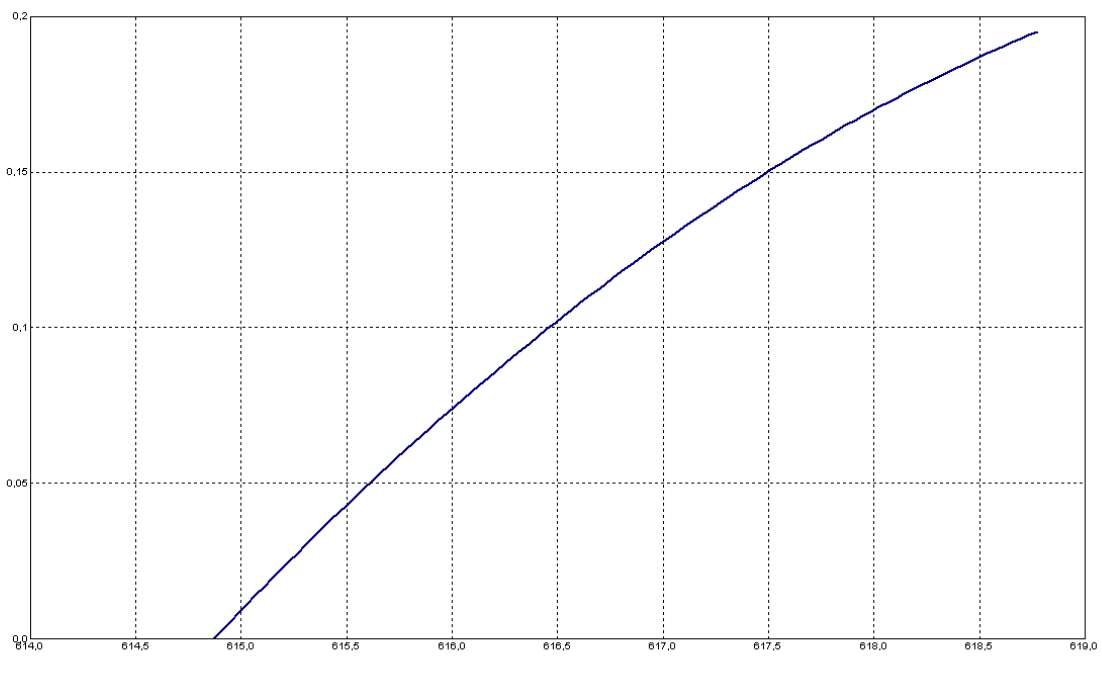


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B6-2T

Unidades

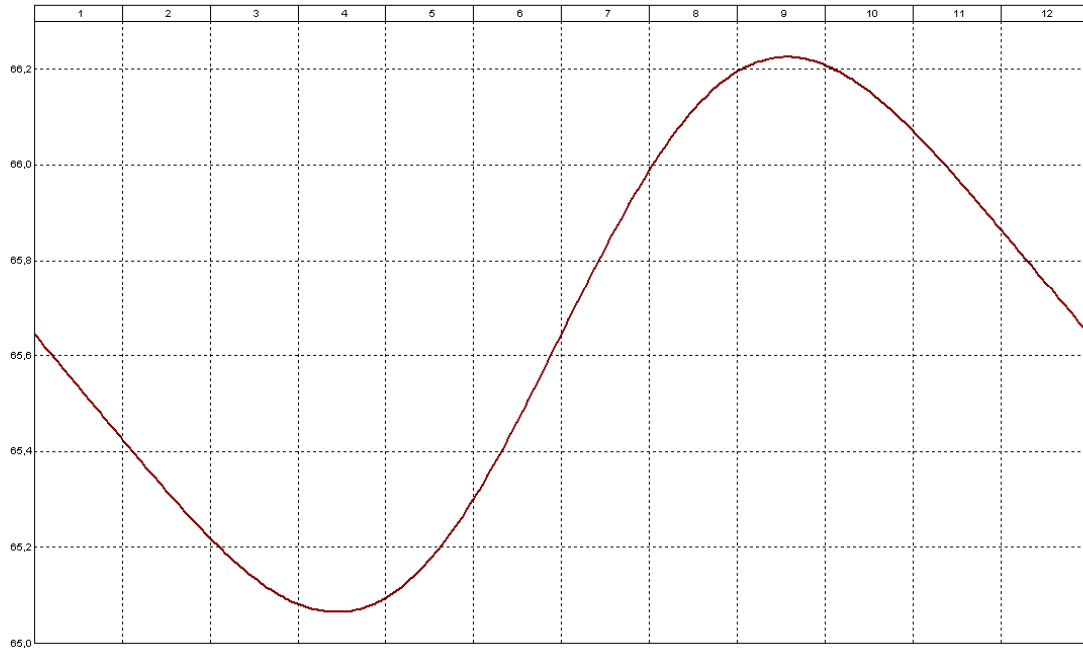


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B6-2T

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-0,57169	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 467
HC	0,28319	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	-0,08704	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,56315	Error cuadrático: 0,1721491
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 3,290344
sen(2*PT)	0,07179	Error Máximo negativo: -0,293148
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,4441448
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 26/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 213
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1006919
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,1898766
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,2455139
T. independiente	65,64503	Índice de Tolerancia: 100 %

Tabla. Resumen de resultados

PD-B6-3R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PD-B6-3R

Unidades

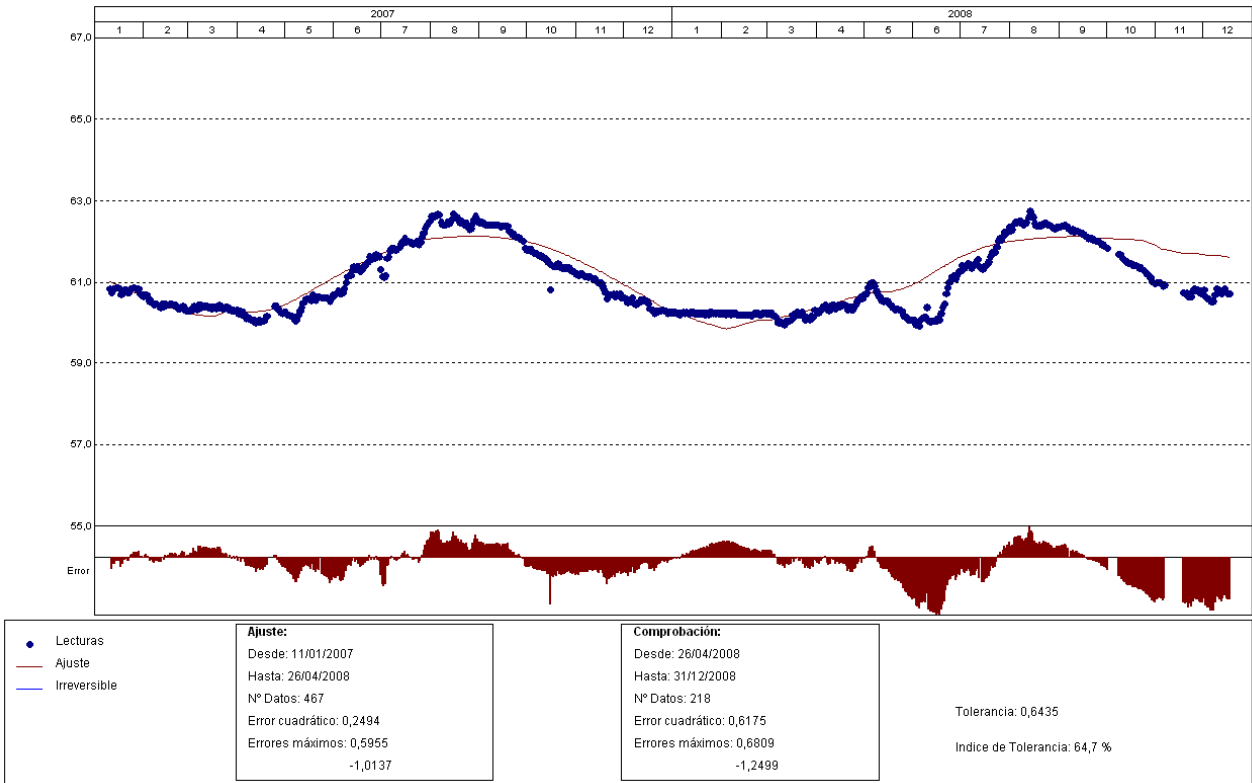
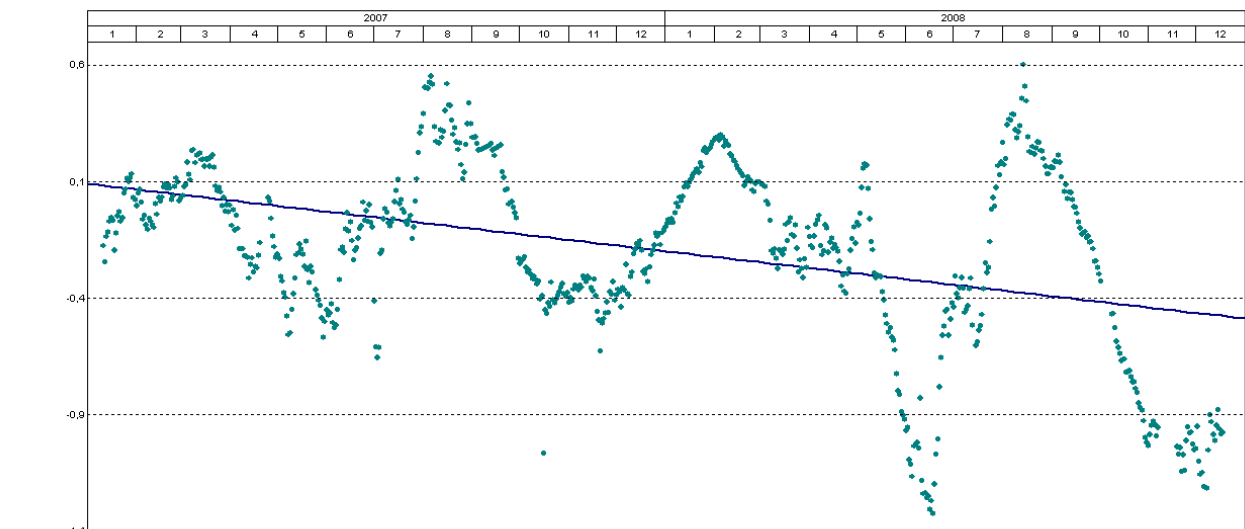


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PD-B6-3R

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // $cor = 0,41$ // $media = -0,1915$ // $n^\circ \text{ datos} = 684$ // $y_{99} = 0,913$ // $pendiente \text{ media} = -0,2885$

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

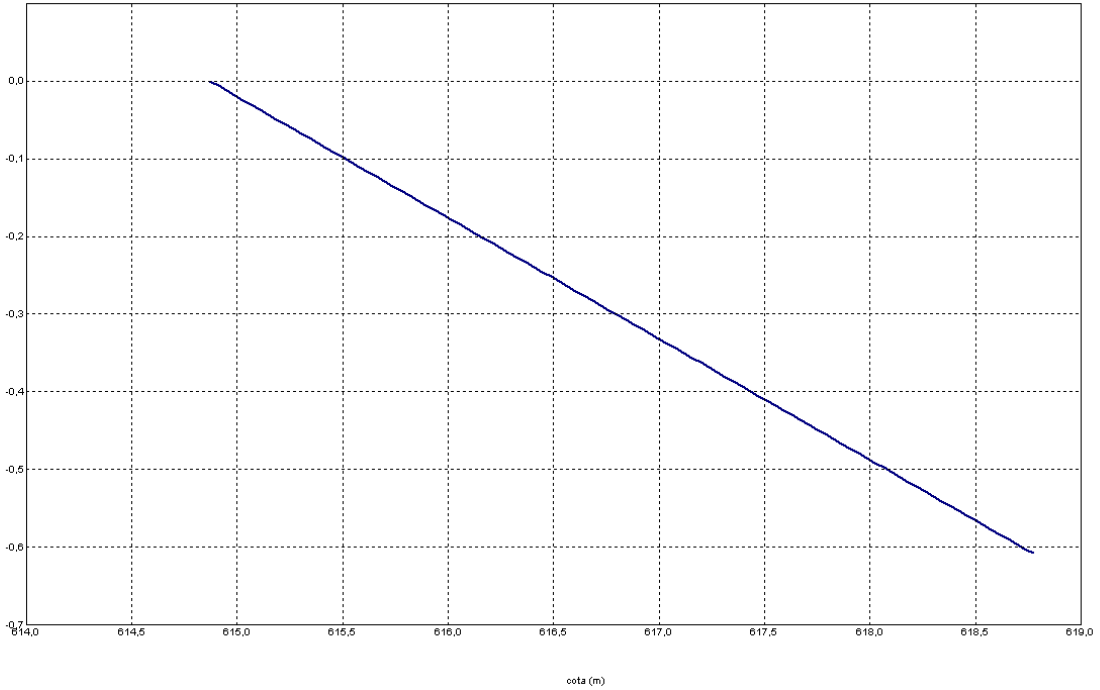


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B6-3R

Unidades

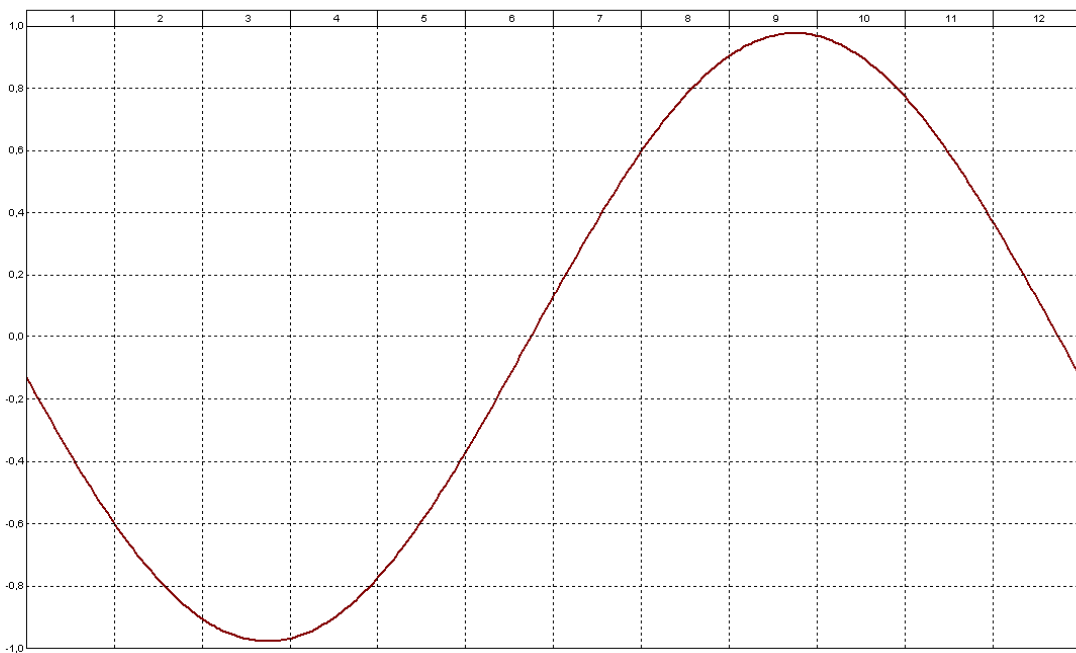


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B6-3R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e ^{-(tiempo/365)}	-4,61173	Nº de datos: 467
HC	0,18324	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,32768	Error cuadrático: 0,2312944
cos(PT)	-0,04177	Error Máximo positivo: 0,5035439
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,9267311
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,5967396
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	-1,04604	Nº de datos: 218
cos(PT)*HC ²	-0,73158	Error cuadrático: 0,4457353
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8152313
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,088921
T. independiente	65,29326	Índice de Tolerancia: 82,56881 %

Tabla. Resumen de resultados

Las lecturas del péndulo PD-B6-3R se realizan en sentido contrario a la de los demás péndulos, es decir, el sentido positivo es dirección aguas arriba.

PD-B6-3T

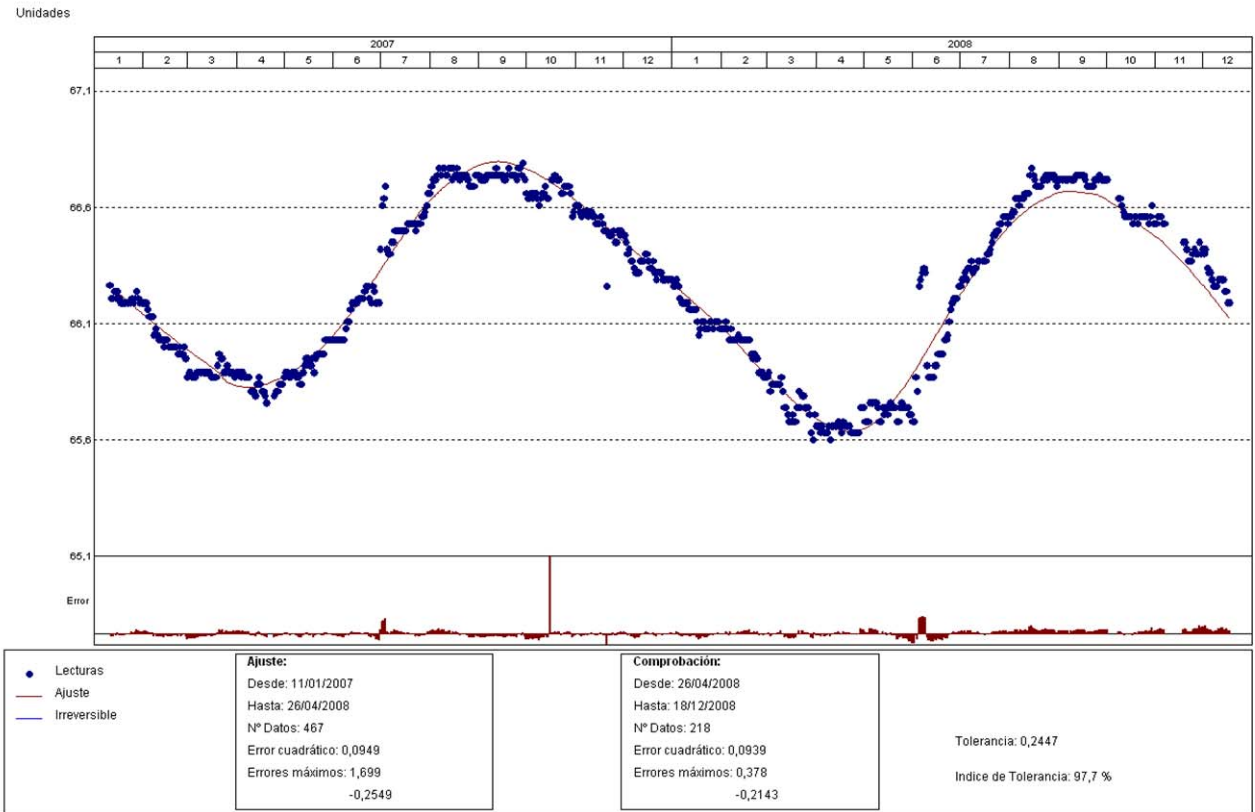


Gráfico. Ajuste estadístico

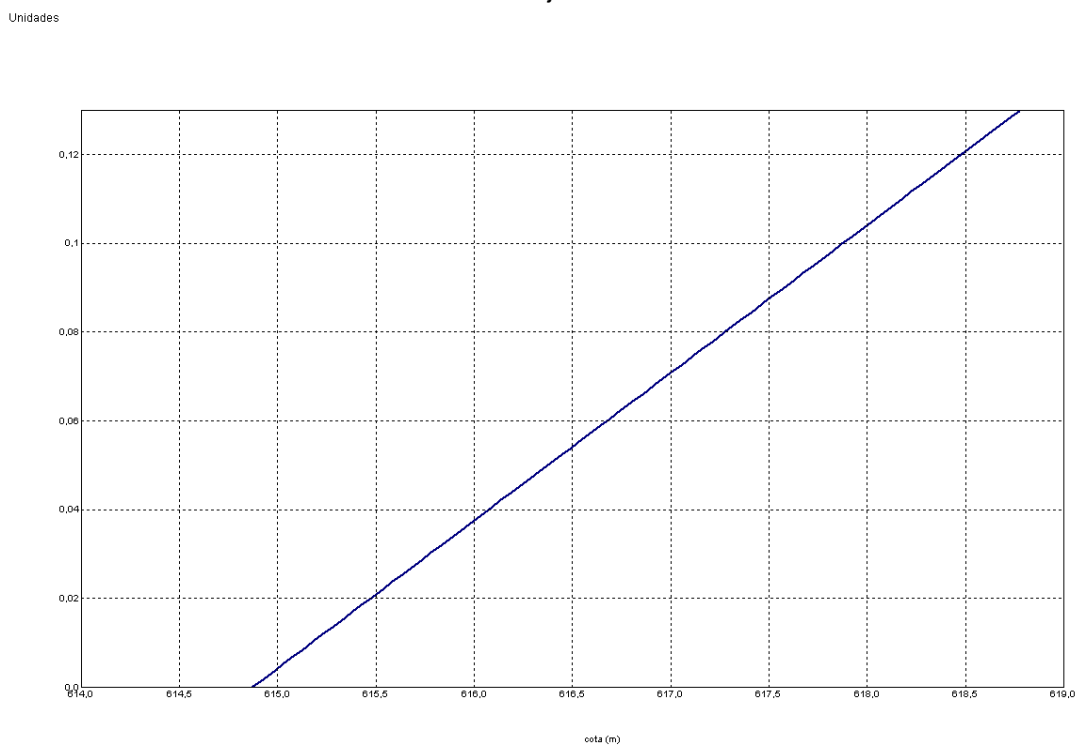


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PD-B6-3T

Unidades

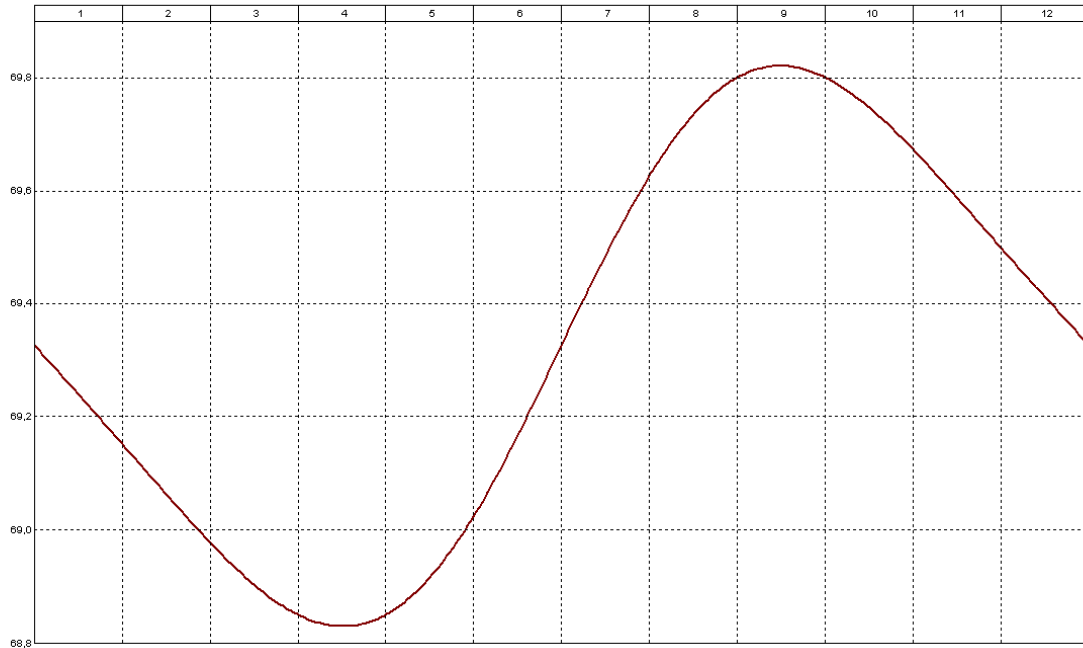


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PD-B6-3T

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-0,43444	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 26/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 467
HC	0,13106	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,47504	Error cuadrático: 9,485397E-02
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,698975
sen(2*PT)	0,07354	Error Máximo negativo: -0,2548676
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,2447232
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	26/04/2008 al 18/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 218
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 9,390458E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,3780289
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,2143097
T. independiente	69,32561	Índice de Tolerancia: 97,70642 %

Tabla. Resumen de resultados

PI-B6-2R

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B6-2R

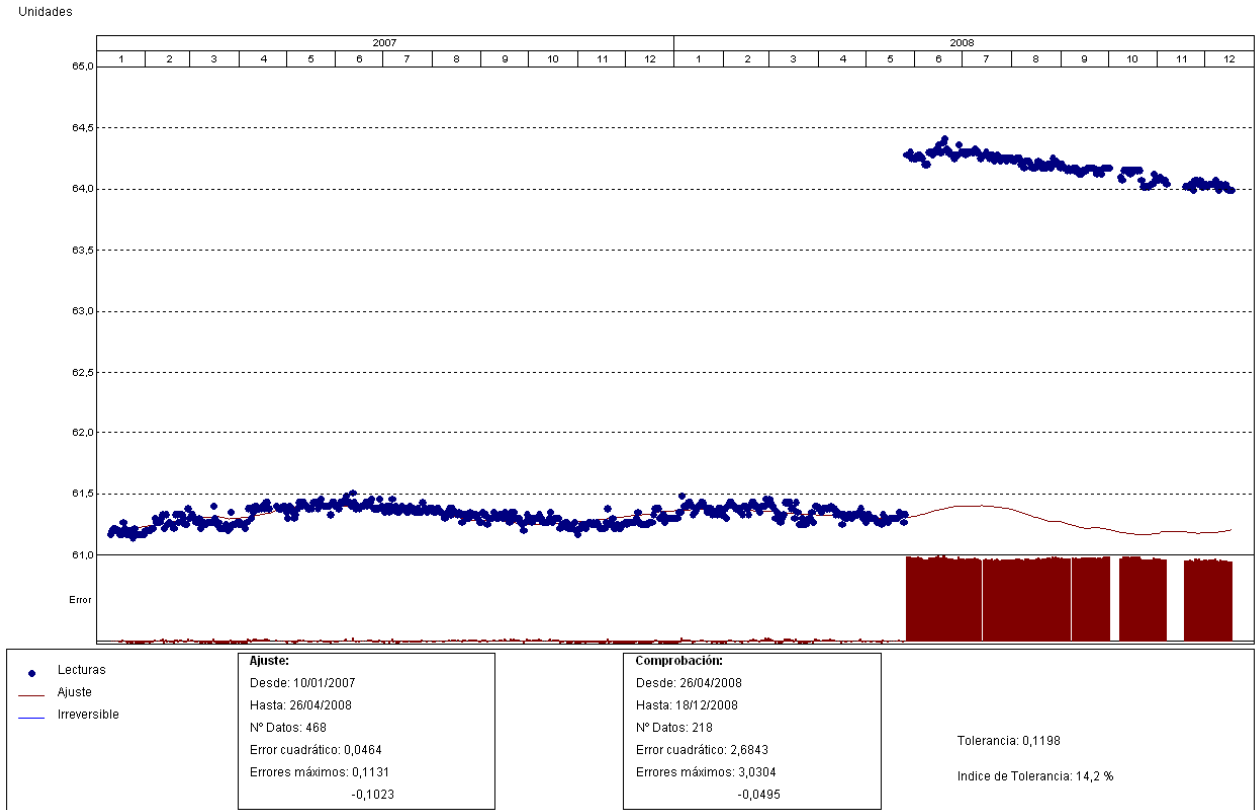


Gráfico. Ajuste estadístico

En el gráfico anterior se observa una discontinuidad e inconsistencia en los registros del péndulo inverso PI-B6-2R, a partir de finales de mayo de 2008, por esta razón se decide realizar un nuevo modelo estadístico sin incluir estos datos, mencionado ajuste se presenta a continuación.

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B6-2R

Unidades

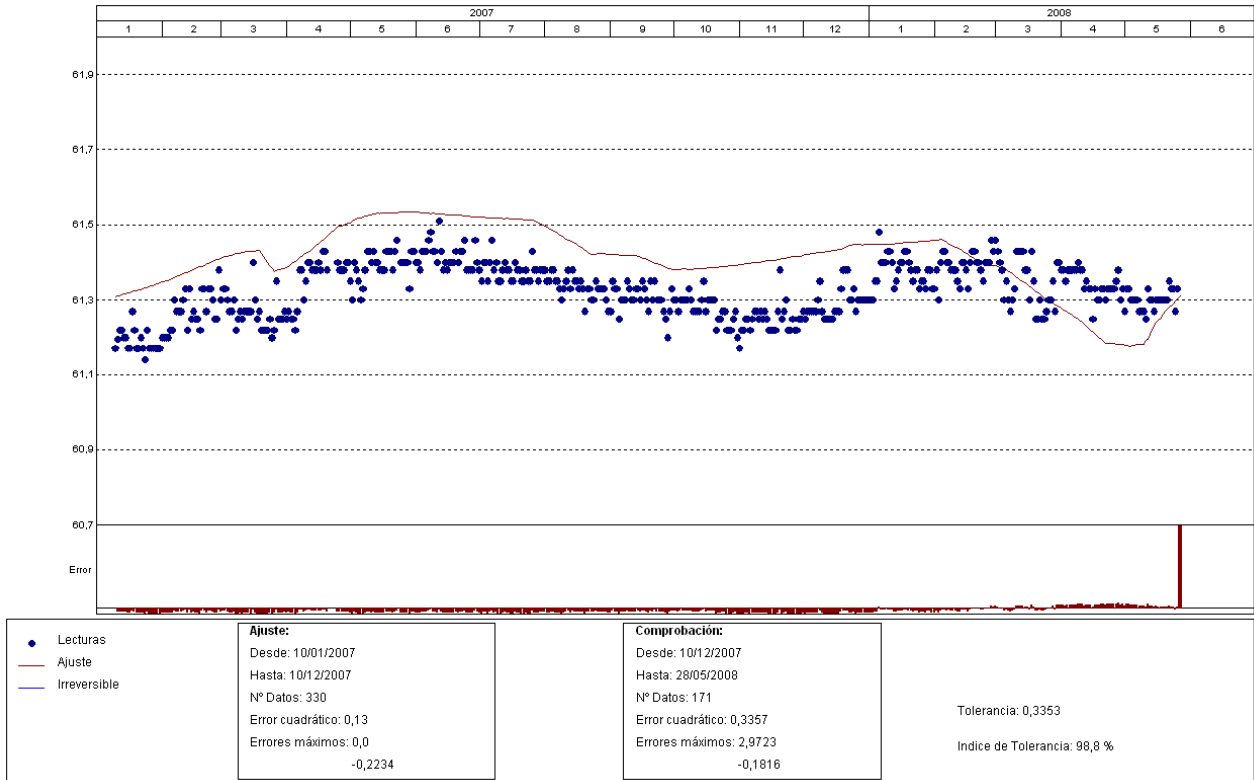


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PI-B6-2R

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	10/01/2007 al 10/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	-2,16849	Nº de datos: 330
HC	0,37106	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,0752	Error cuadrático: 0,1299591
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,2233963
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3352944
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	10/12/2007 al 28/05/2008
sen(PT)*HC^2	-0,06189	Nº de datos: 171
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3357424
LL	0,000	Error Máximo positivo: 2,972271
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,1816444
T. independiente	63,25396	Índice de Tolerancia: 98,83041 %

Tabla. Resumen de resultados

PI-B6-2T

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PI-B6-2T

Unidades

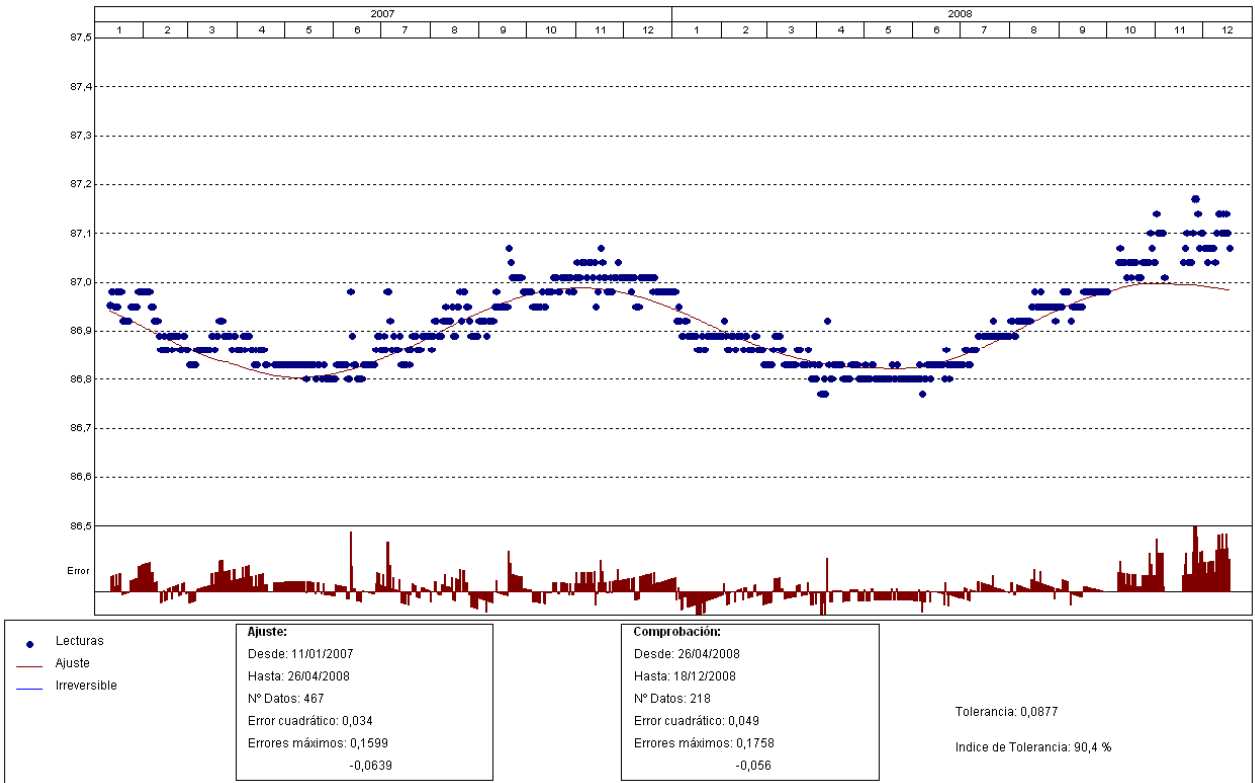


Gráfico. Ajuste estadístico

Unidades

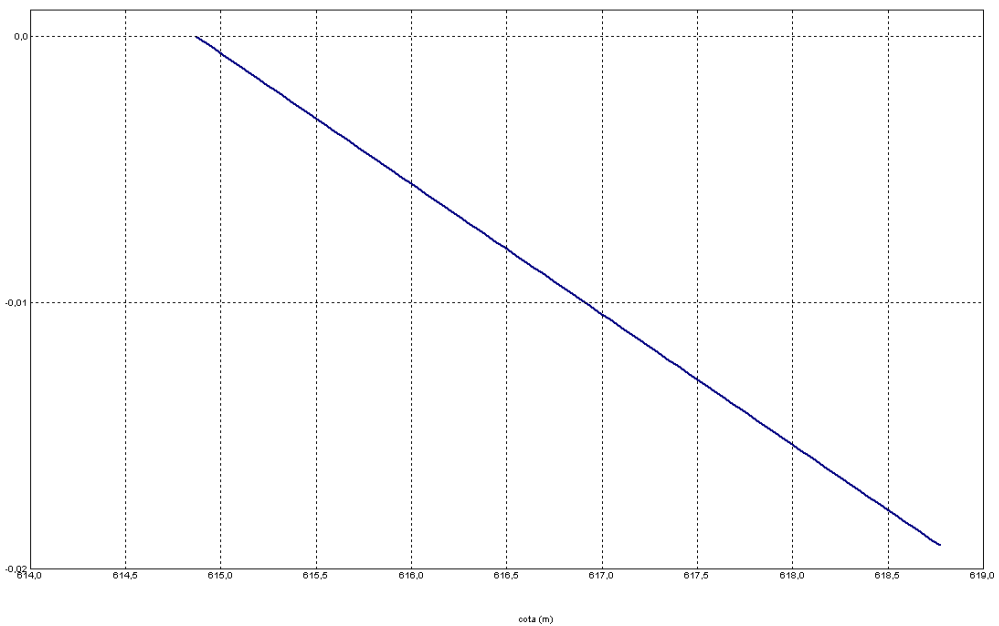


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PI-B6-2T

Unidades

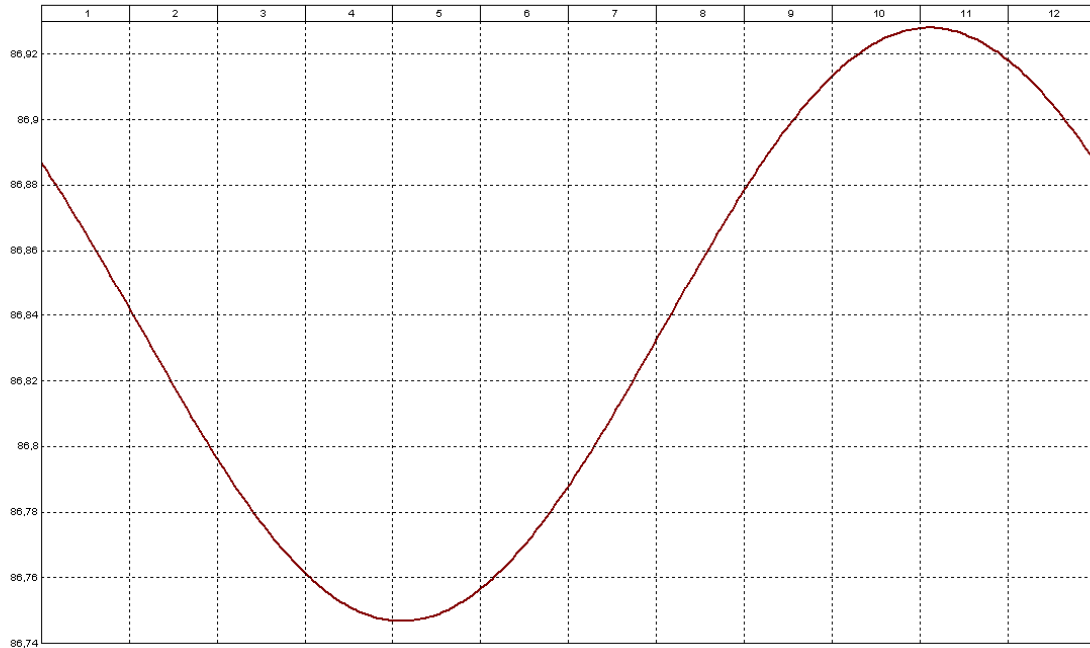


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: PI-B6-2T

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste

Coeficiente

Ln(tiempo)
 1-1/Ln(tiempo)
 1-e^(-tiempo/365)
 HC
 HC^2
 HC^3
 (HC-HCA)*HC^2
 sen(PT)
 cos(PT)
 sen(2*PT)
 cos(2*PT)
 TD-TDC
 TMM-TMMC
 TMM-TMMCA+TMM-TMMC
 sen(PT)*HC^2
 cos(PT)*HC^2
 LL
 LLMM
 T. independiente

0,01045
 0,000
 0,000
 -0,0193
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 -0,07594
 0,04941
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 0,000
 86,83739

Período de Ajuste
 11/01/2007 al 26/04/2008
 Nº de datos: 467
 Nivel embalse mínimo: 614,87
 Nivel embalse máximo: 618,81
 Tiempo de media móvil (días): 30
 Tiempo de efecto diferido (días): 3
 Error cuadrático: 3,400623E-02
 Error Máximo positivo: 0,1598816
 Error Máximo negativo: -0,0638504
 Tolerancia: 8,773608E-02
 Período de Comprobación
 26/04/2008 al 18/12/2008
 Nº de datos: 218
 Error cuadrático: 4,902641E-02
 Error Máximo positivo: 0,1758347
 Error Máximo negativo: -5,596161E-02
 Índice de Tolerancia: 90,36697 %

Tabla. Resumen de resultados

3.5 CONTROL TOPOGRÁFICO

Colimación. Clavo 5, bloque 2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN5=B2

Unidades

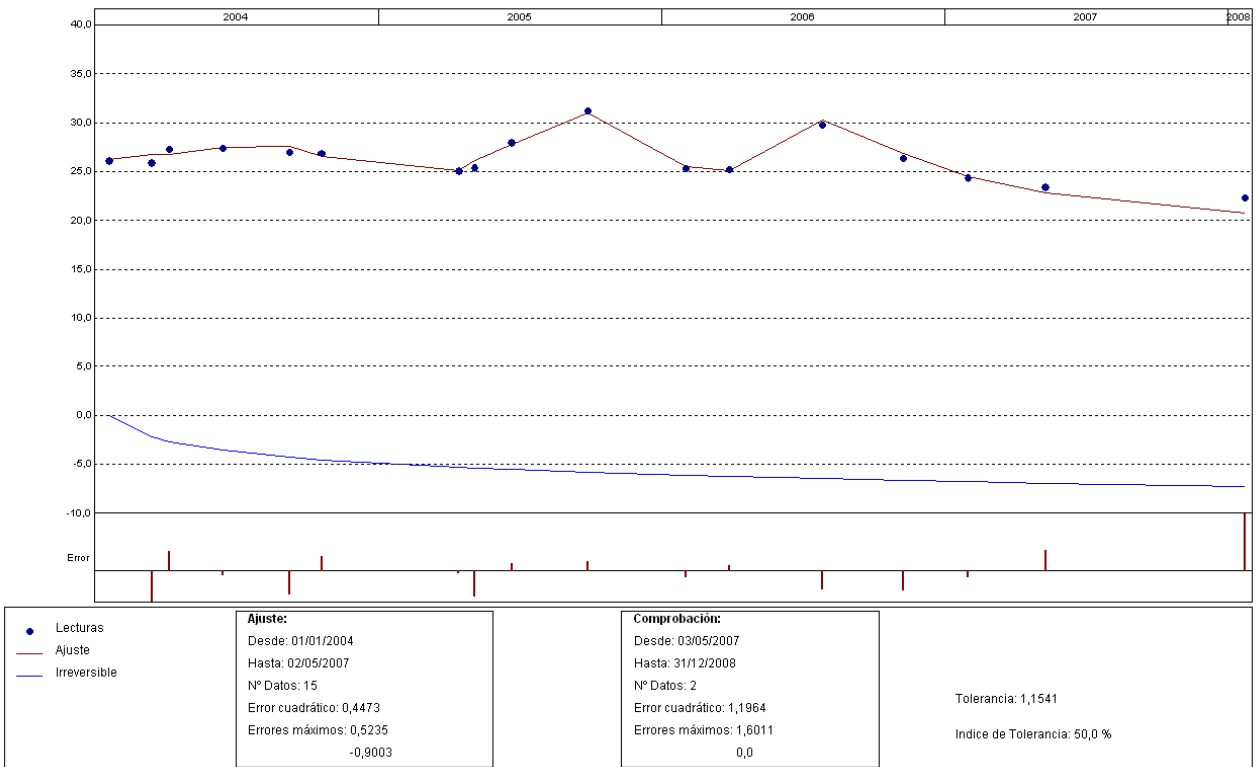


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN5=B2

Unidades

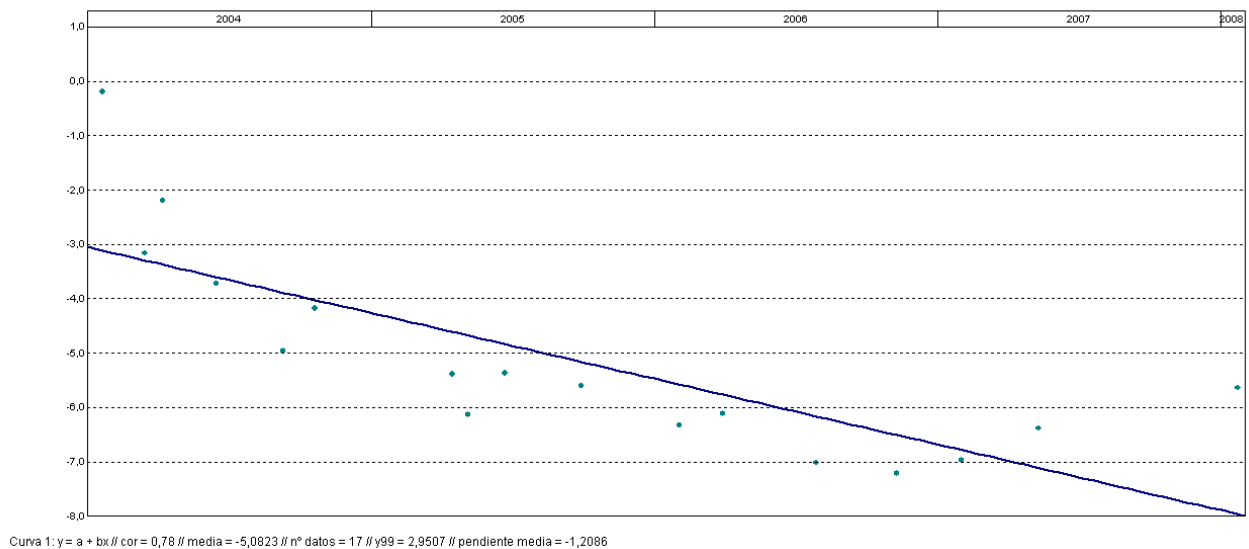


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

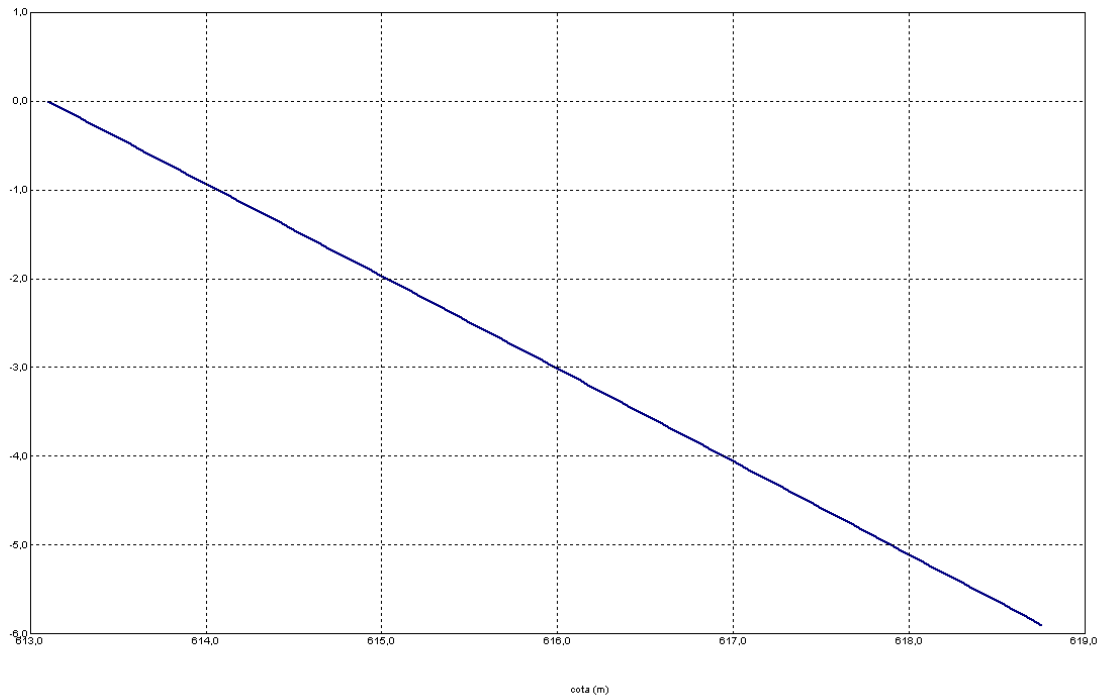


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

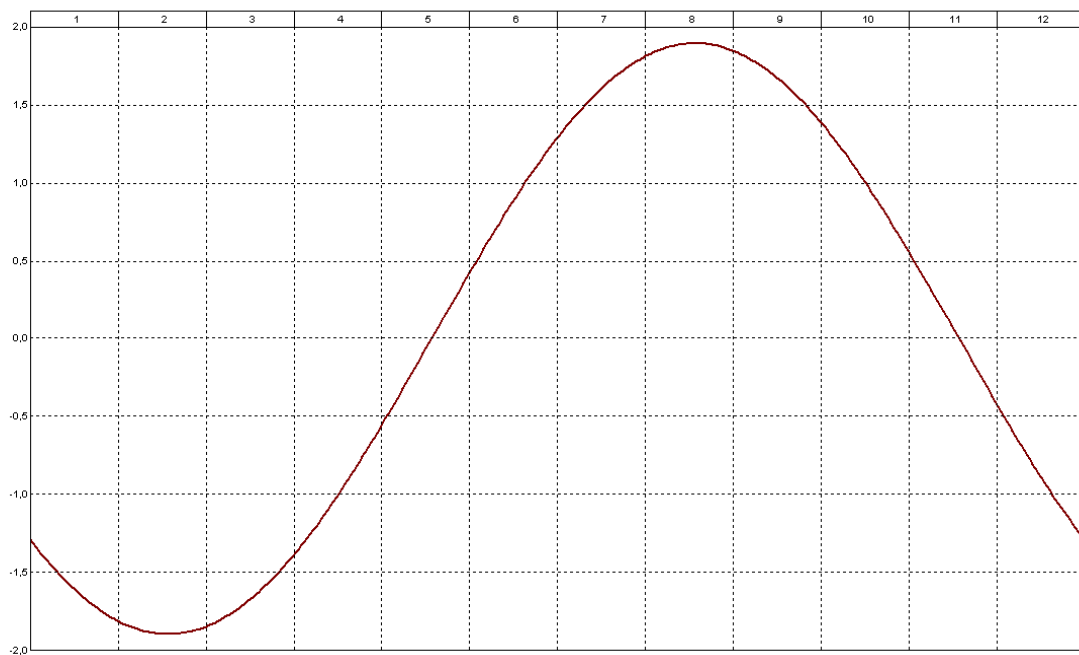


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN5=B2

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-1,66021	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	-5,90601	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC ²	-0,05435	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,46408	Error cuadrático: 0,4473095
cos(PT)	-1,76581	Error Máximo positivo: 0,5235233
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,9002953
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,154058
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,00165	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,196389
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,601122
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	40,43551	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 6, bloque 3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN6=B3

Unidades

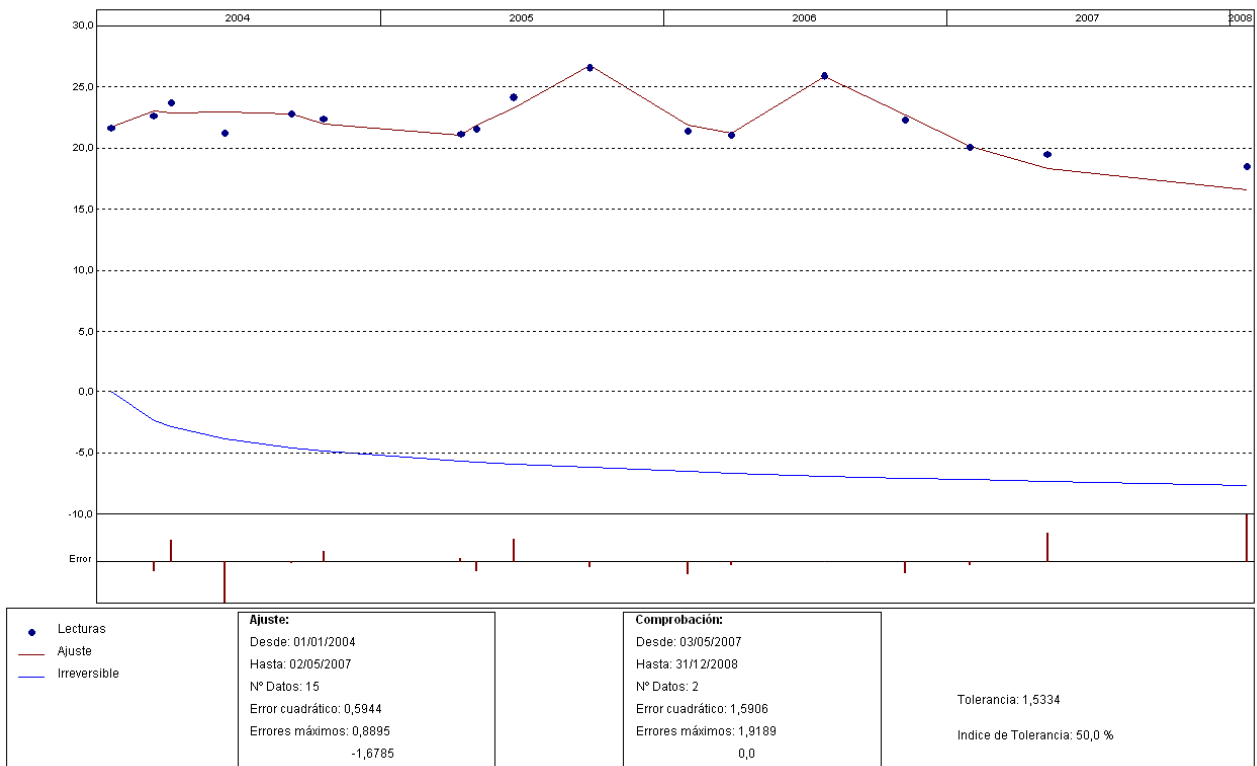
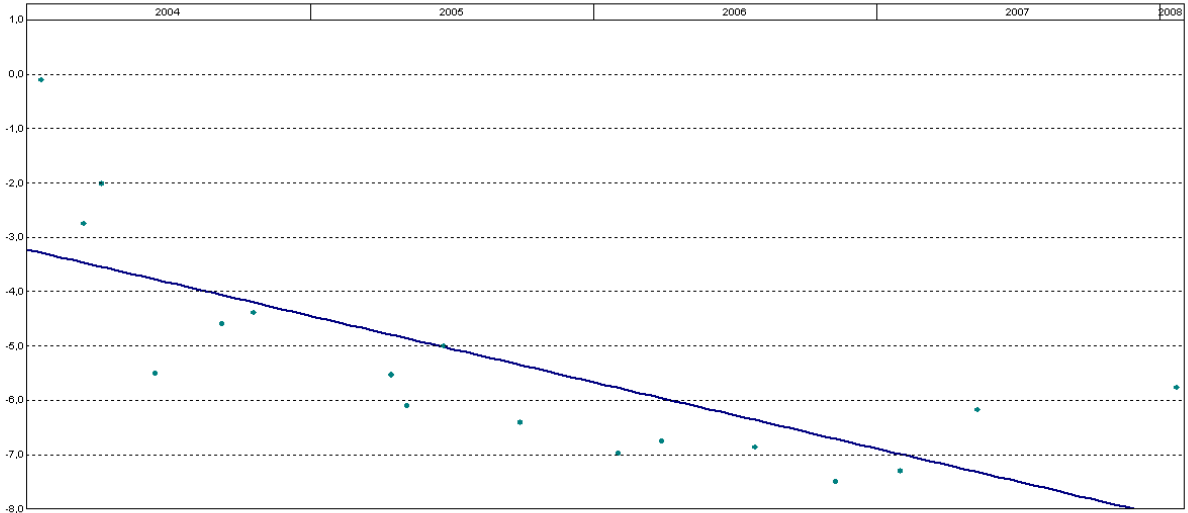


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN6=B3

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // $cor = 0,74$ // $media = -5,2724$ // $n^{\circ} \text{ datos} = 17$ // $y_{99} = 3,4068$ // $pendiente \text{ media} = -1,2212$

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN6=B3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-1,76156	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	-6,59277	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC ²	-0,06071	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,17493	Error cuadrático: 0,5943545
cos(PT)	-1,4561	Error Máximo positivo: 0,8895473
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,678547
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,533435
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,00181	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,590559
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,918949
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	37,26123	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 7, bloque 3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN7=B3

Unidades

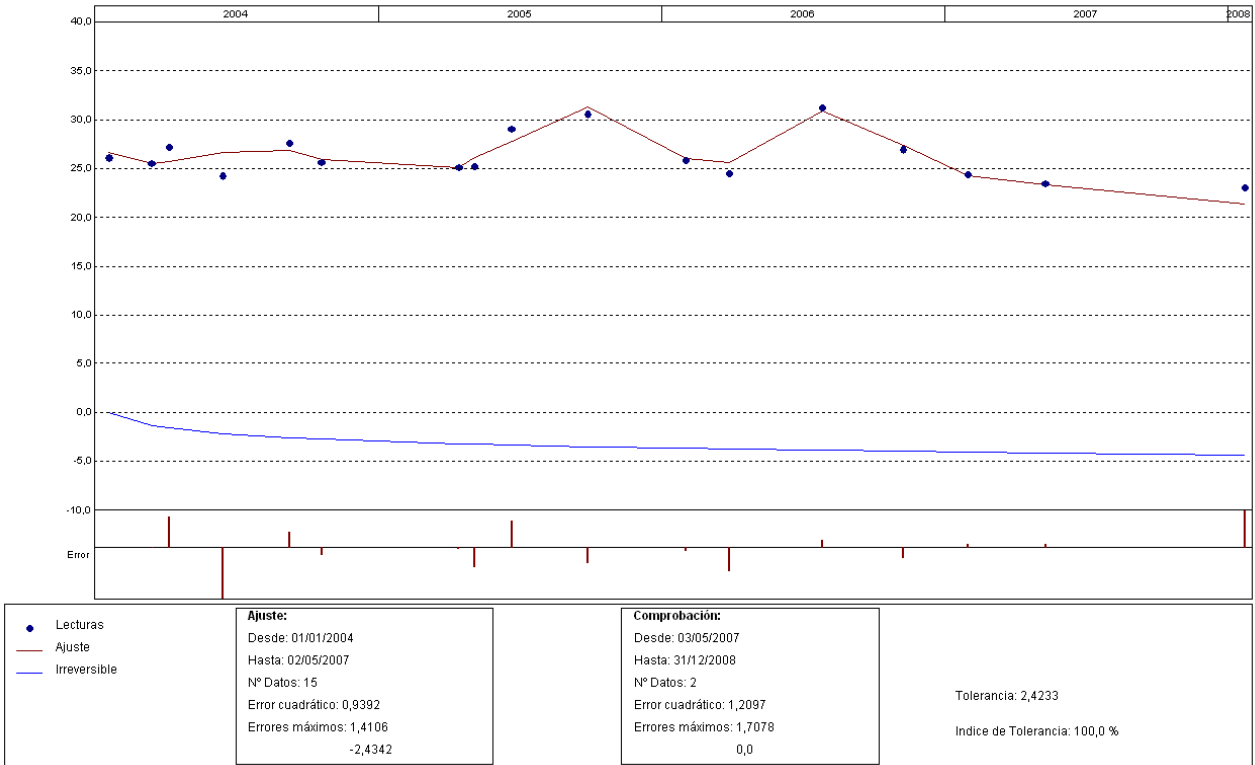


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN7=B3

Unidades

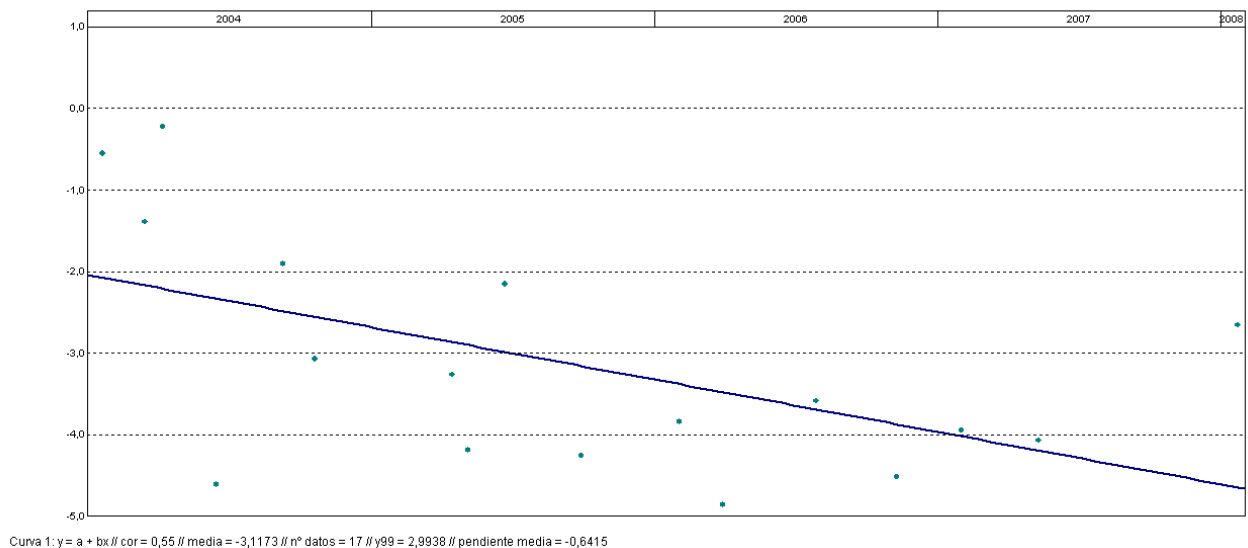


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN7=B3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-1,00008	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	-6,40528	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC ²	-0,05814	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,3483	Error cuadrático: 0,9392461
cos(PT)	-1,7714	Error Máximo positivo: 1,410578
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,434196
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,423255
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,209719
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,70779
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	36,64764	Índice de Tolerancia: 100 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 8, bloque 4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN8=B4

Unidades

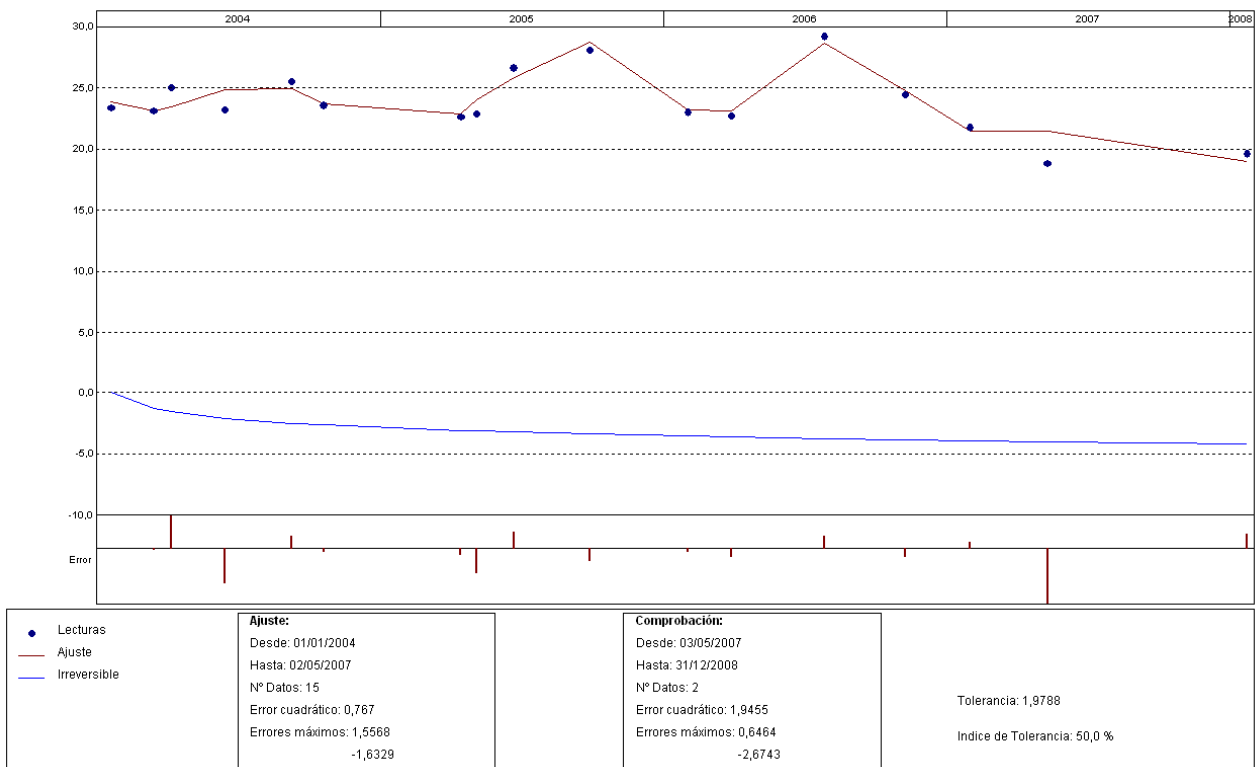
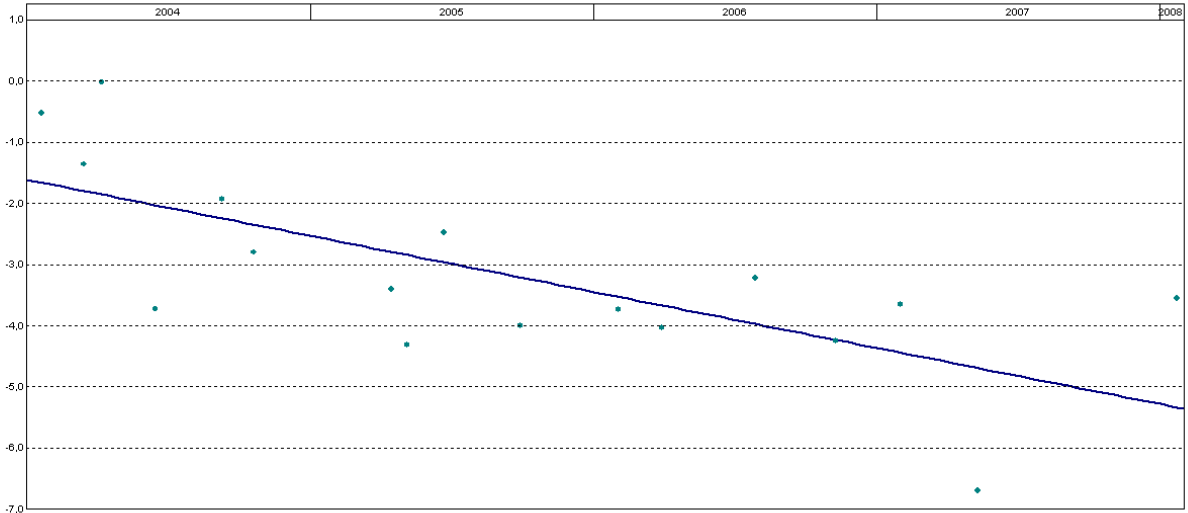


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN8=B4

Unidades



Curva 1: y = a + bx // cor = 0,71 // media = -3,1512 // nº datos = 17 // y99 = 2,7952 // pendiente media = -0,9167

Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN8=B4

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-0,96267	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	-5,74848	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC^2	-0,05219	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,40958	Error cuadrático: 0,7669647
cos(PT)	-2,11354	Error Máximo positivo: 1,556787
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,632866
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,978769
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,94547
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,6464367
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -2,67429
T. independiente	33,72563	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 9, bloque 4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN9=B4

Unidades

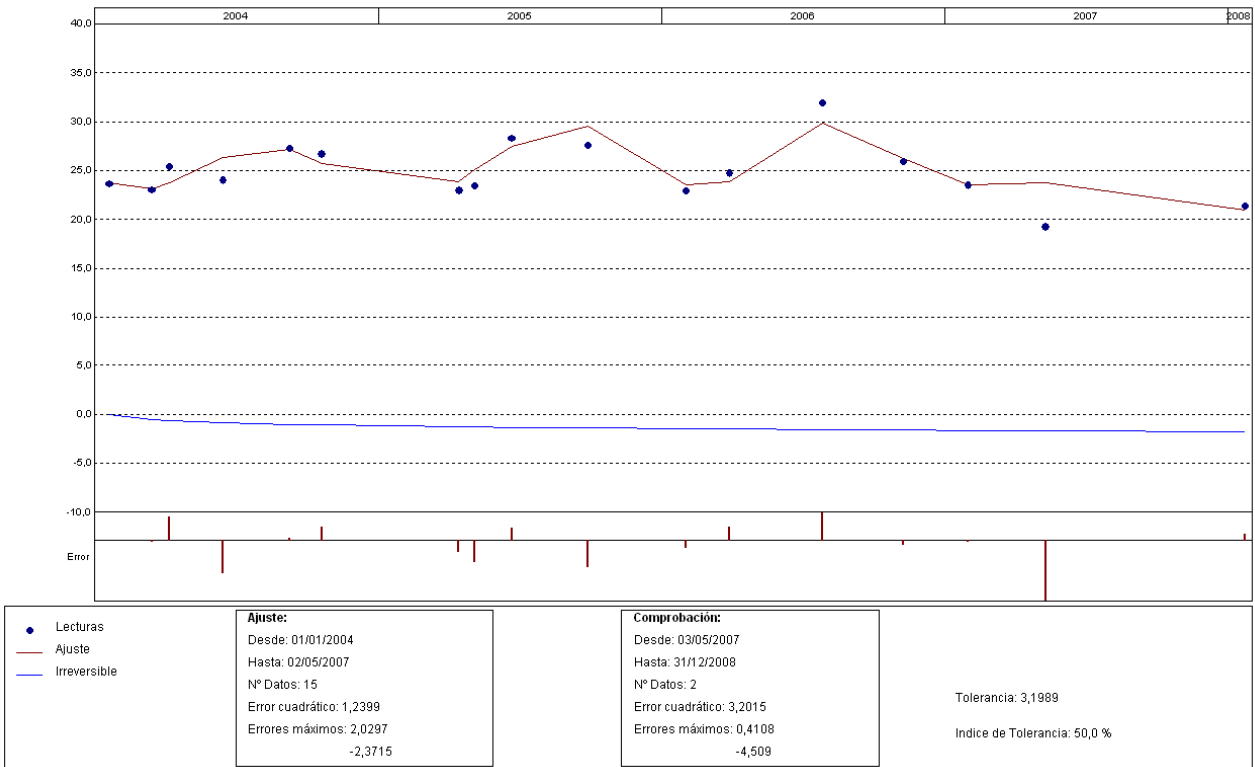
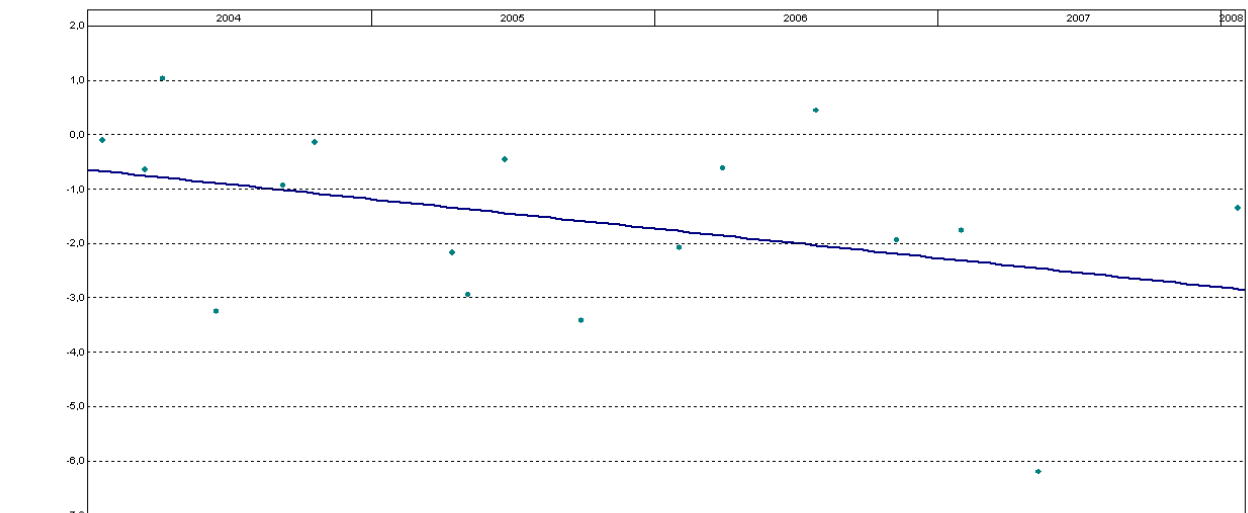


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN9=B4

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // $cor = 0,38$ // $media = -1,5523$ // $n^\circ \text{ datos} = 17$ // $y_{99} = 4,0537$ // $pendiente \text{ media} = -0,541$

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN9=B4

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-0,40355	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	-3,73069	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC^2	-0,03392	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,95122	Error cuadrático: 1,239898
cos(PT)	-2,40147	Error Máximo positivo: 2,029665
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,371468
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,198938
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,00029	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 3,201537
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,4108028
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,508982
T. independiente	30,30083	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 11, bloque 5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN11=B5

Unidades

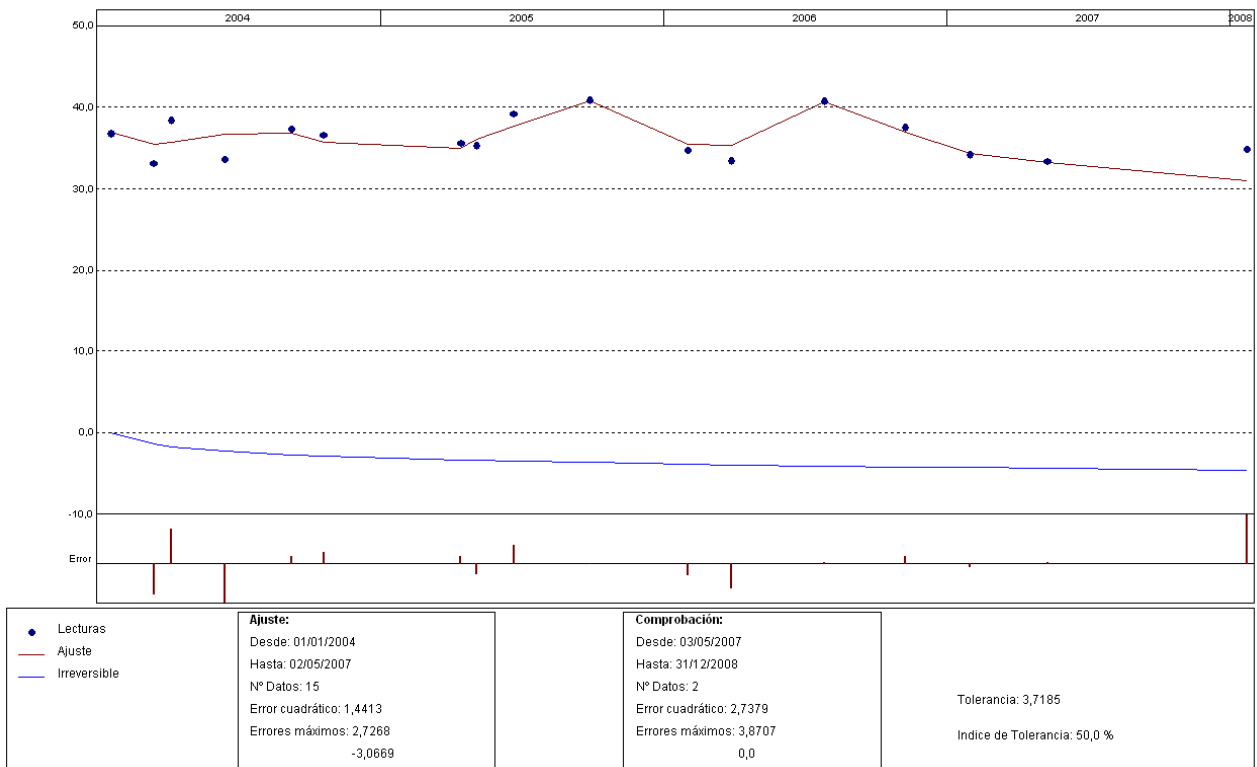
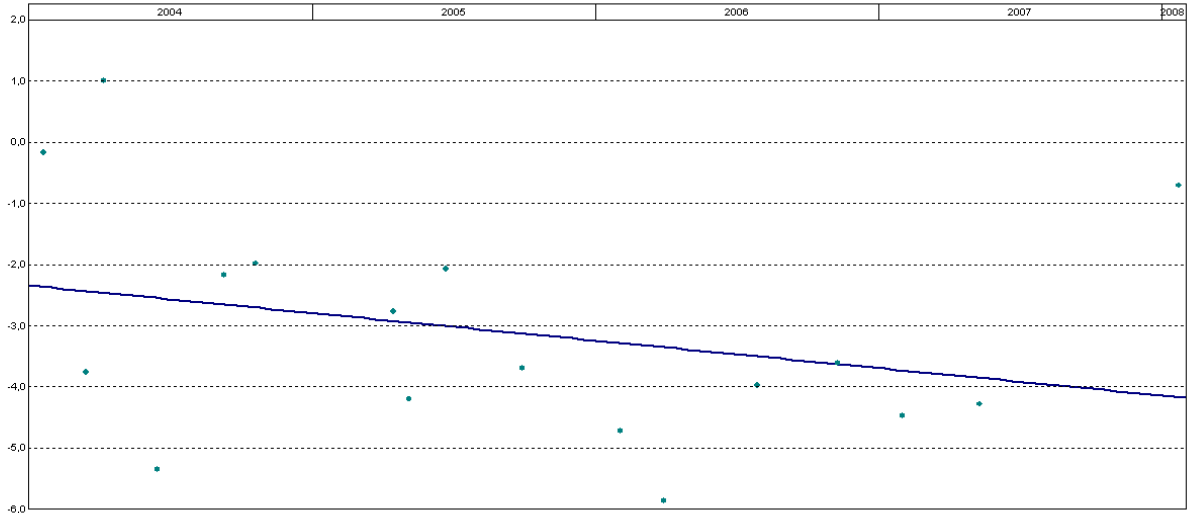


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN11=B5

Unidades



Curva 1: y = a + bx // cor = 0,29 // media = -3,0973 // nº datos = 17 // y99 = 4,483 // pendiente media = -0,4493

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN11=B5

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coeficiente	
Ln(tiempo)	-1,04892	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	710,2585	Nivel embalse mínimo: -24,36
HC^2	-707,6693	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,95489	Error cuadrático: 1,441275
cos(PT)	-1,93901	Error Máximo positivo: 2,726795
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -3,066917
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 3,718489
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	-0,36599	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,73787
LL	0,000	Error Máximo positivo: 3,870651
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	37,75833	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

Colimación. Clavo 12, bloque 6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: CN12=B6

Unidades

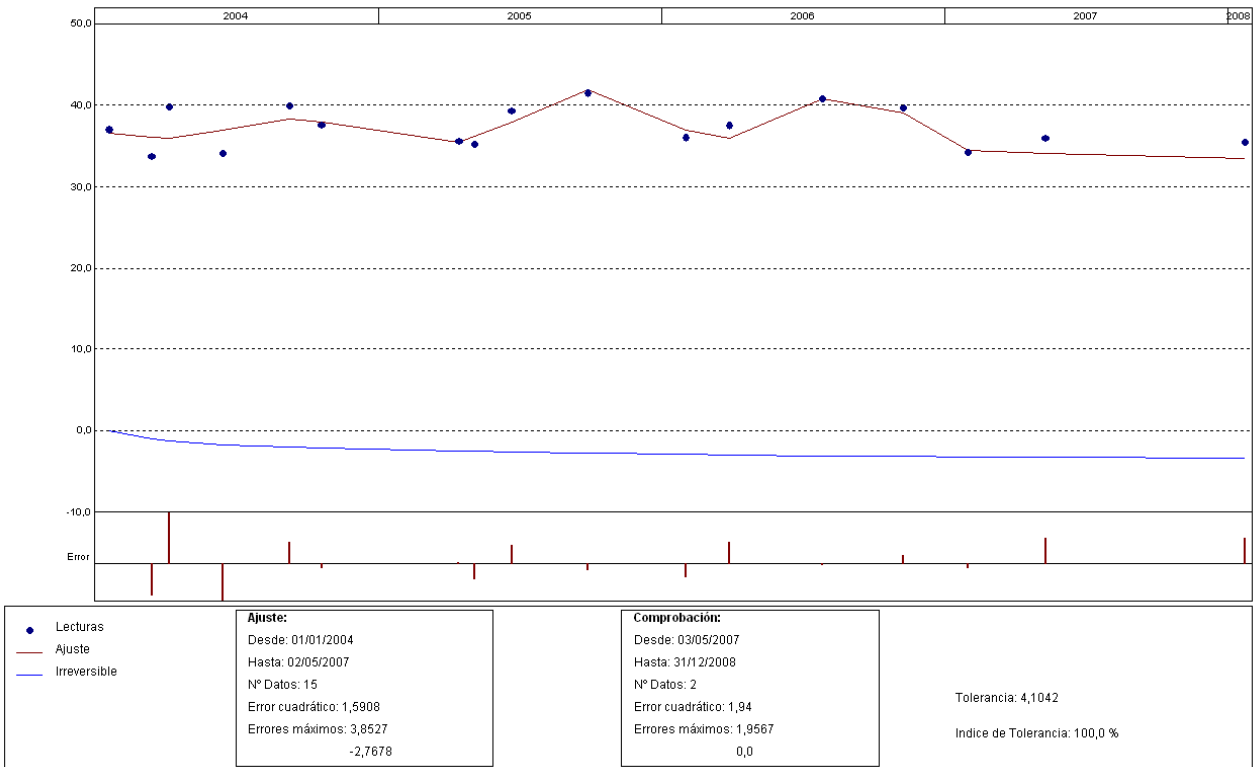


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: CN12=B6

Unidades

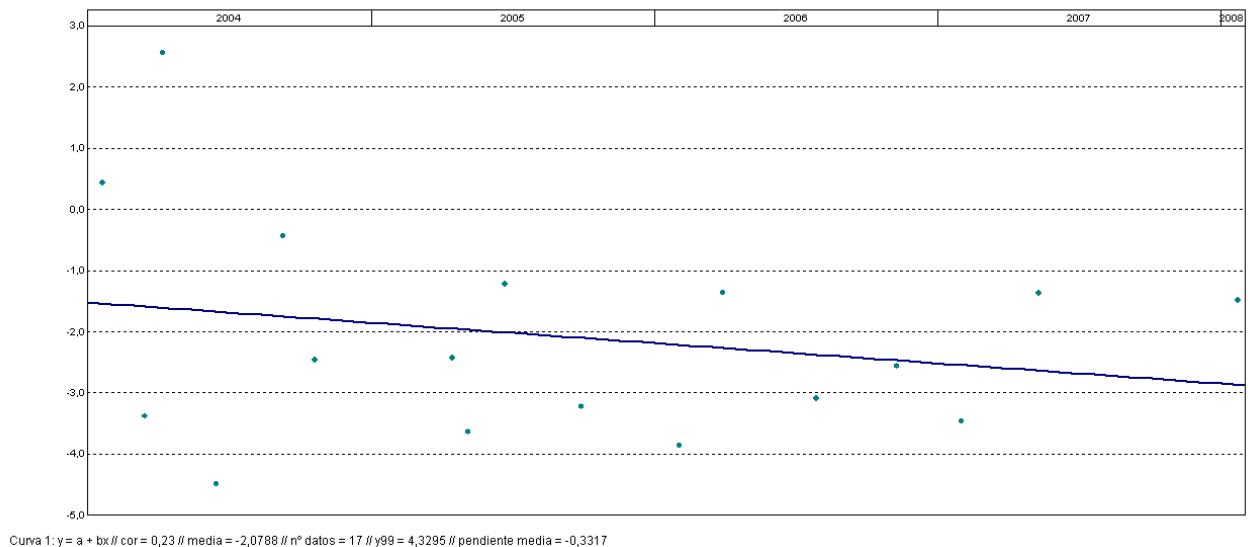


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: CN12=B6

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	-0,7887	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/01/2004 al 02/05/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 15
HC	580,1082	Nivel embalse mínimo: -24,36
HC^2	-576,5315	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,87544	Error cuadrático: 1,59077
cos(PT)	-0,9551	Error Máximo positivo: 3,852665
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,76775
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 4,104186
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	03/05/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 2
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,93999
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,956734
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	36,78465	Índice de Tolerancia: 100 %

Tabla. Resumen de resultados

3.6 CONTROL TÉRMICO

3.6.1 Termorresistencias instaladas en el bloque 2

T-B2-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B2-2

Unidades

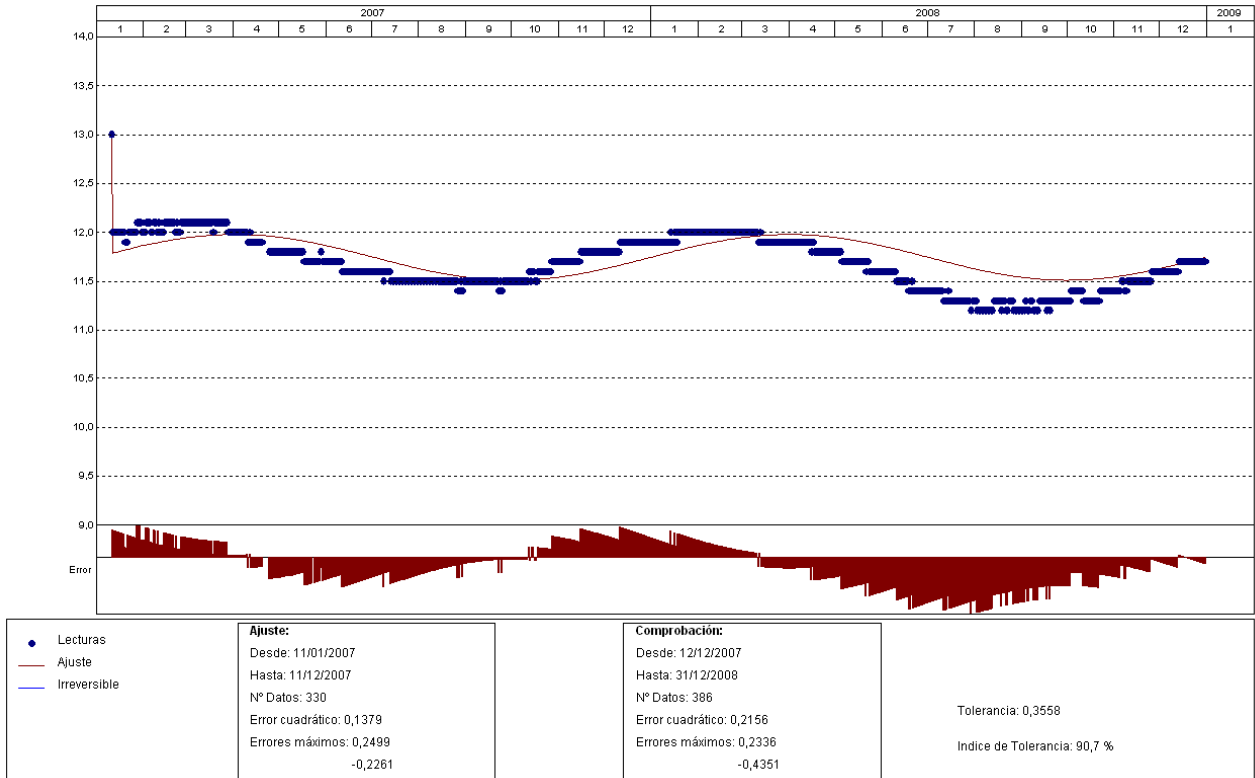


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: T-B2-2

Unidades

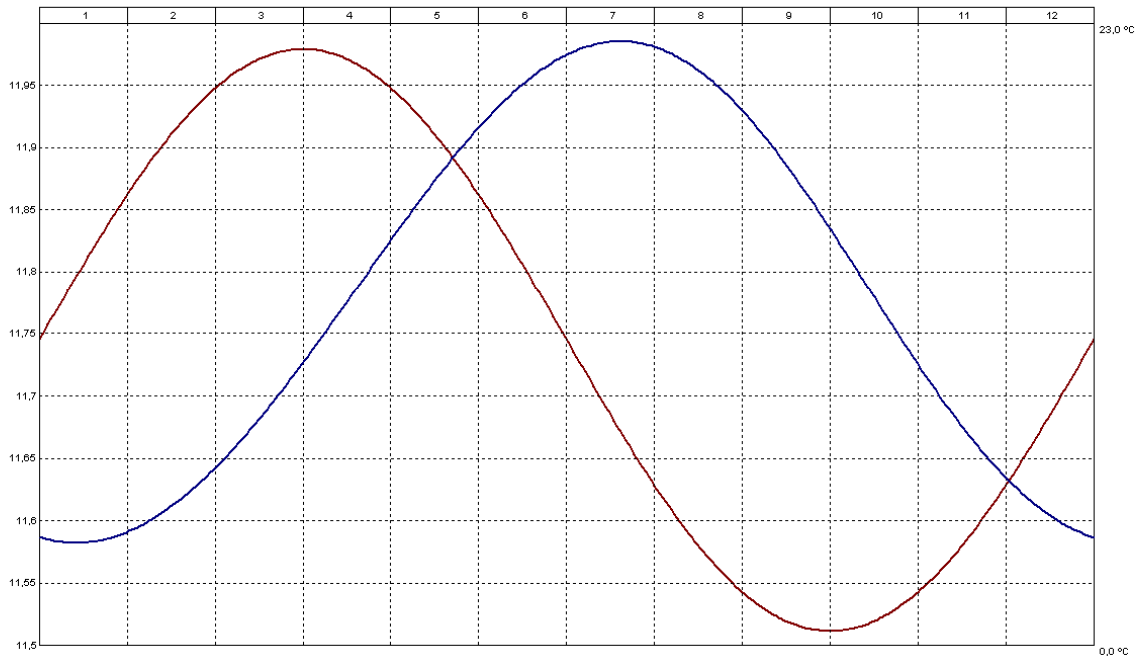


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B2-2

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 330
HC	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,23387	Error cuadrático: 0,1378898
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,2498713
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,2261305
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3557557
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2156074
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,2336321
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4351149
T. independiente	11,7453	Índice de Tolerancia: 90,67358 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B2-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B2-4

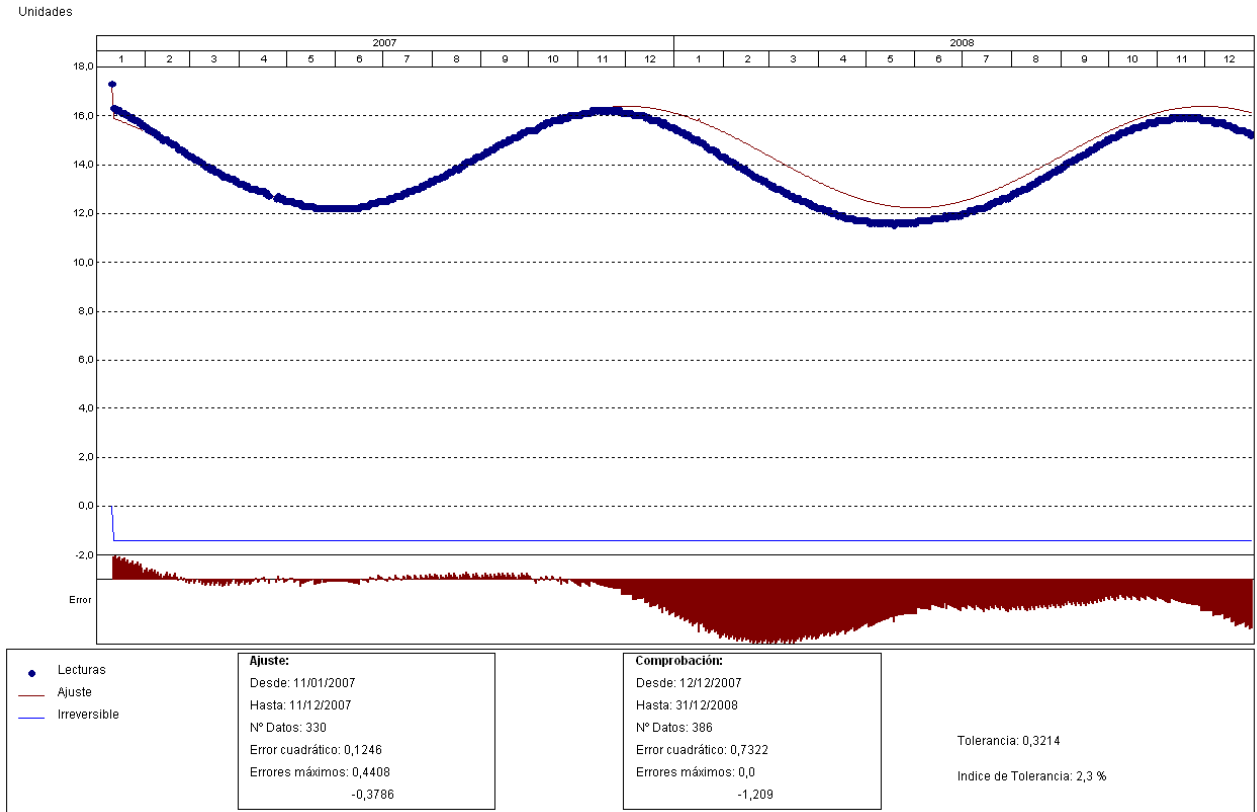


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B2-4

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 330
HC	-0,00079	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-1,03288	Error cuadrático: 0,1245792
cos(PT)	1,79921	Error Máximo positivo: 0,4408264
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,3786316
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3214143
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,7321936
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,208972
T. independiente	14,3103	Indice de Tolerancia: 2,331606 %

Tabla. Resumen de resultados

3.6.2 Termorresistencias instaladas en el bloque 3

T-B3-0

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-0

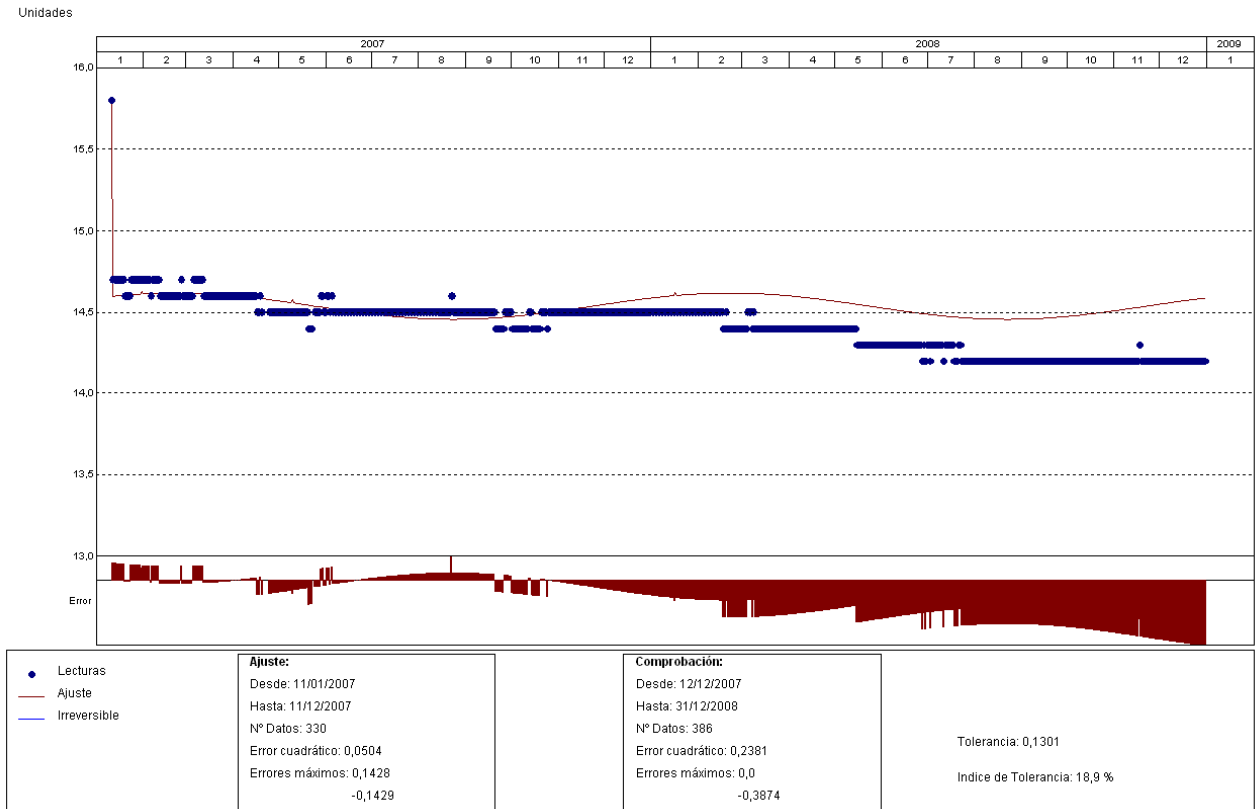


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-0

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,00011	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 5,044483E-02
sen(PT)	0,06326	Error Máximo positivo: 0,1427813
cos(PT)	0,04964	Error Máximo negativo: -0,14293
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1301477
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 386
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2381347
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,387392
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 18,91192 %
T. independiente	14,53771	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-1

Unidades

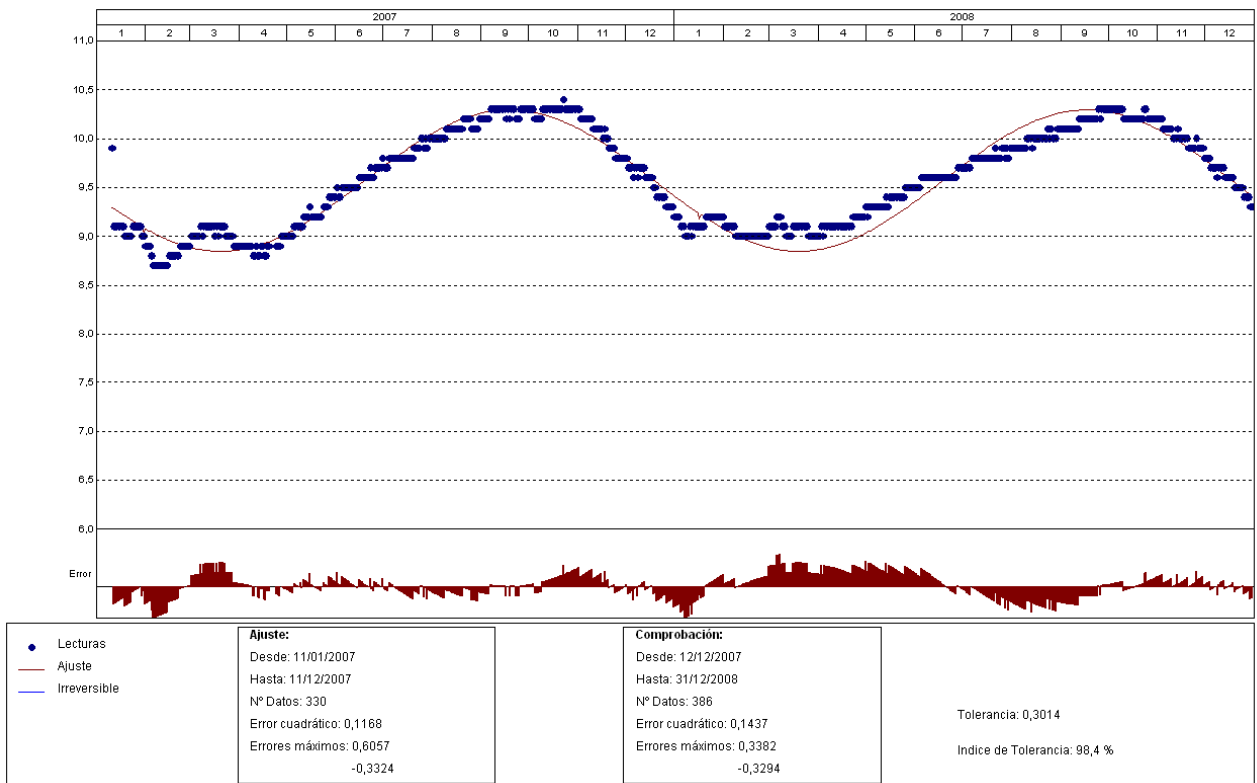


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-1

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 330
HC	0,0003	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,70555	Error cuadrático: 0,1168159
cos(PT)	-0,15778	Error Máximo positivo: 0,6056576
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,3324442
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,301385
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,143735
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,3382092
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,3293676
T. independiente	9,57056	Índice de Tolerancia: 98,44559 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-2

Unidades

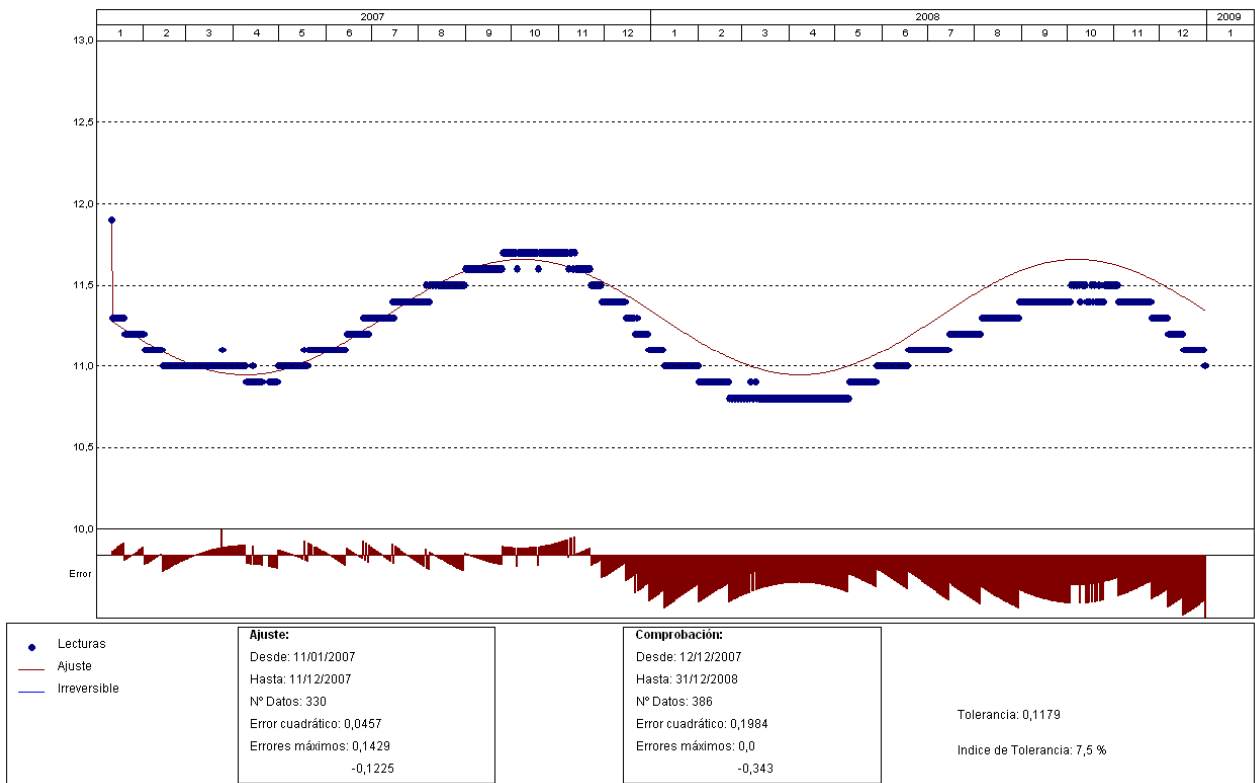


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-2

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,568107E-02
sen(PT)	-0,35451	Error Máximo positivo: 0,1429424
cos(PT)	0,04078	Error Máximo negativo: -0,1225367
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1178572
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1983708
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,3430109
T. independiente	11,30223	Índice de Tolerancia: 7,512953 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-3

Unidades

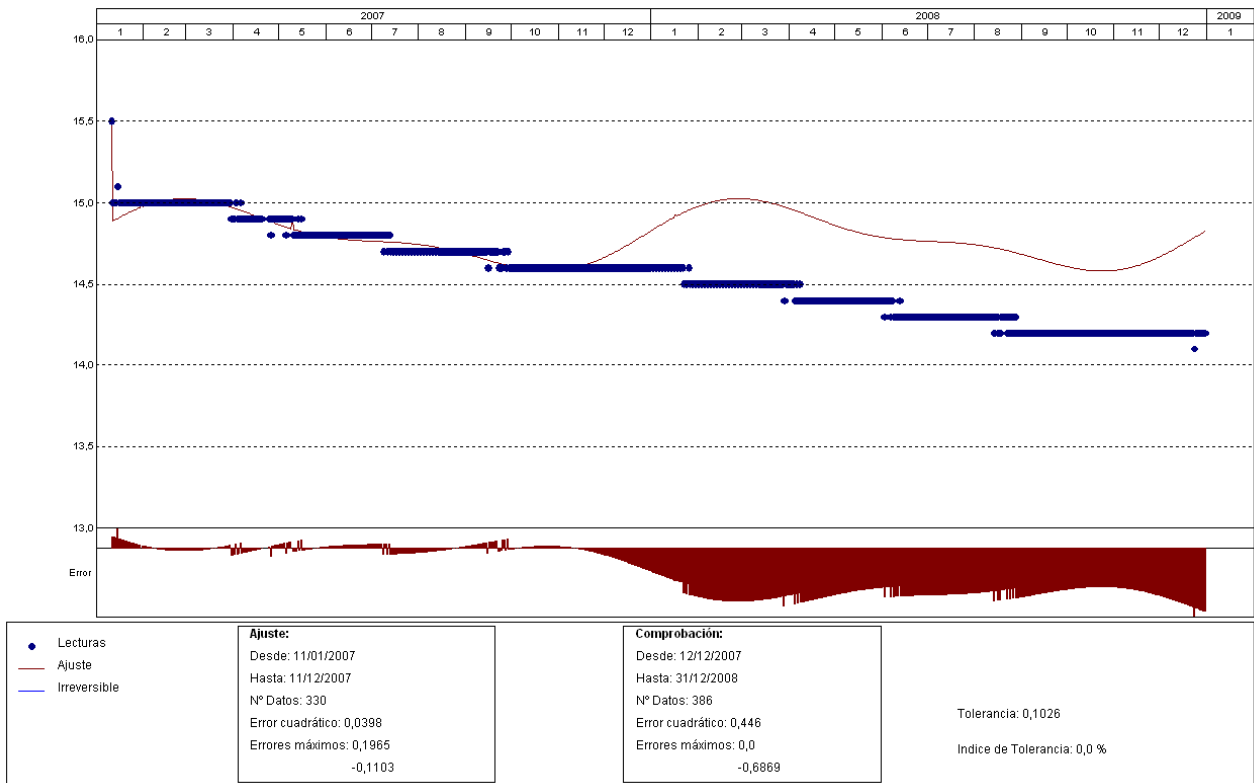


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B3-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-4

Unidades

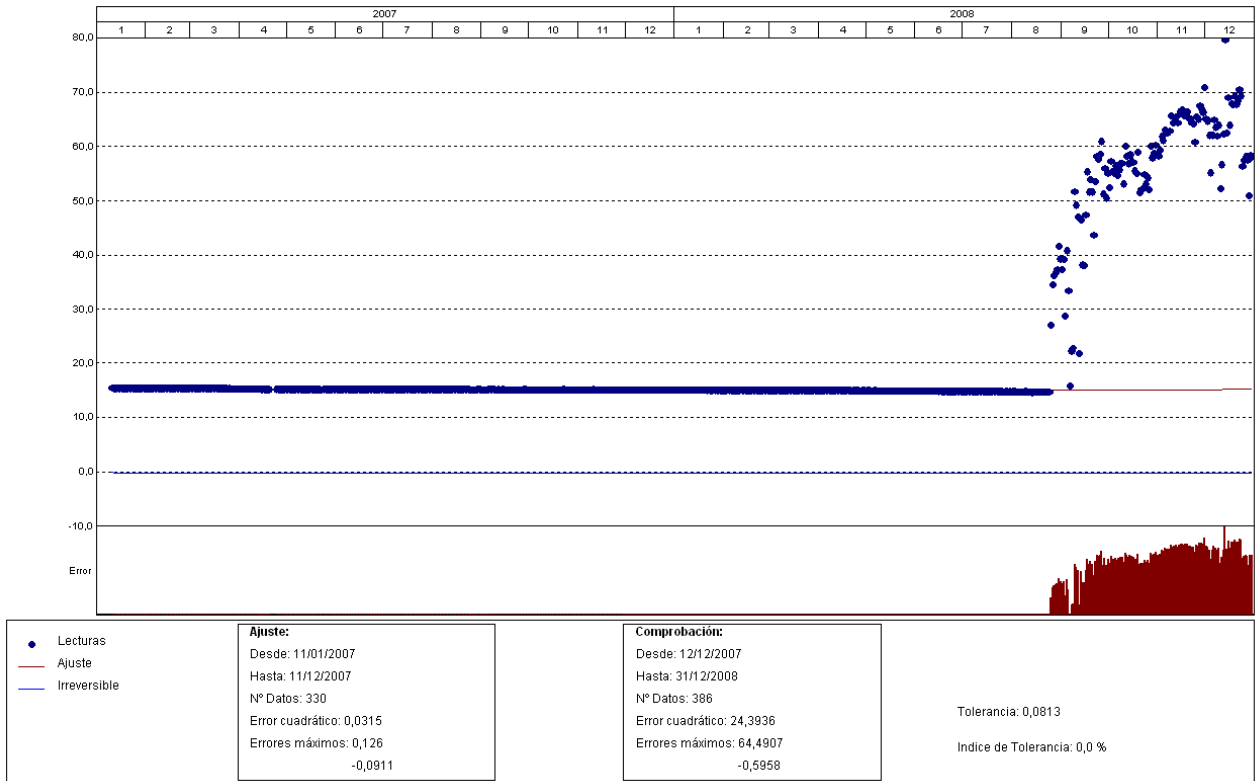


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B3-5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-5

Unidades

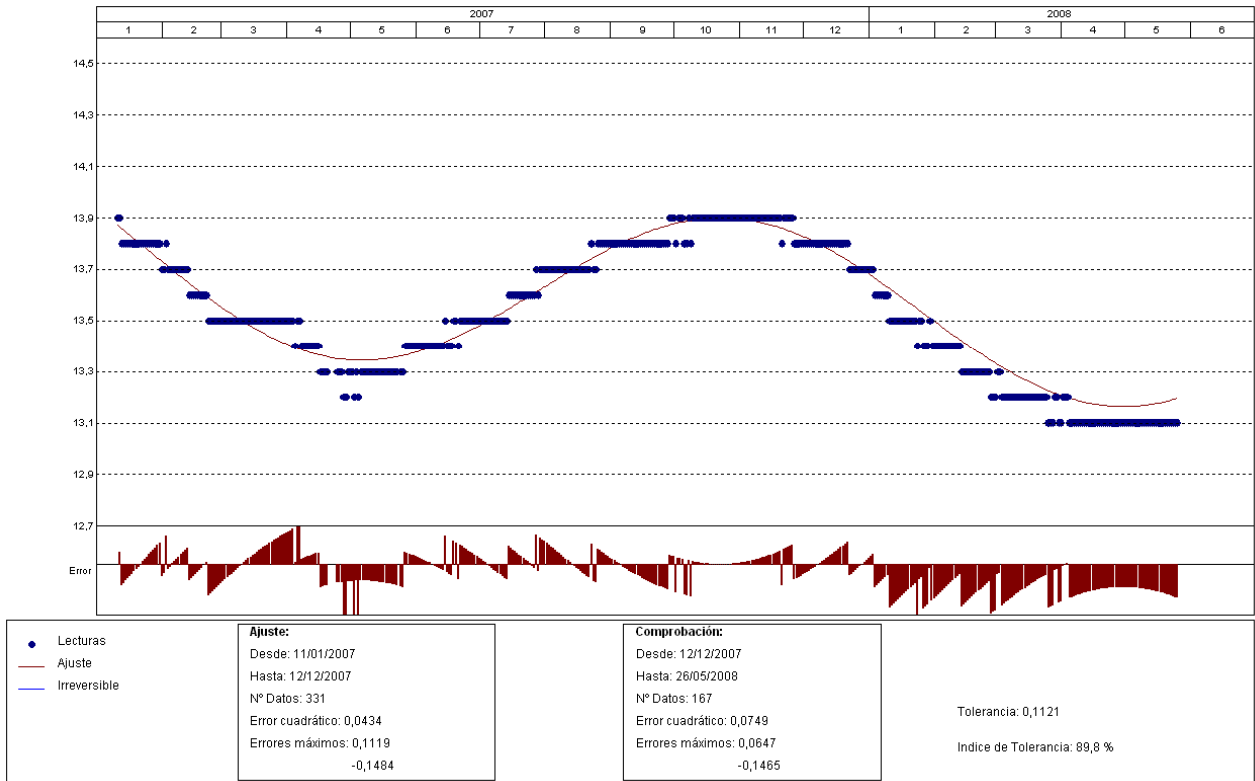


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-5

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 12/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 331
1-e^(-tiempo/365)	-0,3905	Nivel embalse mínimo: 613,10
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,344905E-02
sen(PT)	-0,29912	Error Máximo positivo: 0,1119232
cos(PT)	0,14493	Error Máximo negativo: -0,1484127
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1120985
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,488485E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 6,472015E-02
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,1464968
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 89,82036 %
T. independiente	13,78001	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-6

Unidades

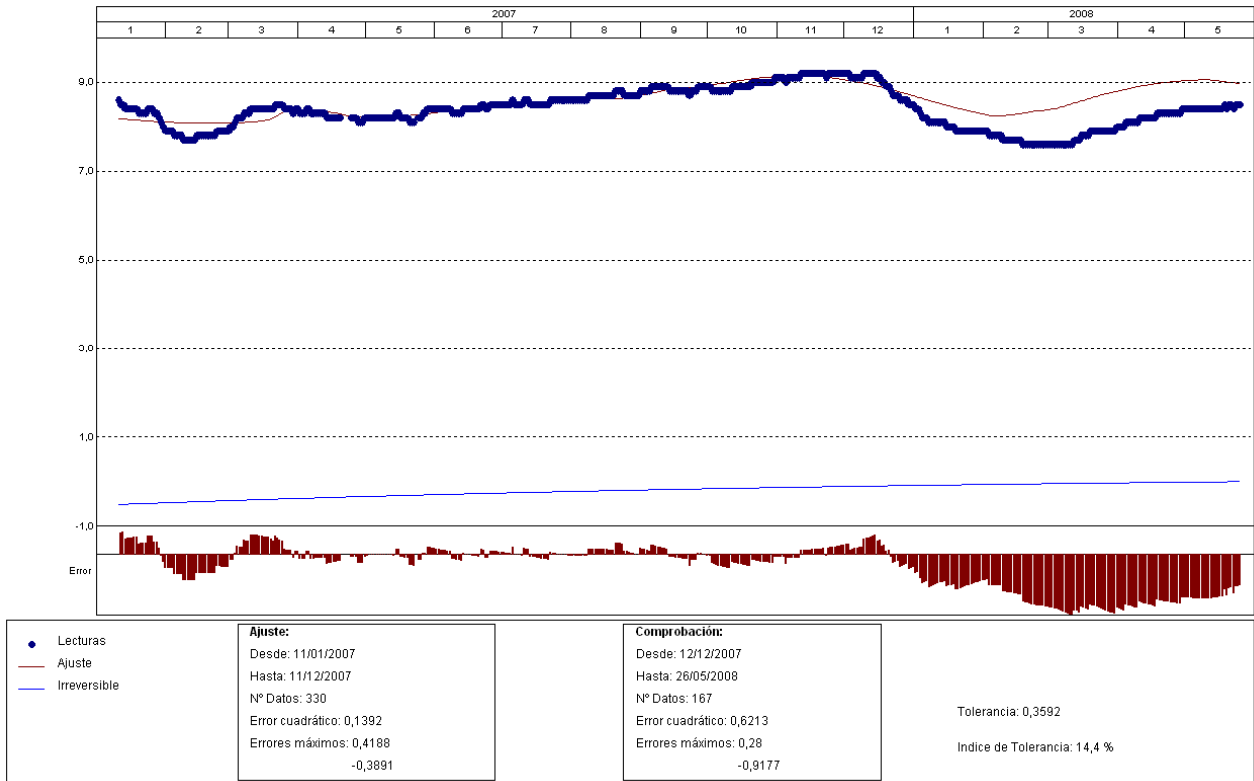


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-6

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

<p>Función de Ajuste</p> <p>Ln(tiempo)</p> <p>1-1/Ln(tiempo)</p> <p>1-e^(-tiempo/365)</p> <p>HC</p> <p>HC^2</p> <p>HC^3</p> <p>(HC-HCA)*HC^2</p> <p>sen(PT)</p> <p>cos(PT)</p> <p>sen(2*PT)</p> <p>cos(2*PT)</p> <p>TD-TDC</p> <p>TMM-TMMC</p> <p>TMM-TMMCA+TMM-TMMC</p> <p>sen(PT)*HC^2</p> <p>cos(PT)*HC^2</p> <p>LL</p> <p>LLMM</p> <p>T. independiente</p>	<p>Coefficiente</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>-0,71466</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>-0,04449</p> <p>-0,80826</p> <p>-0,26817</p> <p>0,22124</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>-0,79261</p> <p>1,19312</p> <p>0,000</p> <p>0,000</p> <p>8,92217</p>	<p>Período de Ajuste</p> <p>11/01/2007 al 11/12/2007</p> <p>Nº de datos: 330</p> <p>Nivel embalse mínimo: 614,87</p> <p>Nivel embalse máximo: 618,81</p> <p>Tiempo de media móvil (días): 30</p> <p>Tiempo de efecto diferido (días): 3</p> <p>Error cuadrático: 0,1272747</p> <p>Error Máximo positivo: 0,3553667</p> <p>Error Máximo negativo: -0,3598022</p> <p>Tolerancia: 0,3283688</p> <p>Período de Comprobación</p> <p>12/12/2007 al 26/05/2008</p> <p>Nº de datos: 167</p> <p>Error cuadrático: 0,3449628</p> <p>Error Máximo positivo: 0,1585102</p> <p>Error Máximo negativo: -0,7353973</p> <p>Índice de Tolerancia: 62,27545 %</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-7

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-7

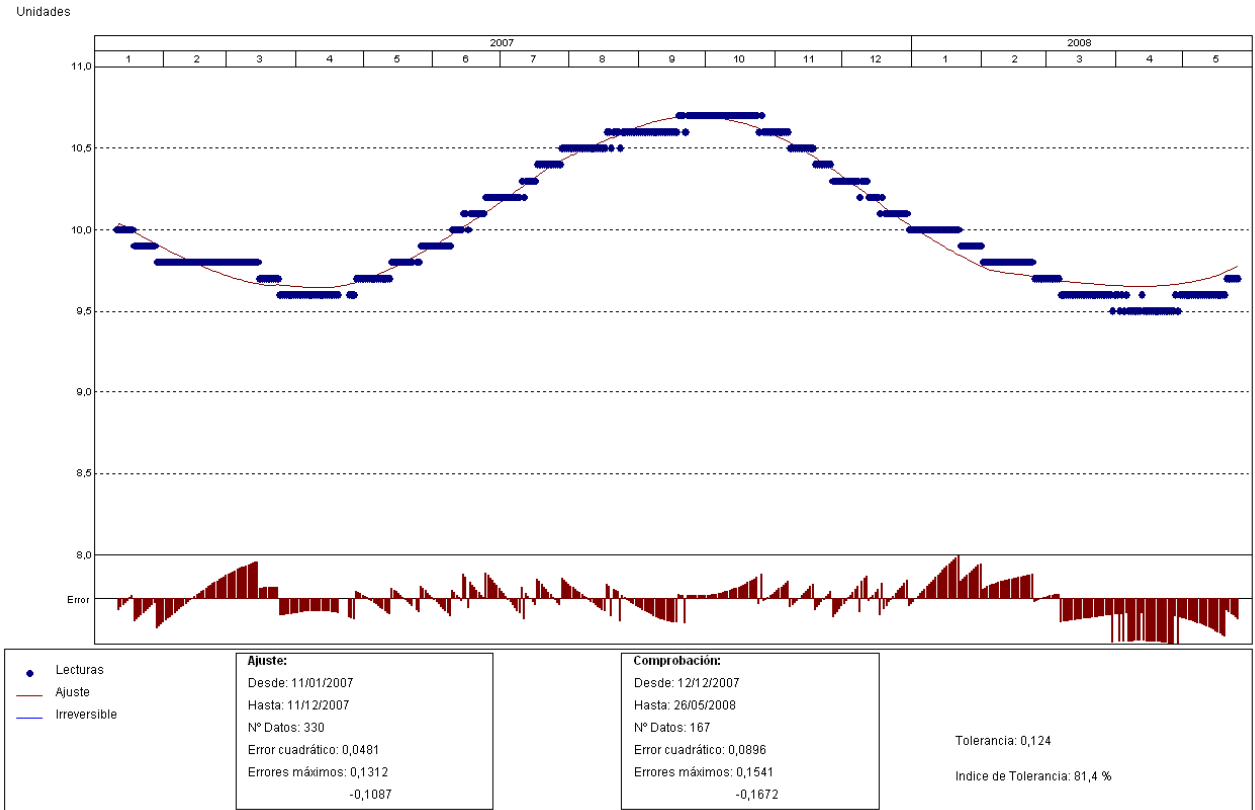


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-7

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,805328E-02
sen(PT)	-0,49756	Error Máximo positivo: 0,131218
cos(PT)	0,06598	Error Máximo negativo: -0,1087265
sen(2*PT)	0,00354	Tolerancia: 0,1239775
cos(2*PT)	-0,03912	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	-0,05789	Error cuadrático: 8,963626E-02
cos(PT)*HC^2	-0,16718	Error Máximo positivo: 0,1540728
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,1671524
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 81,43713 %
T. independiente	10,11965	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-8

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-8

Unidades

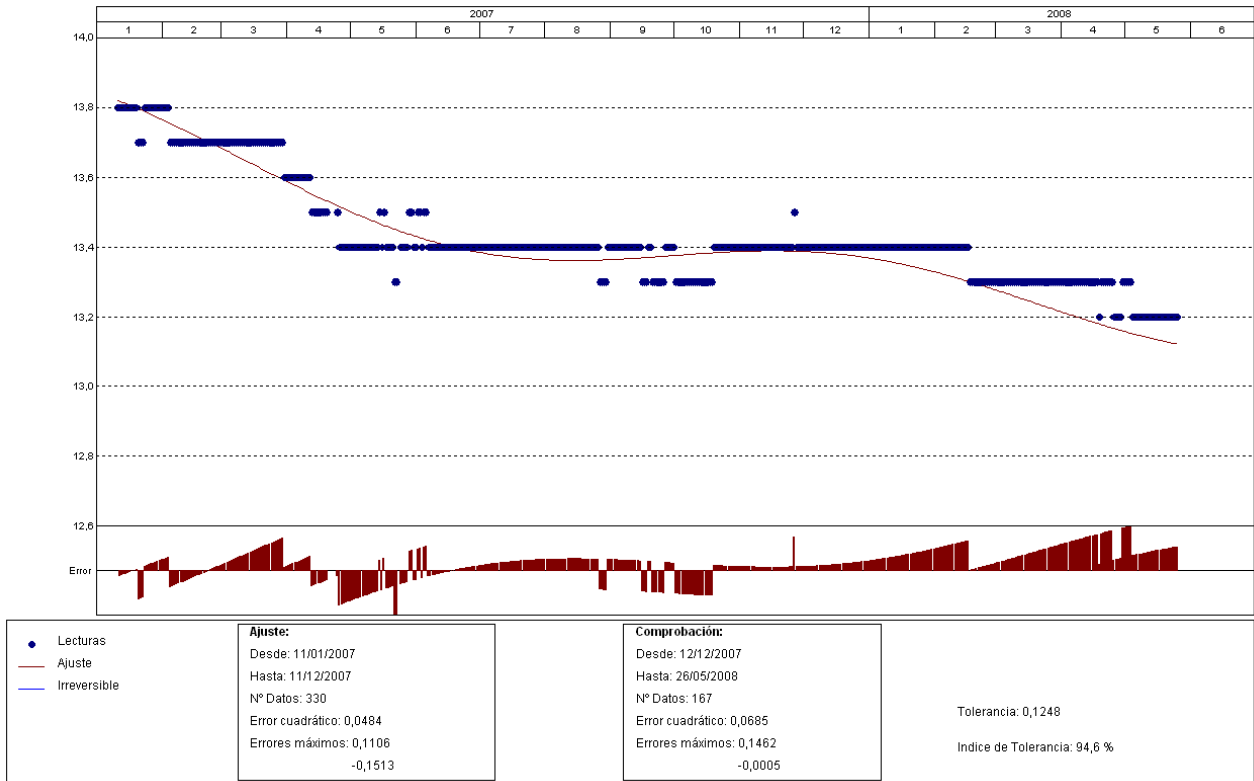


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-8

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-0,73034	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,836861E-02
sen(PT)	-0,01147	Error Máximo positivo: 0,1106358
cos(PT)	0,08247	Error Máximo negativo: -0,1512613
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,124791
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 6,851753E-02
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,1461821
LL	0,000	Error Máximo negativo: -5,41687E-04
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 94,61078 %
T. independiente	13,74133	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-9

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-9

Unidades

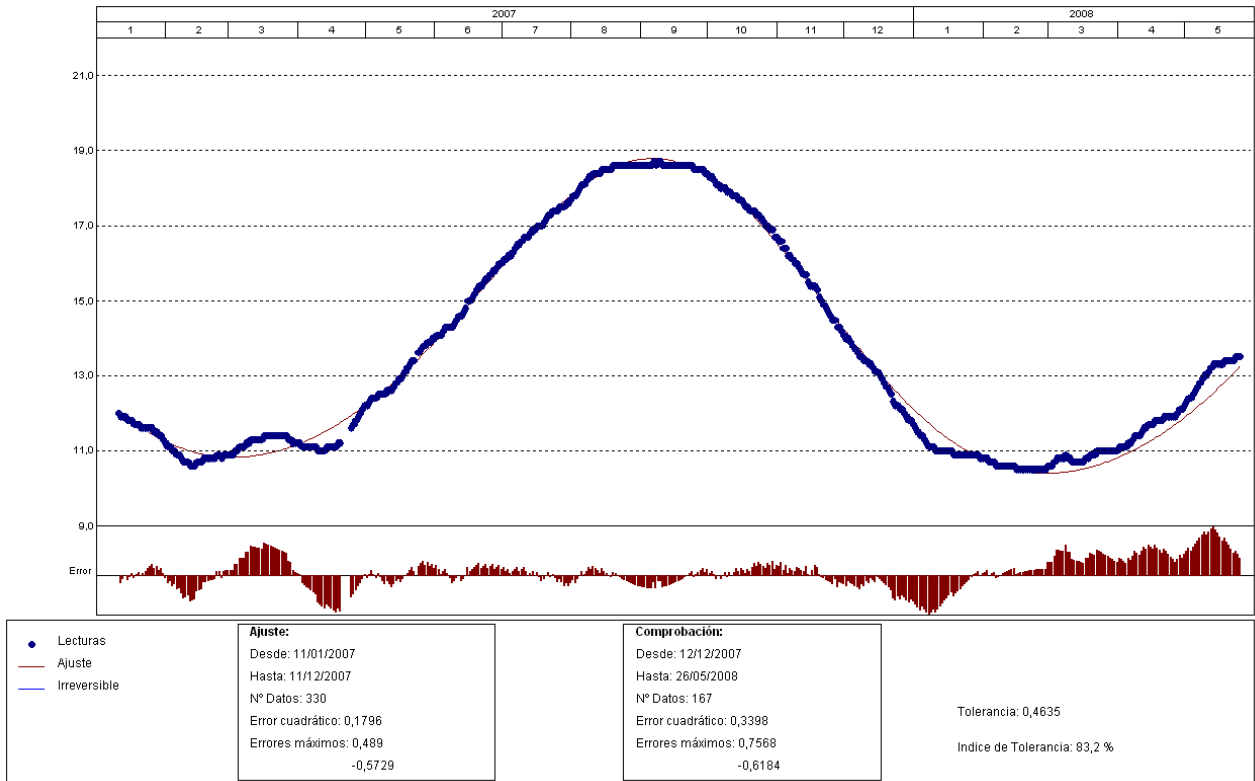


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-9

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-0,76922	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1796465
sen(PT)	-3,6623	Error Máximo positivo: 0,4889669
cos(PT)	-1,86186	Error Máximo negativo: -0,5729465
sen(2*PT)	0,18224	Tolerancia: 0,4634879
cos(2*PT)	-0,28943	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,339808
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,7568045
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,6184139
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 83,23354 %
T. independiente	14,72849	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-10

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-10

Unidades

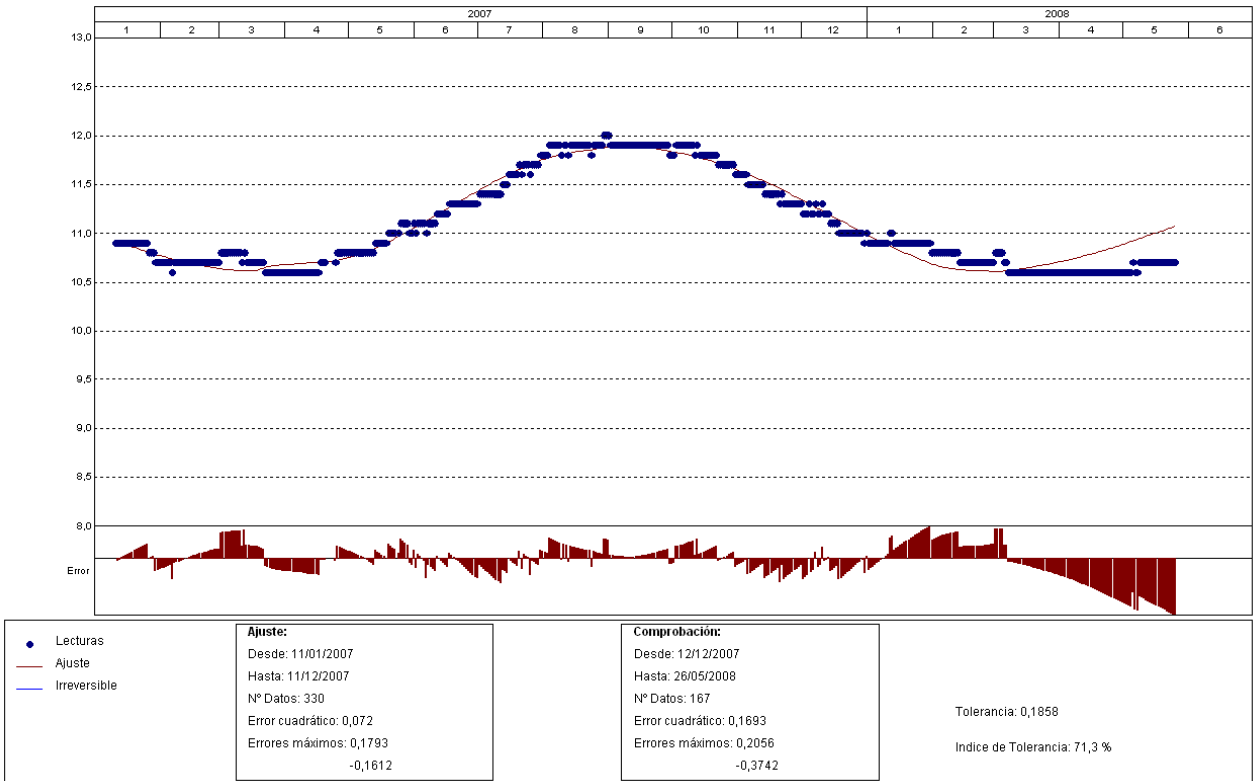


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-10

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,200083E-02
sen(PT)	-0,49273	Error Máximo positivo: 0,179328
cos(PT)	-0,20509	Error Máximo negativo: -0,1612406
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1857622
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 26/05/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 167
sen(PT)*HC^2	-0,21221	Error cuadrático: 0,1692545
cos(PT)*HC^2	-0,02976	Error Máximo positivo: 0,2055817
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,3741541
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 71,25748 %
T. independiente	11,21508	

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-11

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-11

Unidades

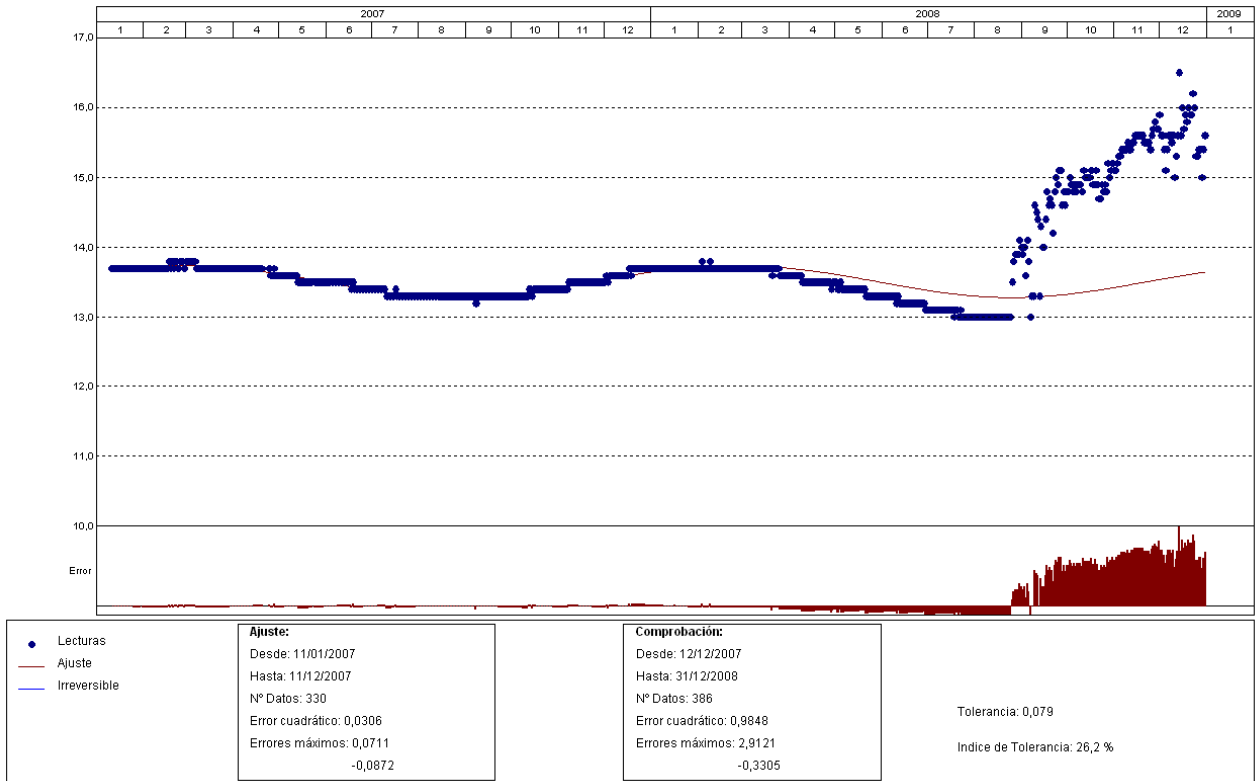


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B3-12

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-12

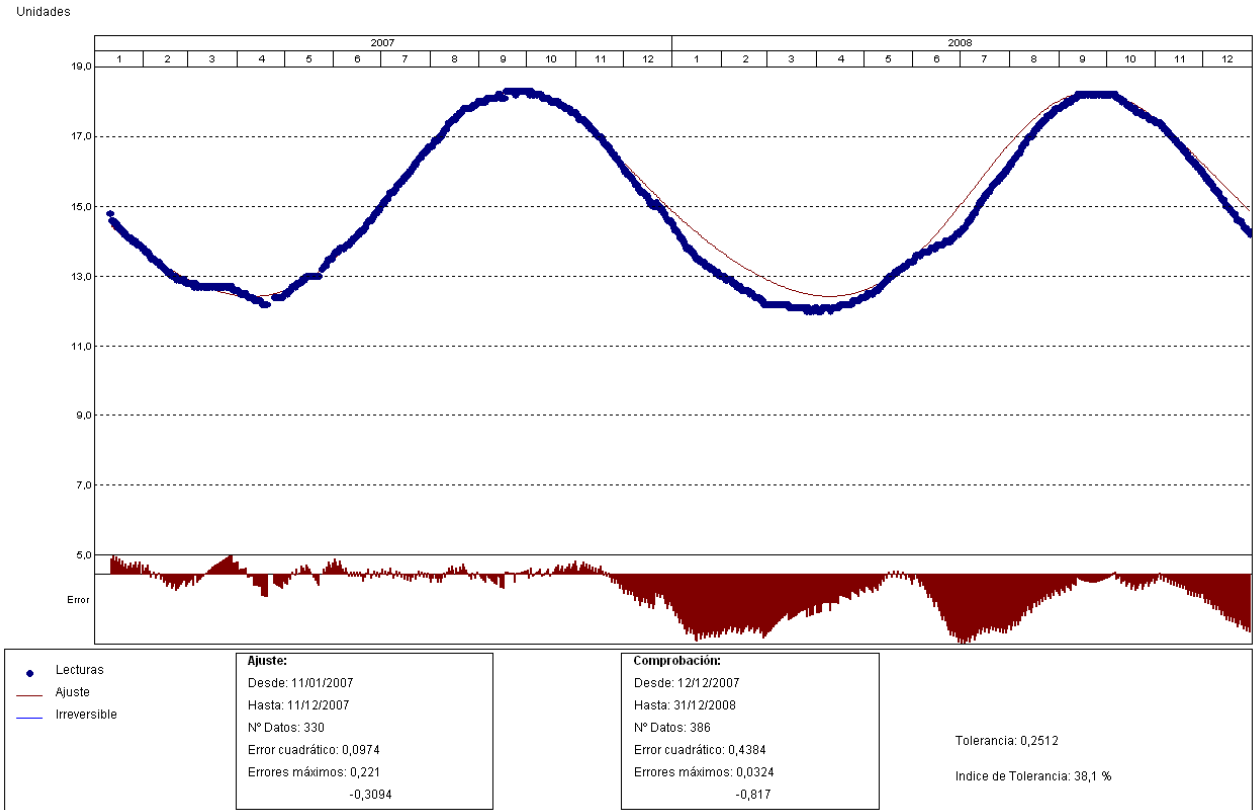


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-12

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 330
HC	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-2,90097	Error cuadrático: 9,736265E-02
cos(PT)	-0,10152	Error Máximo positivo: 0,2210274
sen(2*PT)	0,21316	Error Máximo negativo: -0,3094463
cos(2*PT)	-0,19083	Tolerancia: 0,2511956
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4384353
LL	0,000	Error Máximo positivo: 3,237915E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,8169584
T. independiente	15,16253	Indice de Tolerancia: 38,0829 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B3-13

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B3-13

Unidades

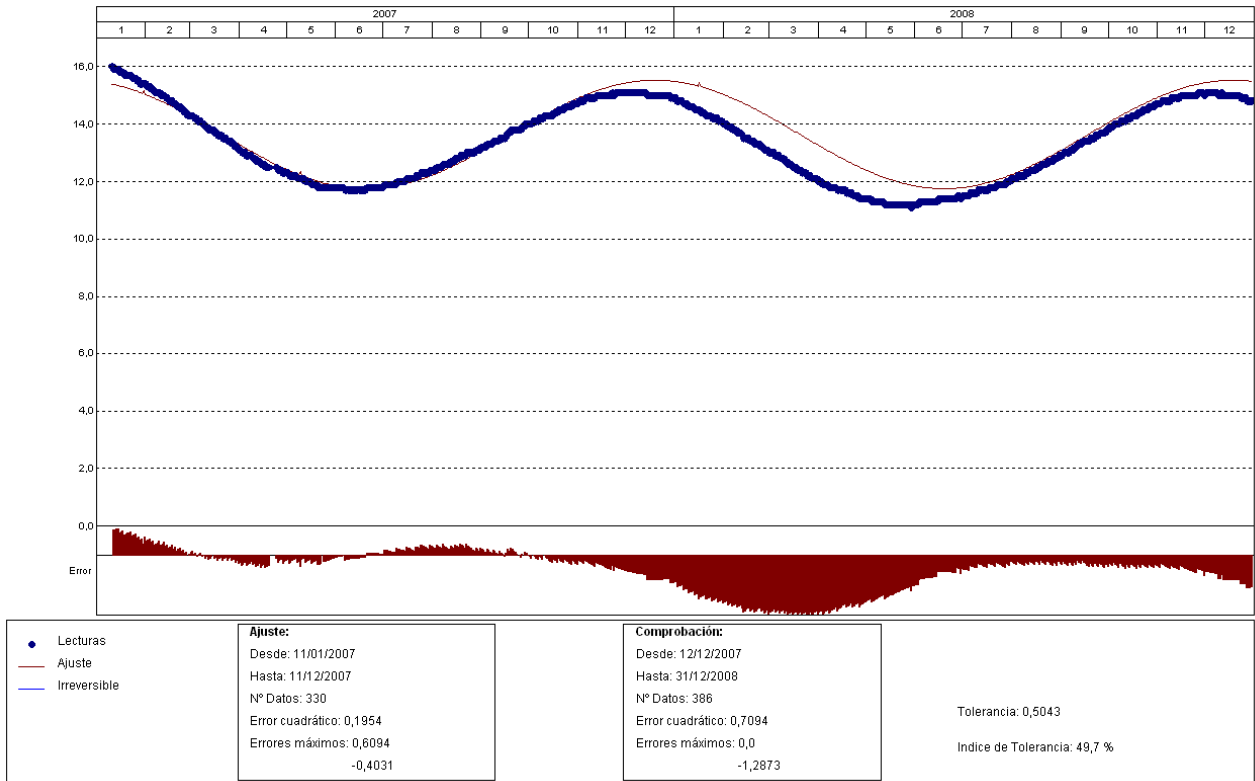


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B3-13

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,00081	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1954462
sen(PT)	-0,39029	Error Máximo positivo: 0,609436
cos(PT)	1,84277	Error Máximo negativo: -0,4031429
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,5042512
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,7094336
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,287343
T. independiente	13,64212	Índice de Tolerancia: 49,74093 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-1

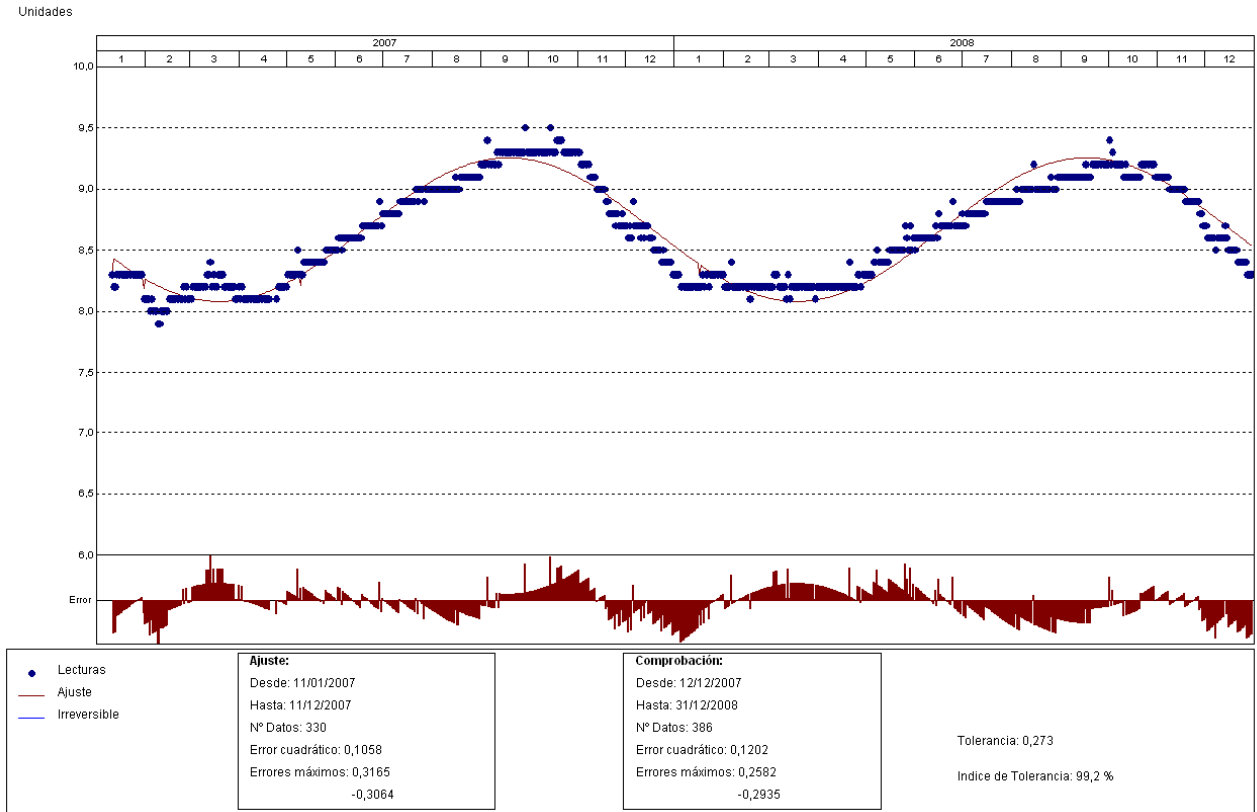


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-1

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1058325
sen(PT)	-0,57161	Error Máximo positivo: 0,3165064
cos(PT)	-0,1356	Error Máximo negativo: -0,3063827
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,273048
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1202497
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,2581568
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,2935162
T. independiente	8,66813	Índice de Tolerancia: 99,2228 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-2

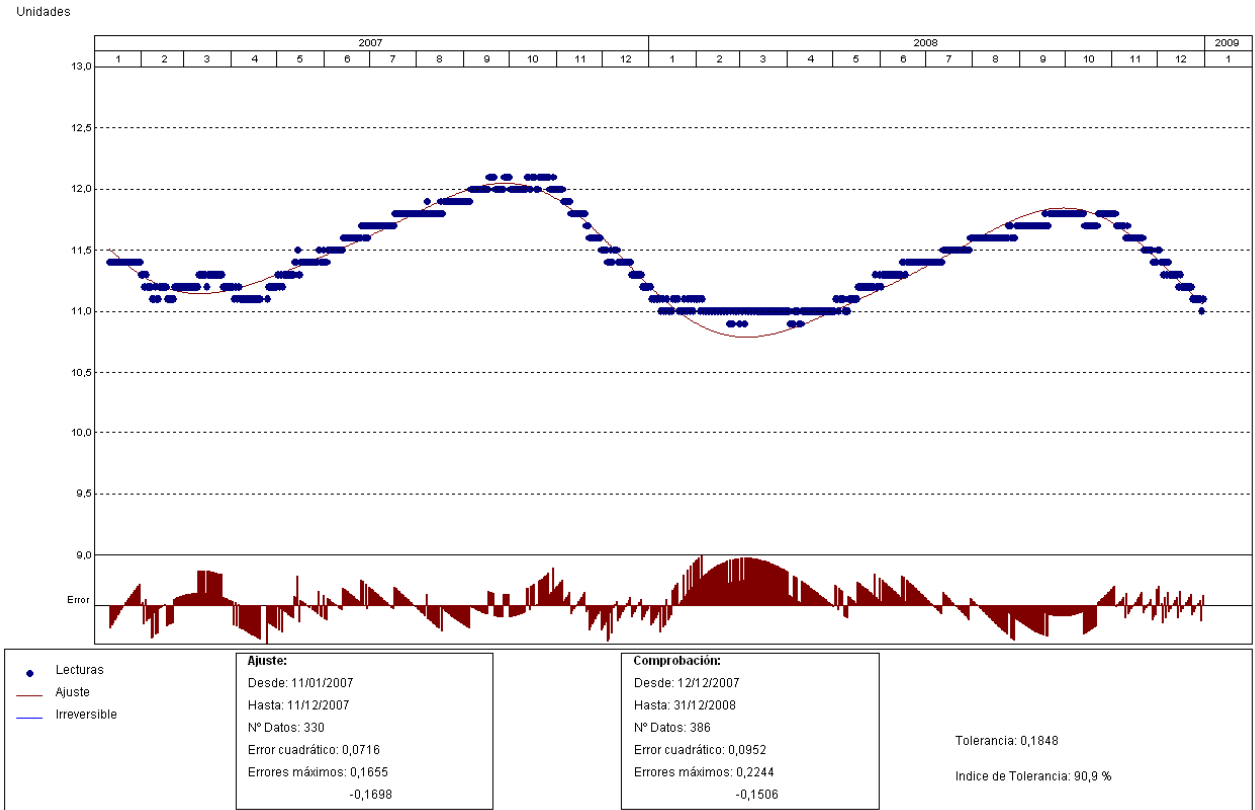


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-2

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-0,65806	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,161091E-02
sen(PT)	-0,53681	Error Máximo positivo: 0,1655312
cos(PT)	-0,12661	Error Máximo negativo: -0,1698399
sen(2*PT)	-0,06697	Tolerancia: 0,1847562
cos(2*PT)	-0,05152	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,0952425
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,224412
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,1505823
T. independiente	11,79708	Índice de Tolerancia: 90,93264 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-3

Unidades

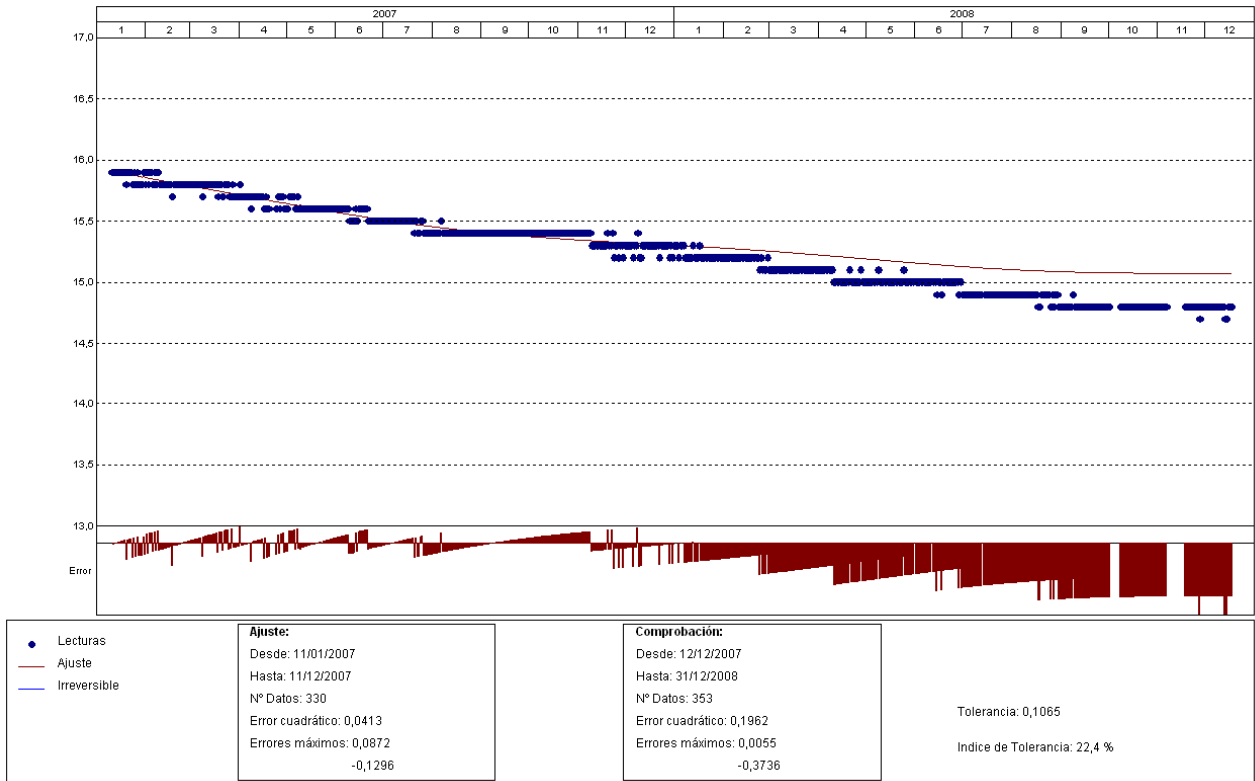


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B4-4

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-4

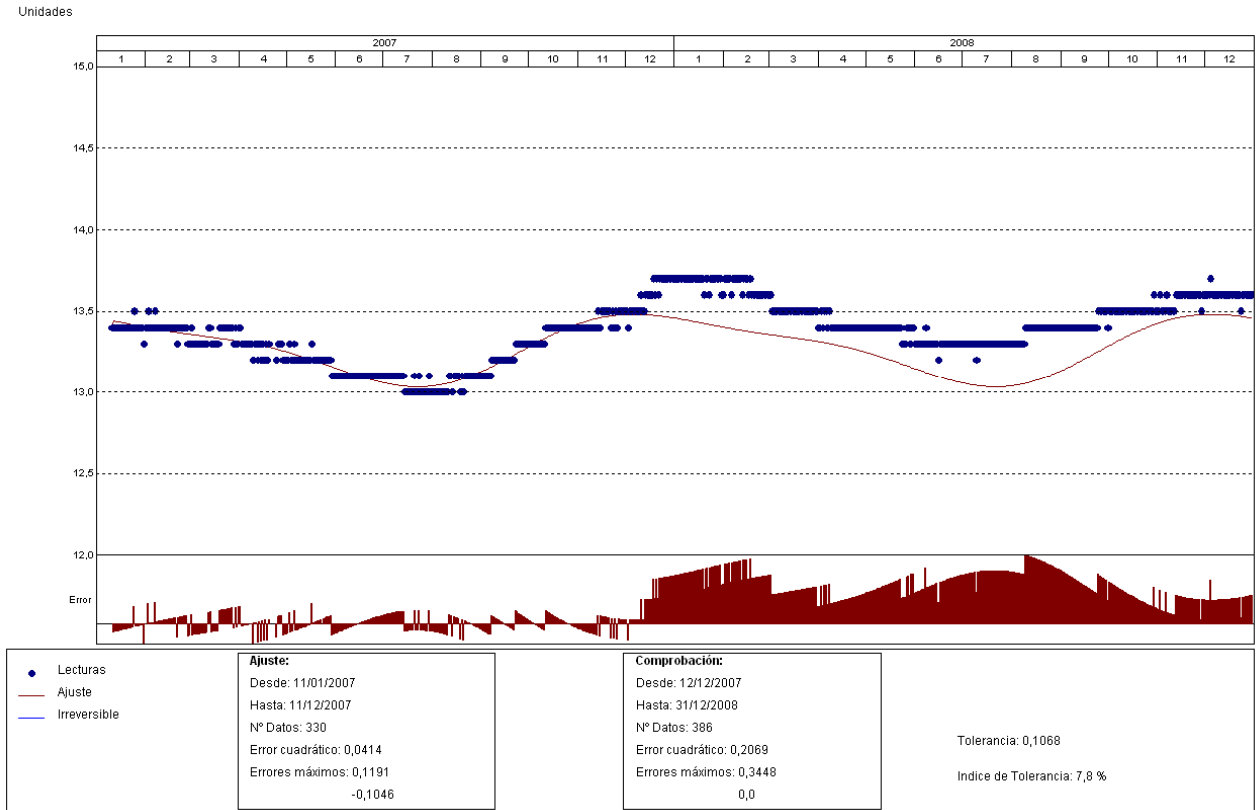


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-4

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,0414004
sen(PT)	0,01485	Error Máximo positivo: 0,1191254
cos(PT)	0,20195	Error Máximo negativo: -0,1045532
sen(2*PT)	-0,05298	Tolerancia: 0,106813
cos(2*PT)	-0,02073	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2069366
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,3447981
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	13,27772	Índice de Tolerancia: 7,772021 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-5

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-5

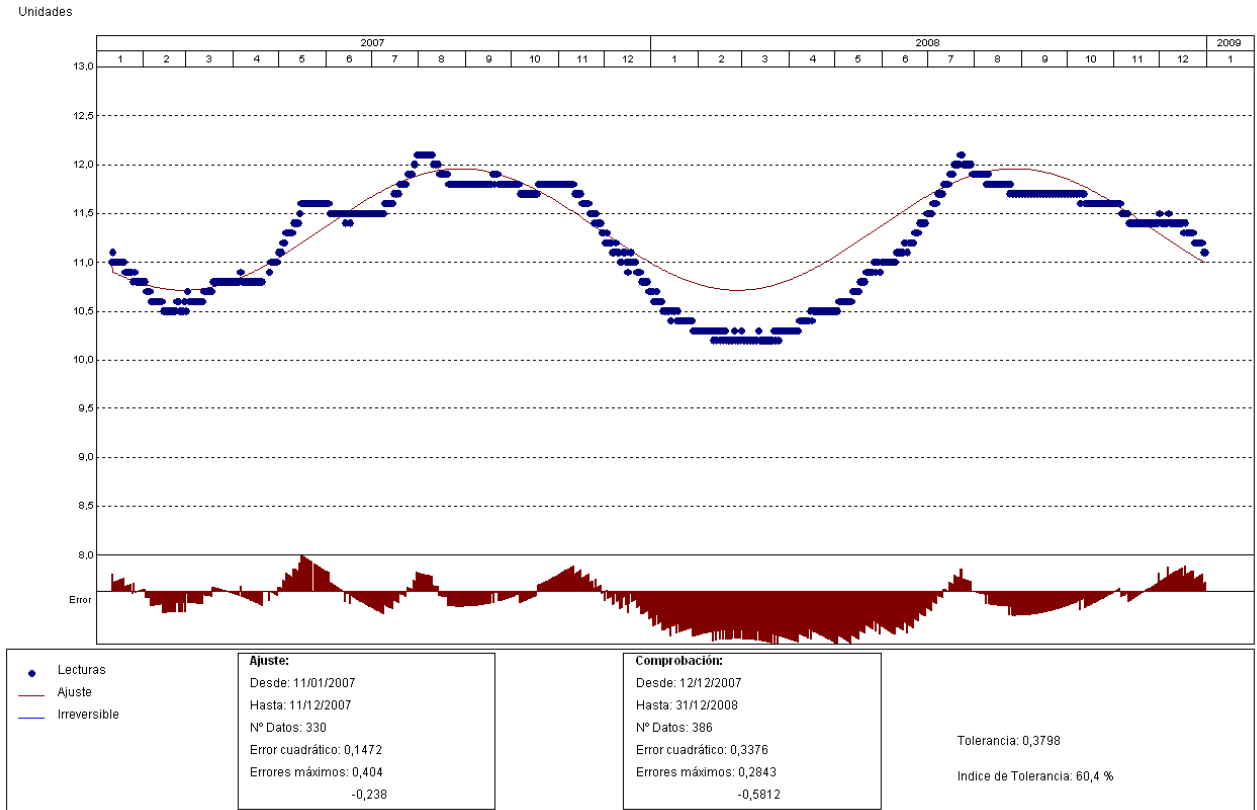


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-5

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1472127
sen(PT)	-0,51728	Error Máximo positivo: 0,4039993
cos(PT)	-0,34505	Error Máximo negativo: -0,2380486
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3798088
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3375568
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,284255
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,581192
T. independiente	11,3374	Indice de Tolerancia: 60,36269 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-6

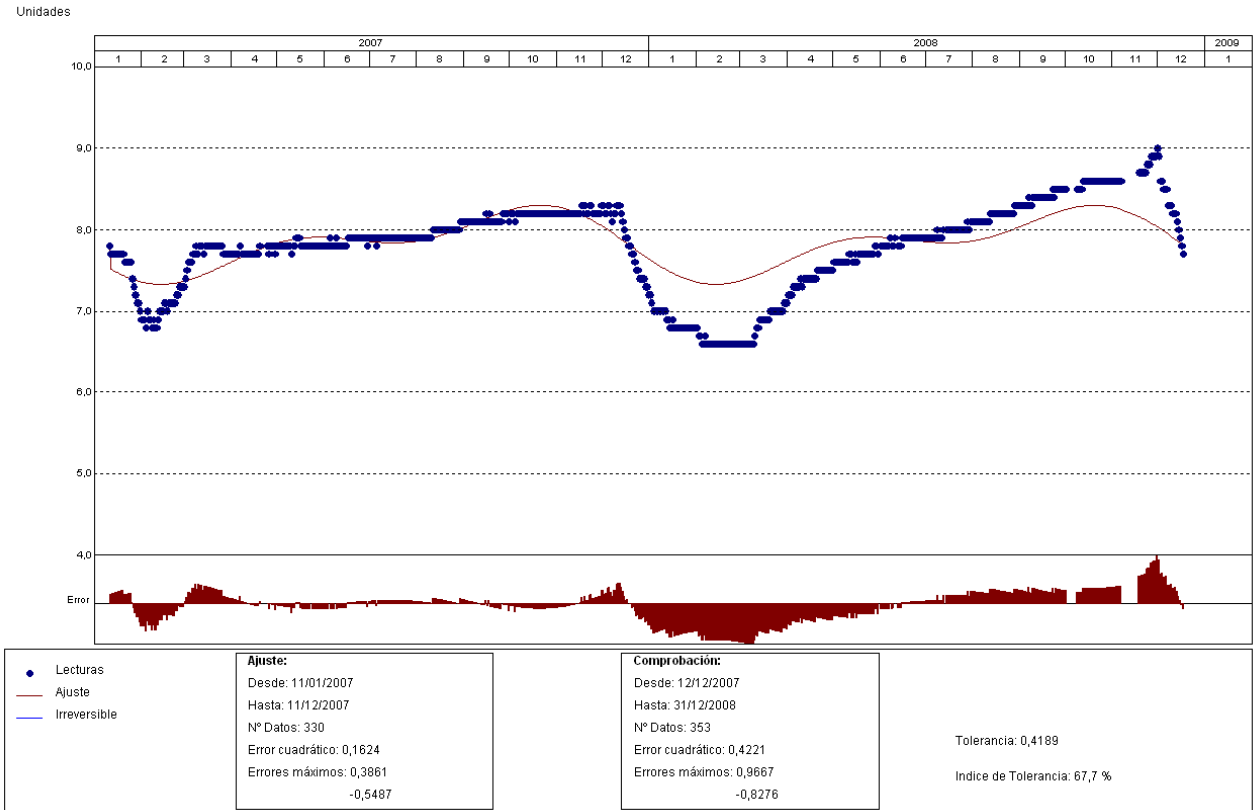


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-6

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1623785
sen(PT)	-0,31463	Error Máximo positivo: 0,3860517
cos(PT)	-0,10677	Error Máximo negativo: -0,5486951
sen(2*PT)	-0,2081	Tolerancia: 0,4189366
cos(2*PT)	-0,09043	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 353
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4221292
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,9667149
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,827558
T. independiente	7,8384	Índice de Tolerancia: 67,70538 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-7

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-7

Unidades

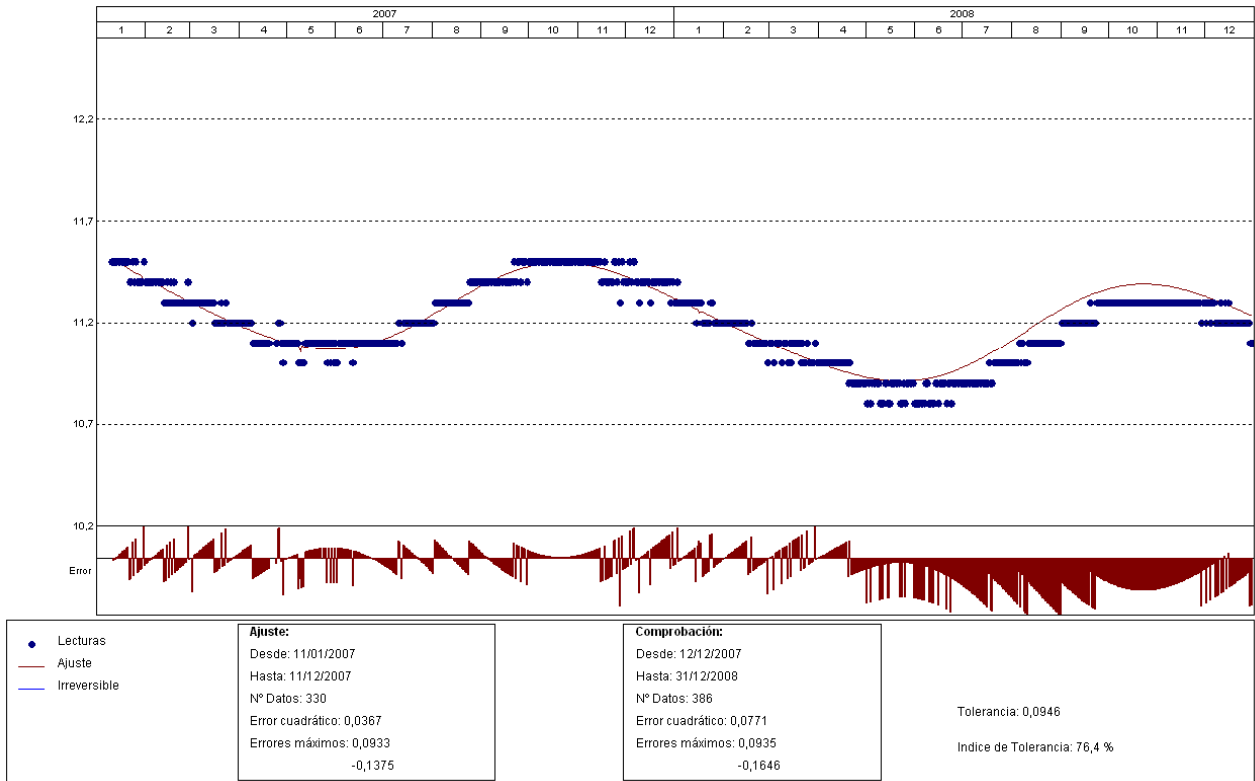


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-7

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-0,36193	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 3,667115E-02
sen(PT)	-0,20453	Error Máximo positivo: 9,334373E-02
cos(PT)	0,14387	Error Máximo negativo: -0,1375008
sen(2*PT)	0,0033	Tolerancia: 9,461156E-02
cos(2*PT)	-0,02912	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 7,708196E-02
LL	0,000	Error Máximo positivo: 9,352398E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,1646338
T. independiente	11,4307	Índice de Tolerancia: 76,42487 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-8

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-8

Unidades

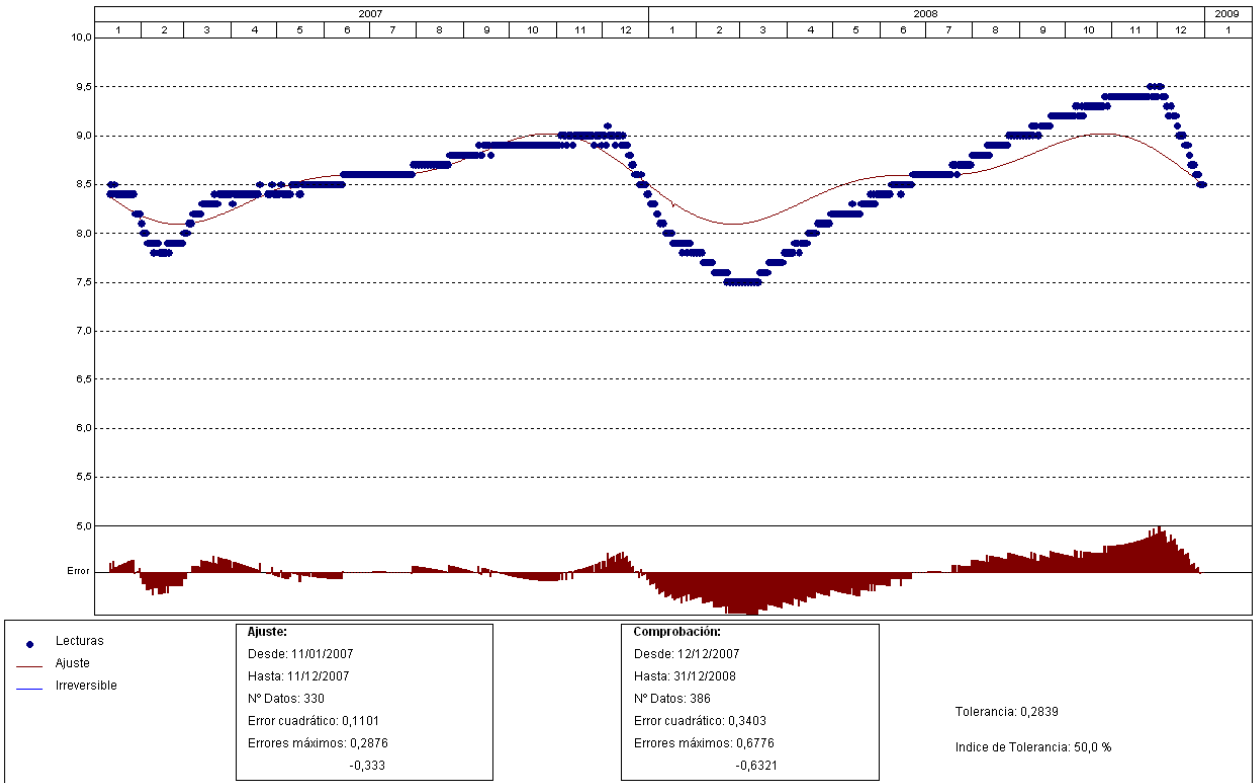


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-8

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1100513
sen(PT)	-0,34991	Error Máximo positivo: 0,2876415
cos(PT)	-0,04963	Error Máximo negativo: -0,3330002
sen(2*PT)	-0,17997	Tolerancia: 0,2839322
cos(2*PT)	-0,02465	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3402549
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,6775808
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,6320839
T. independiente	8,57041	Índice de Tolerancia: 50 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-9

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-9

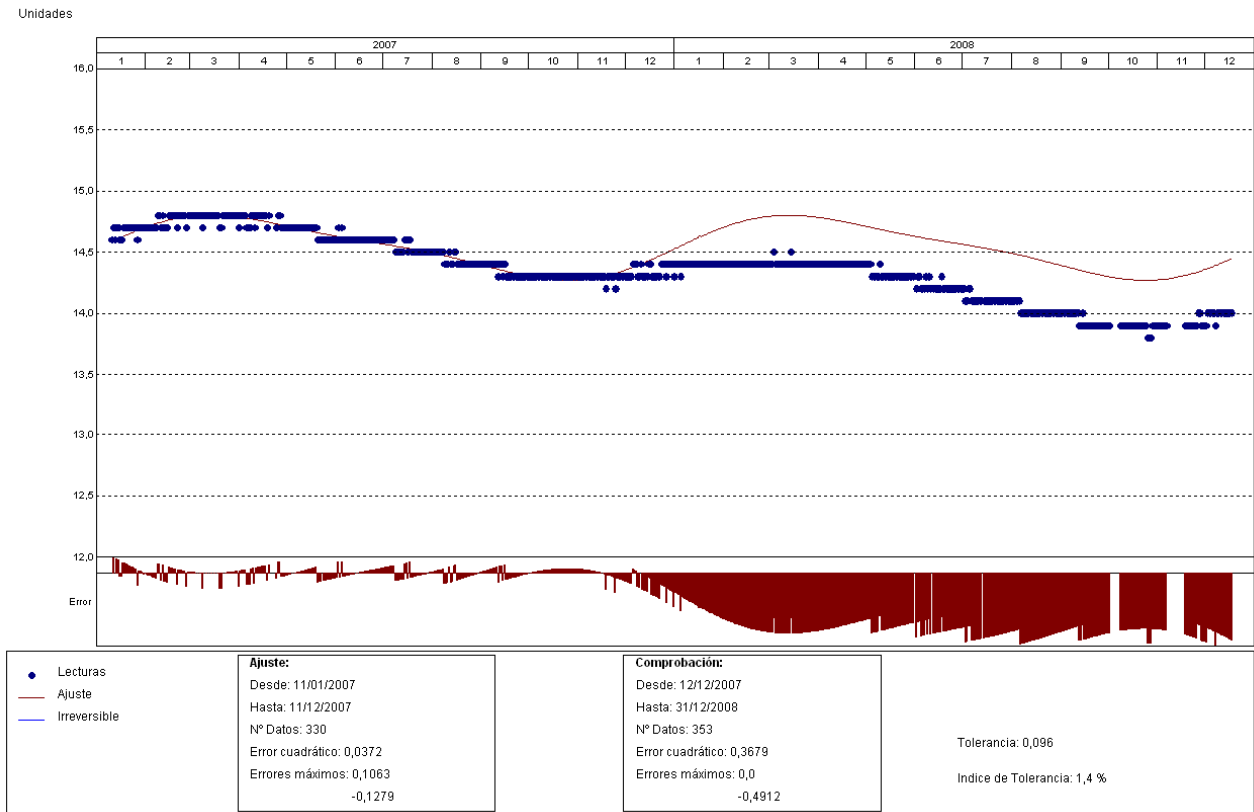


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-9

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,00004	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,0372123
sen(PT)	0,24174	Error Máximo positivo: 0,106308
cos(PT)	-0,01853	Error Máximo negativo: -0,1278877
sen(2*PT)	0,05976	Tolerancia: 9,600775E-02
cos(2*PT)	0,00091	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 353
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3678679
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4912472
T. independiente	14,54346	Índice de Tolerancia: 1,416431 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-11

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-11

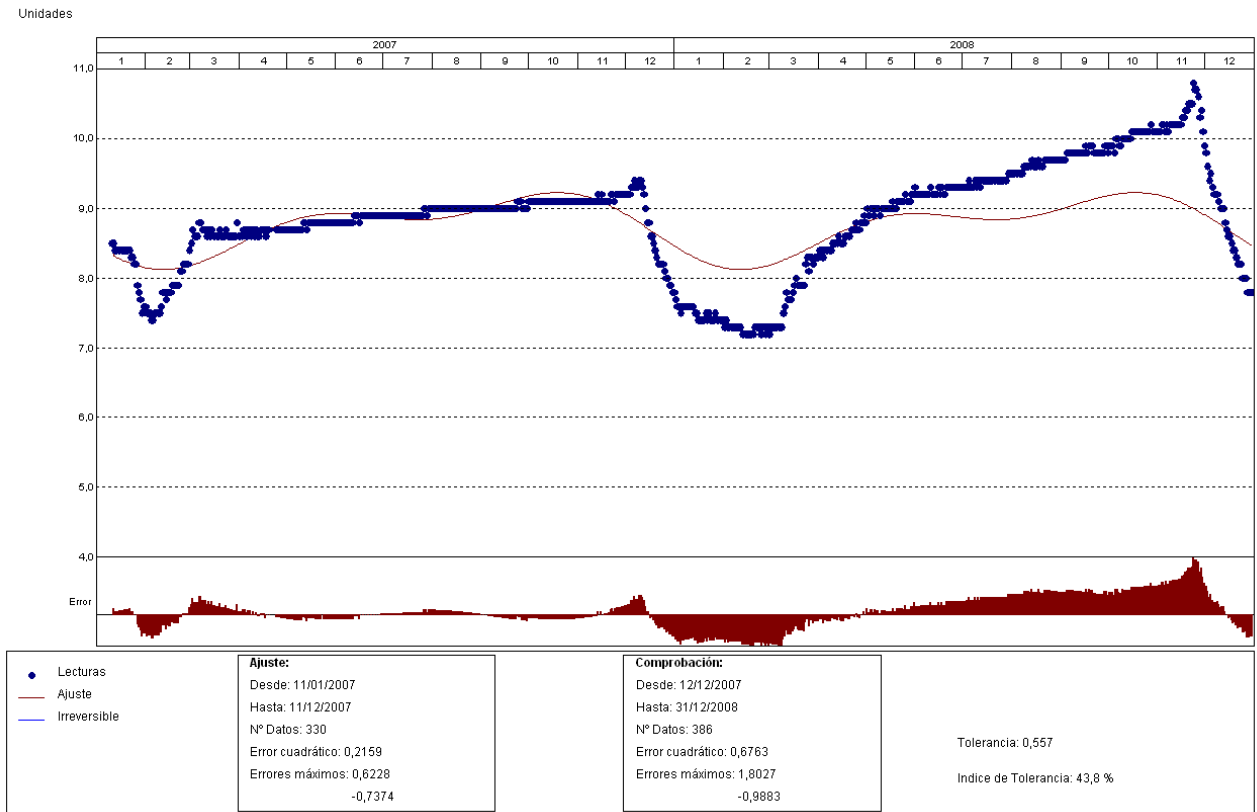


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-11

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2158946
sen(PT)	-0,33965	Error Máximo positivo: 0,6227779
cos(PT)	-0,20478	Error Máximo negativo: -0,737411
sen(2*PT)	-0,24103	Tolerancia: 0,5570081
cos(2*PT)	-0,08808	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,6762621
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,80271
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,9883204
T. independiente	8,7552	Índice de Tolerancia: 43,78238 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-12

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-12

Unidades

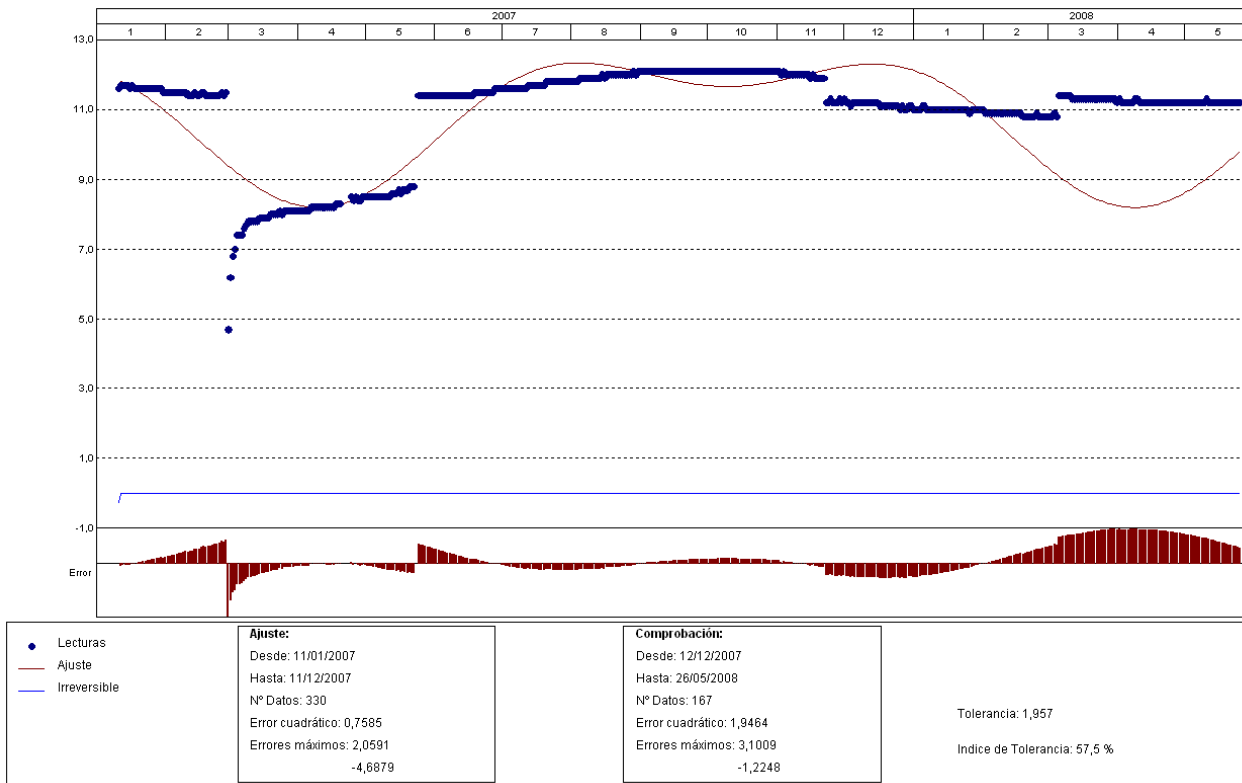


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B4-13

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-13

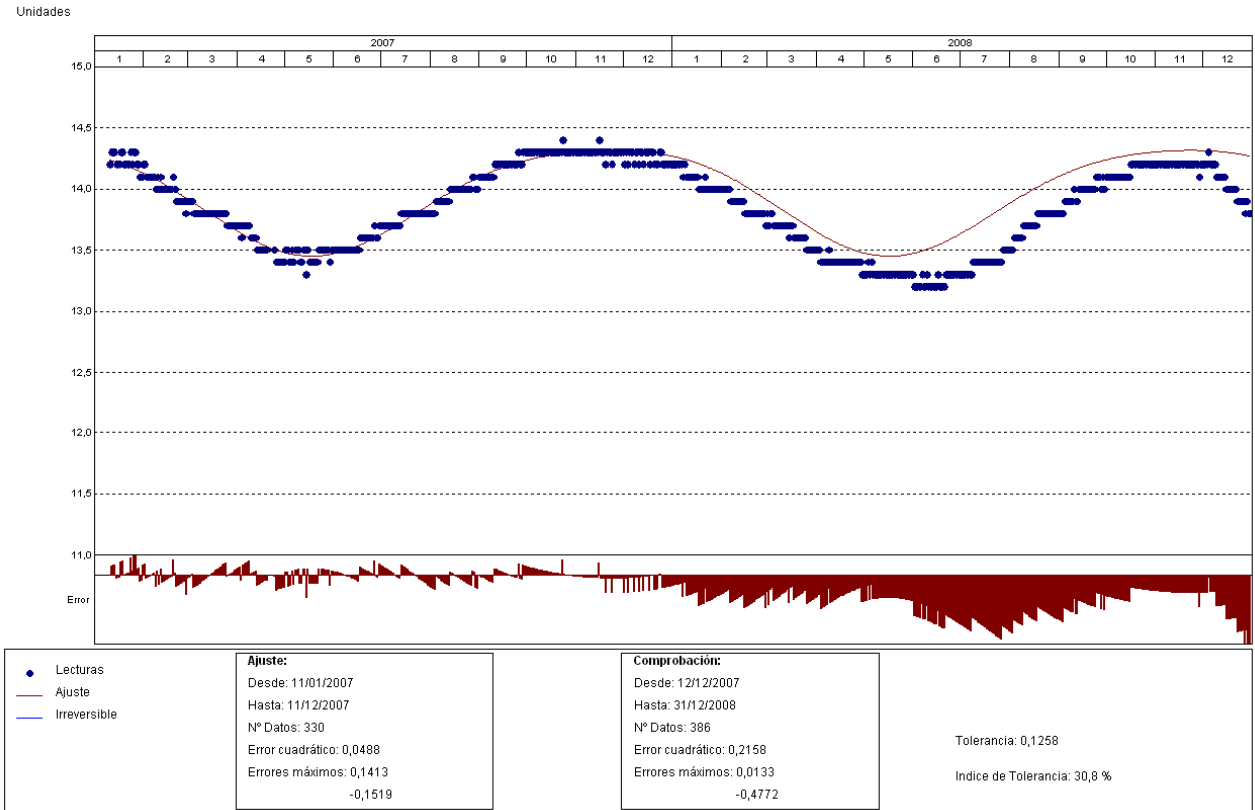


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-13

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,876653E-02
sen(PT)	-0,29517	Error Máximo positivo: 0,1412821
cos(PT)	0,31598	Error Máximo negativo: -0,1518726
sen(2*PT)	0,06474	Tolerancia: 0,1258177
cos(2*PT)	0,00541	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2158267
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,332188E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4772062
T. independiente	13,94771	Índice de Tolerancia: 30,82902 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-14

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-14

Unidades

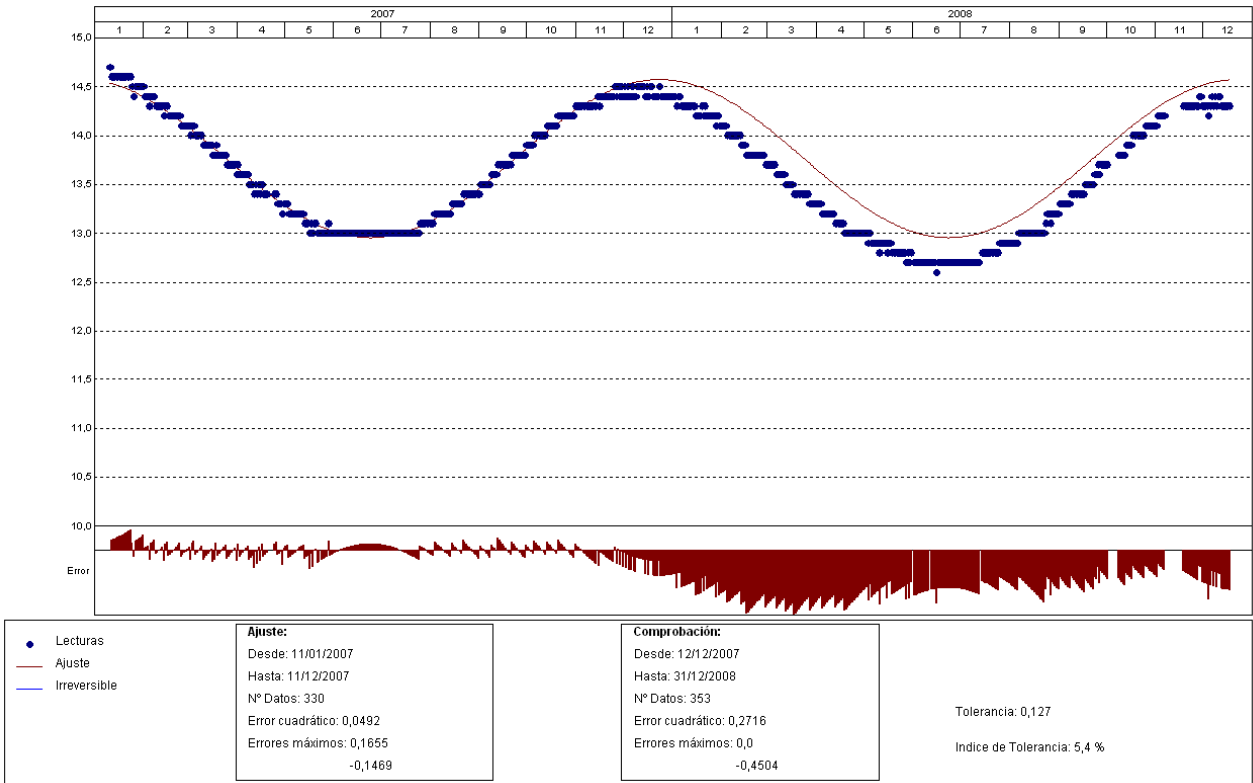


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-14

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 330
HC	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,11214	Error cuadrático: 4,923961E-02
cos(PT)	0,80084	Error Máximo positivo: 0,1654873
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,1468525
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1270382
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 353
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2716058
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4504156
T. independiente	13,76471	Índice de Tolerancia: 5,382436 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B4-15

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B4-15

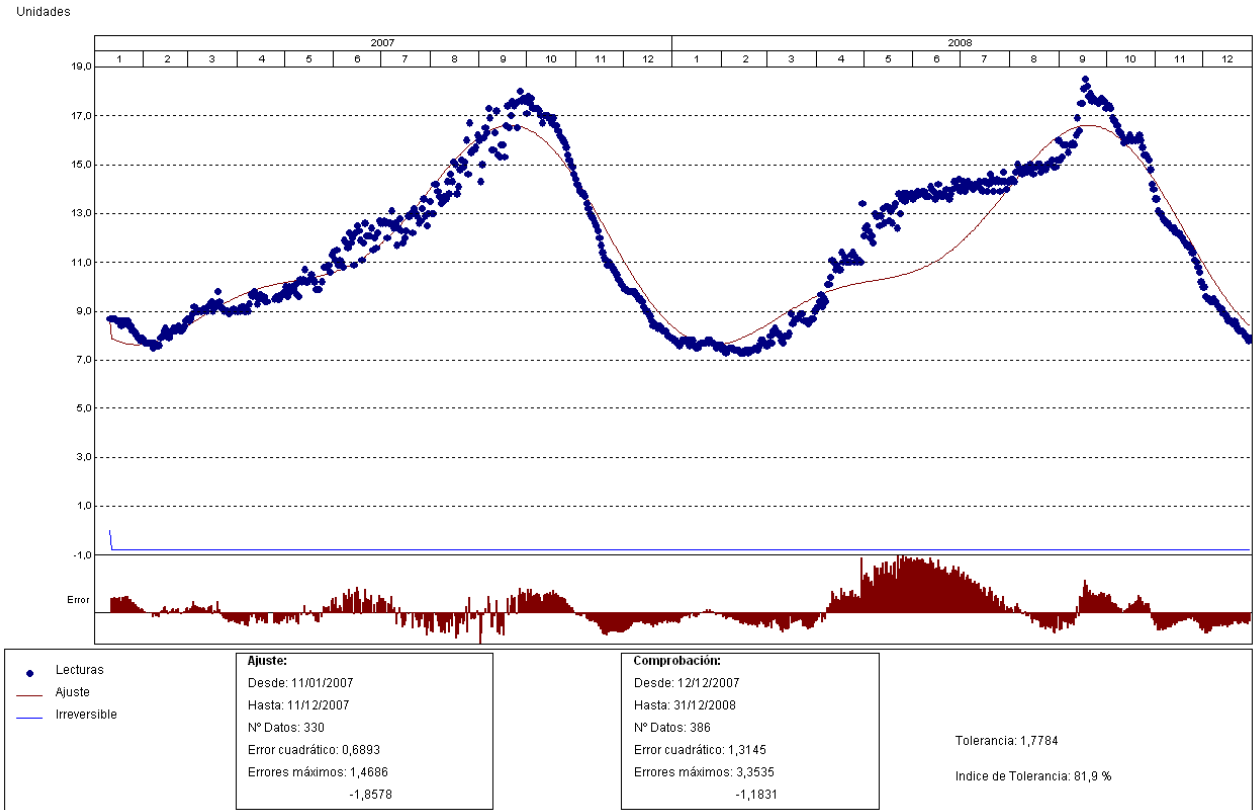


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B4-15

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,6893196
sen(PT)	-3,41376	Error Máximo positivo: 1,468633
cos(PT)	-1,72363	Error Máximo negativo: -1,857789
sen(2*PT)	0,0116	Tolerancia: 1,778445
cos(2*PT)	-1,45872	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,314538
LL	0,000	Error Máximo positivo: 3,353531
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,18313
T. independiente	11,56929	Índice de Tolerancia: 81,86529 %

Tabla. Resumen de resultados

3.6.4 Termorresistencias instaladas en el bloque 5

T-B5-0

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-0

Unidades

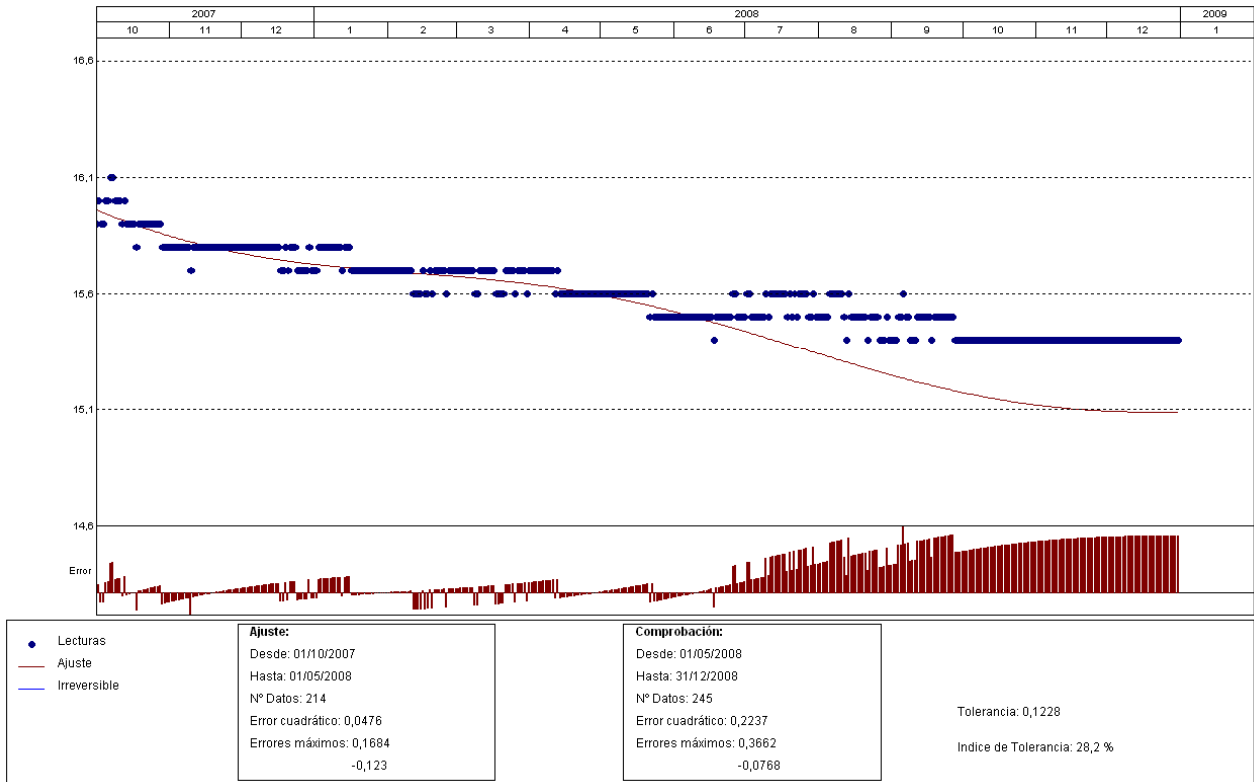


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B5-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-1

Unidades

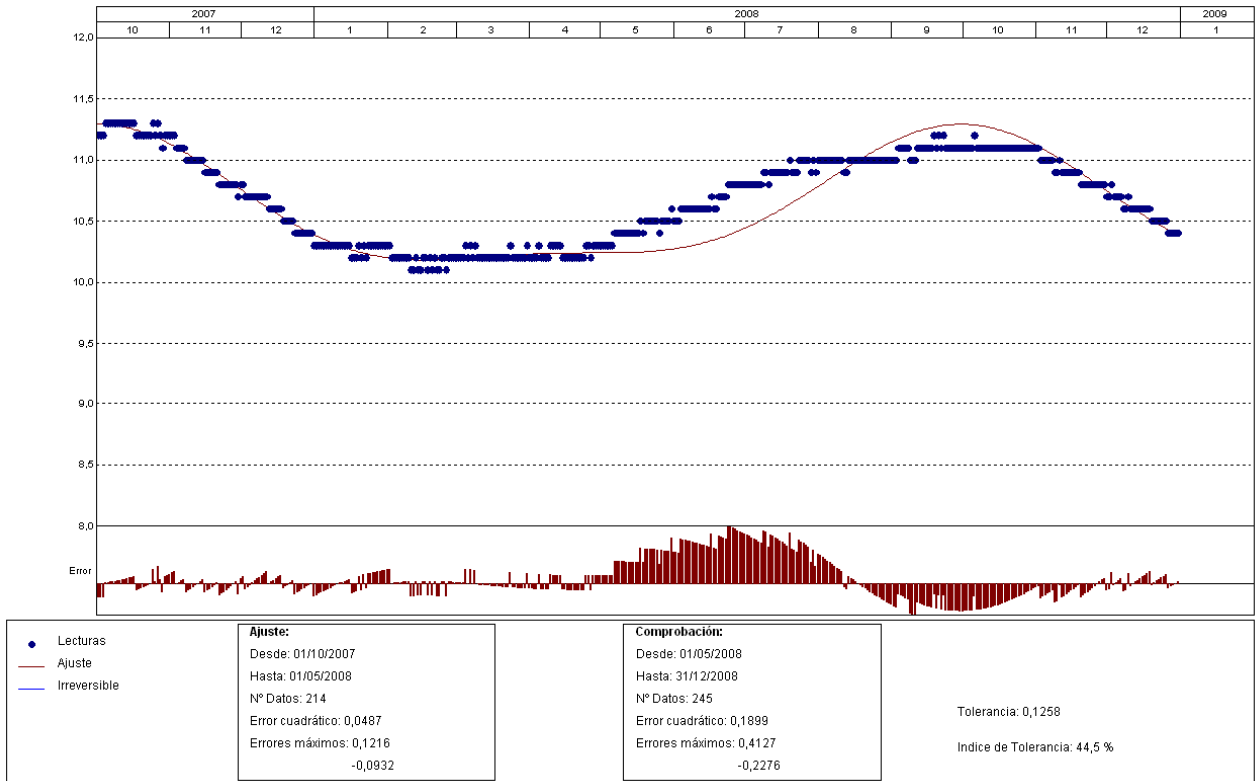


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-1

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	01/10/2007 al 01/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 214
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,874317E-02
sen(PT)	-0,53068	Error Máximo positivo: 0,1216497
cos(PT)	-0,03008	Error Máximo negativo: -9,321404E-02
sen(2*PT)	-0,01097	Tolerancia: 0,1257574
cos(2*PT)	-0,17264	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 245
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1898979
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,4127216
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,2275743
T. independiente	10,58989	Índice de Tolerancia: 44,4898 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-2

Unidades

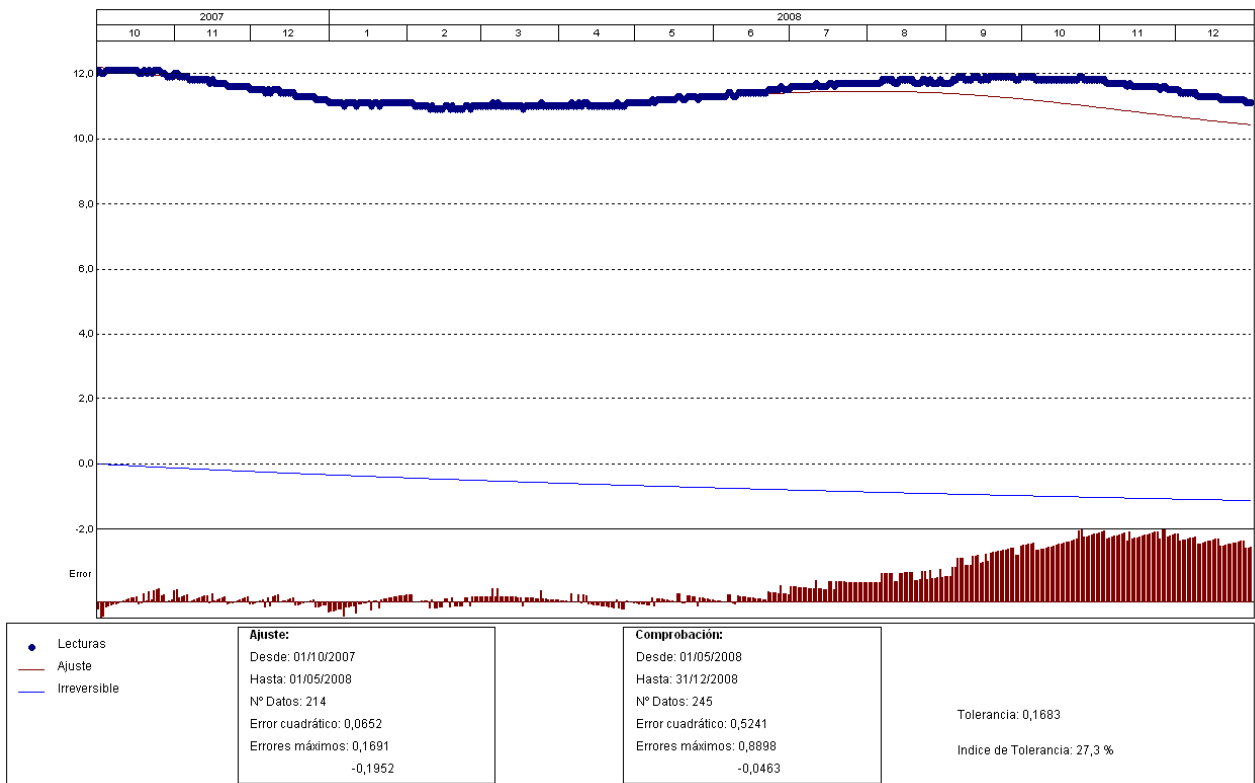


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-2

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-1,11563	01/10/2007 al 01/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 214
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,00007	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 6,524462E-02
sen(PT)	-0,31243	Error Máximo positivo: 0,1691036
cos(PT)	-0,32555	Error Máximo negativo: -0,1951952
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,1683311
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 245
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,5241127
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8897972
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,630852E-02
T. independiente	18,09496	Índice de Tolerancia: 27,34694 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-3

Unidades

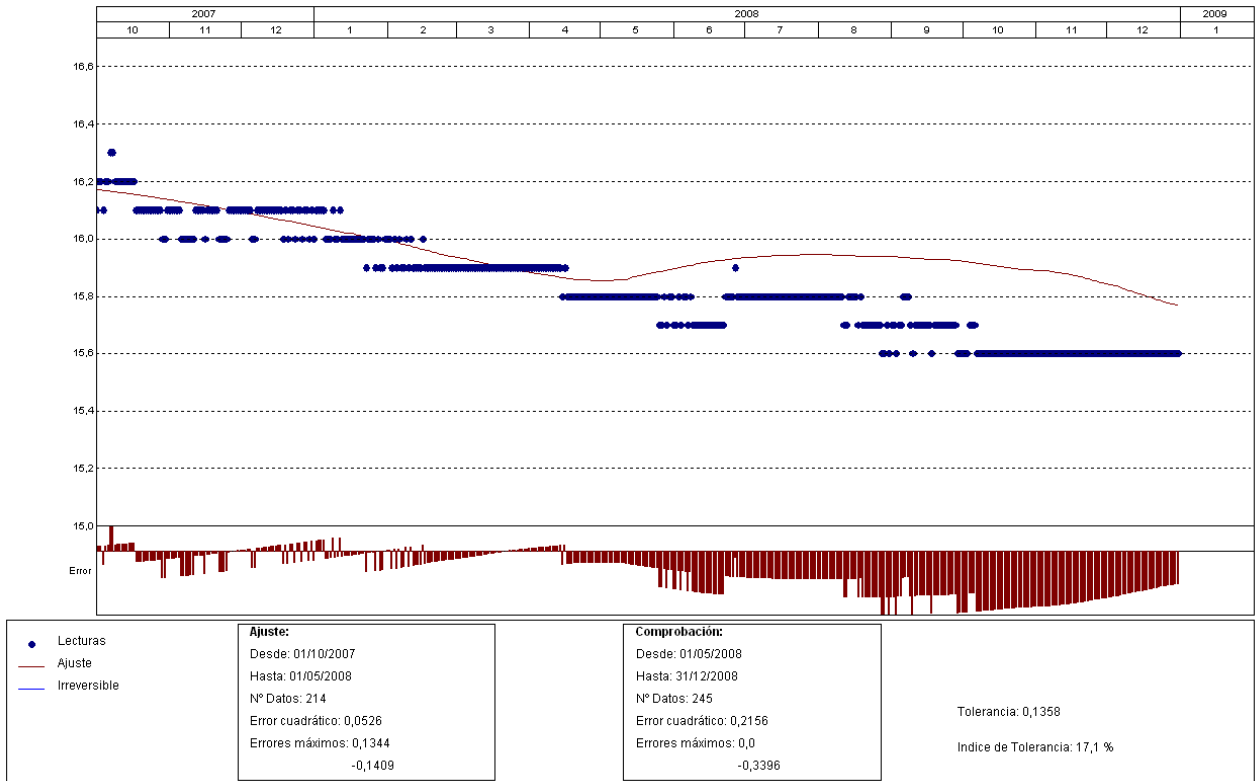


Gráfico. Ajuste estadístico

Este termómetro realiza lecturas inconsistentes, por ello sólo se presenta el gráfico de ajuste estadístico.

T-B5-6

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-6

Unidades

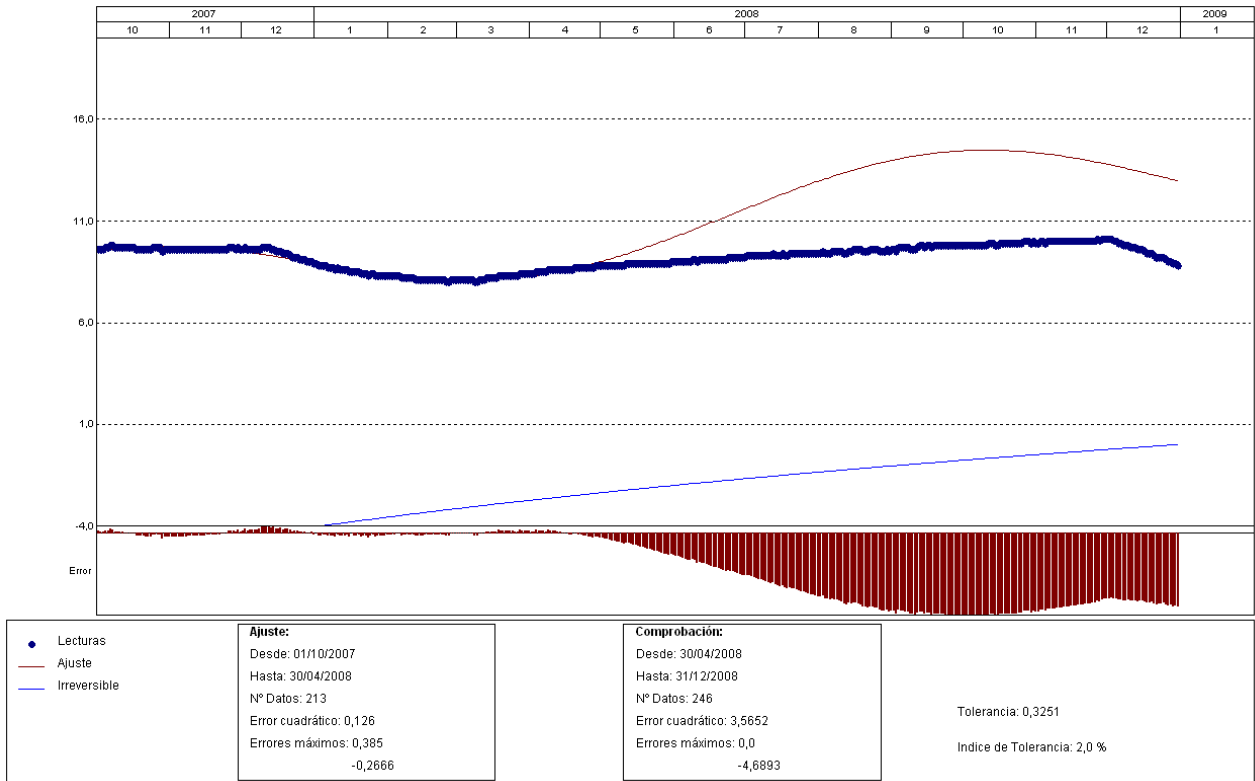


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-6

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	5,70463	01/10/2007 al 30/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 213
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,0008	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,126025
sen(PT)	-2,09787	Error Máximo positivo: 0,3850088
cos(PT)	-0,15082	Error Máximo negativo: -0,2666168
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3251445
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	30/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 246
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 3,565245
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,689273
T. independiente	-24,40132	Índice de Tolerancia: 2,03252 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-7

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-7

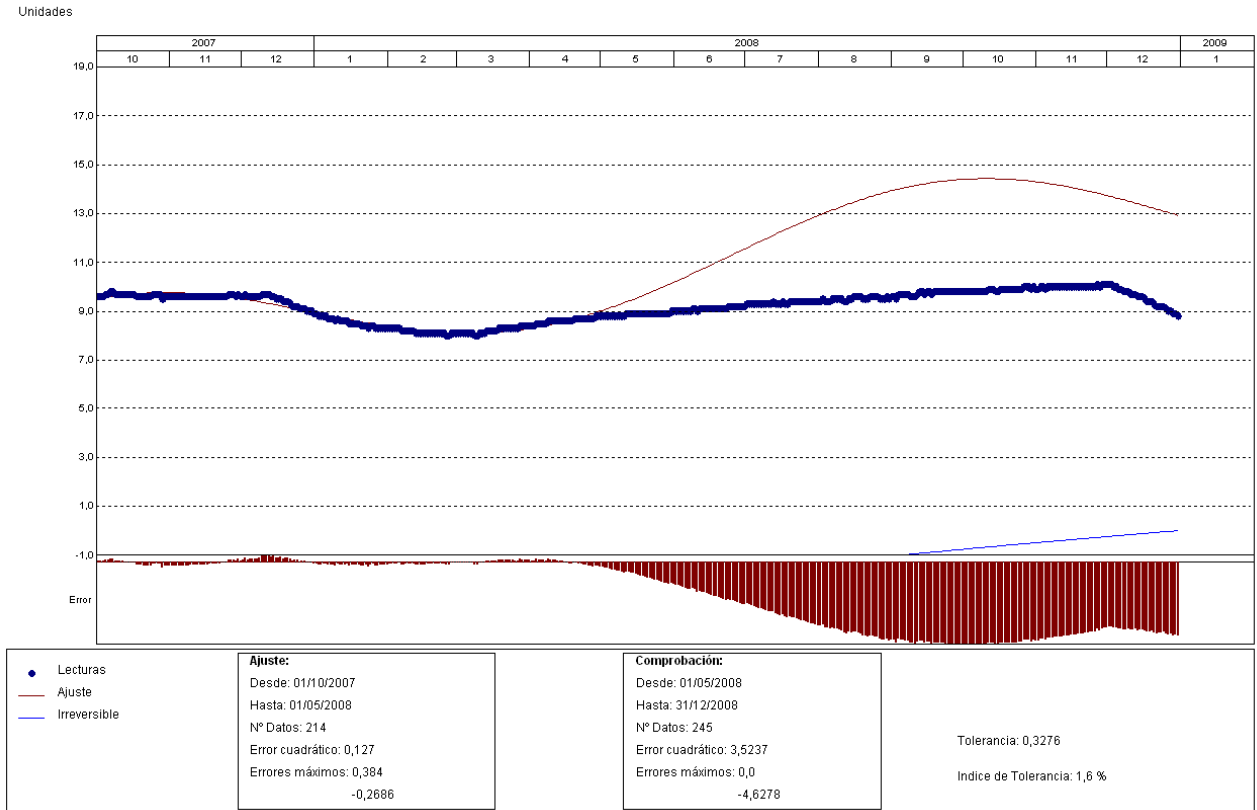


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-7

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	5,62637	01/10/2007 al 01/05/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 214
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1269837
sen(PT)	-2,08144	Error Máximo positivo: 0,3839636
cos(PT)	-0,14875	Error Máximo negativo: -0,2685547
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,327618
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/05/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 245
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 3,523699
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,627803
T. independiente	-23,94102	Índice de Tolerancia: 1,632653 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-8

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-8

Unidades

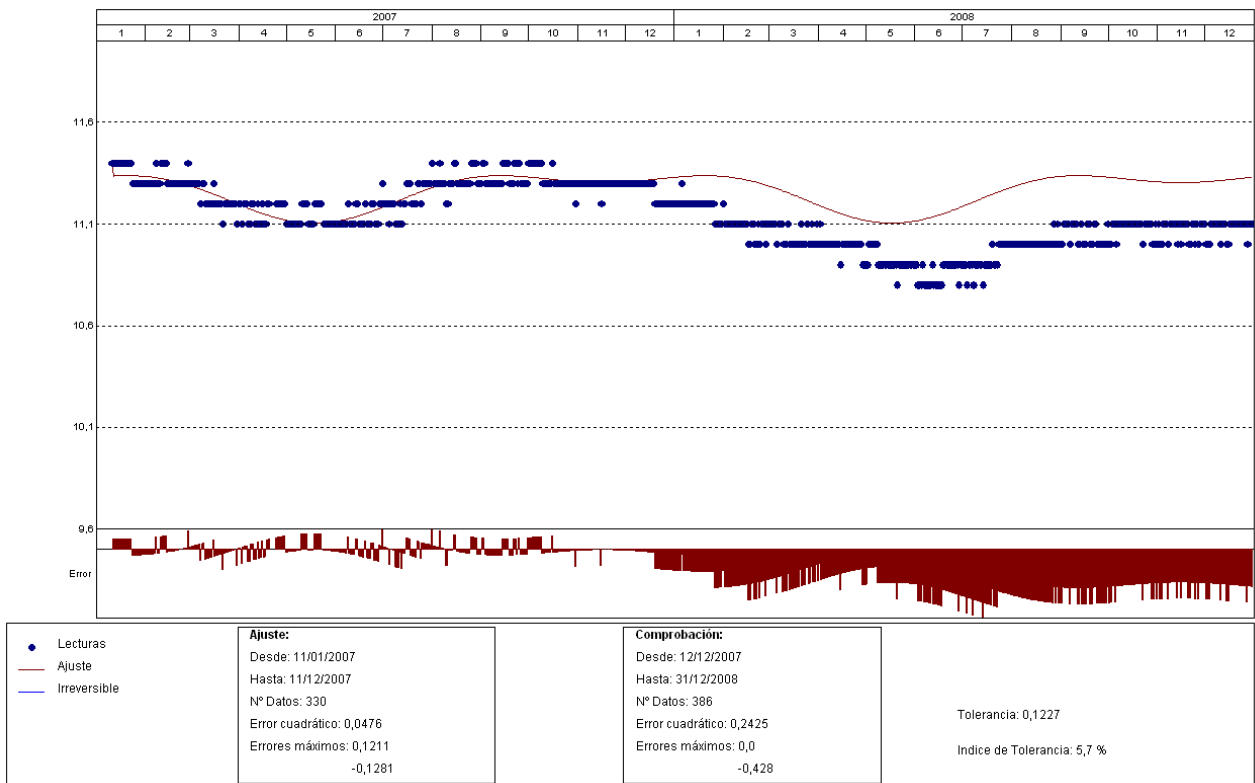


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-8

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,757691E-02
sen(PT)	-0,06955	Error Máximo positivo: 0,1210814
cos(PT)	0,07095	Error Máximo negativo: -0,1280518
sen(2*PT)	0,05572	Tolerancia: 0,1227484
cos(2*PT)	-0,00127	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2425117
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4280405
T. independiente	11,26042	Índice de Tolerancia: 5,699482 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-10

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-10

Unidades

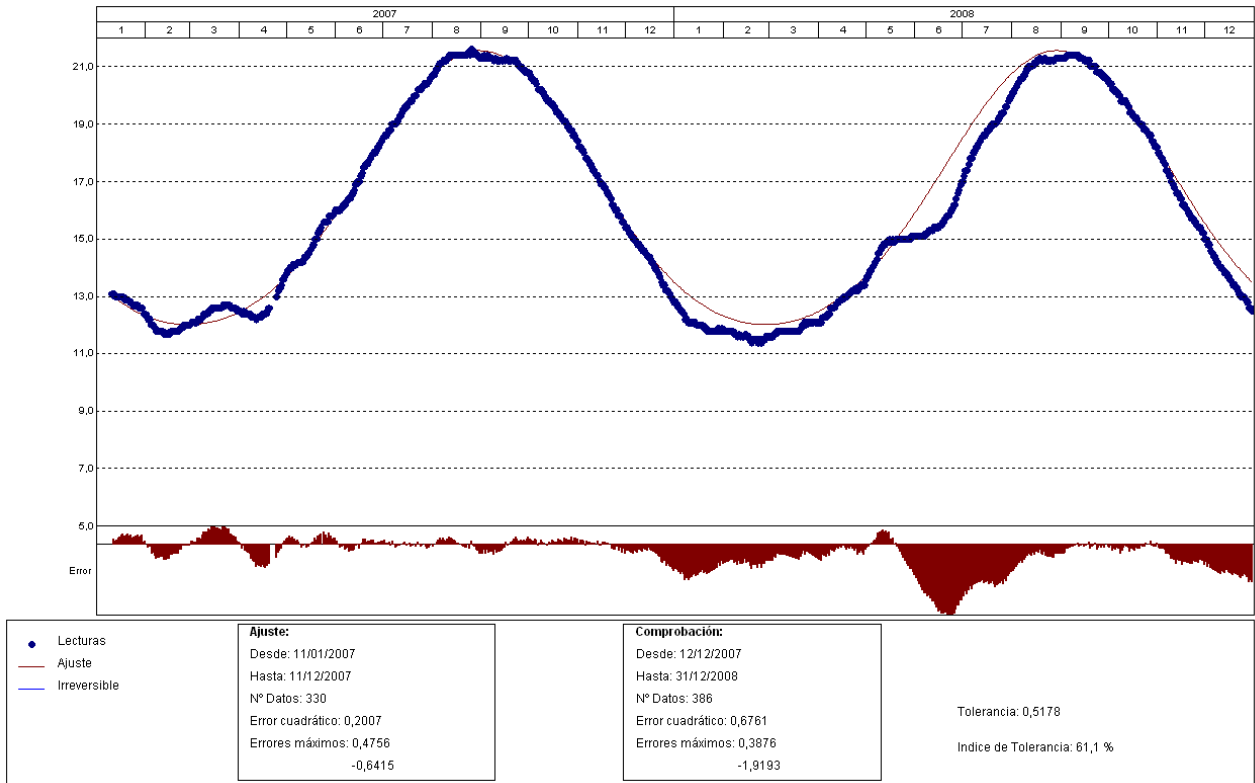


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-10

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2007101
sen(PT)	-4,04232	Error Máximo positivo: 0,4756088
cos(PT)	-2,52004	Error Máximo negativo: -0,641511
sen(2*PT)	0,45152	Tolerancia: 0,517832
cos(2*PT)	-0,25405	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,6760942
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,3876476
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,919324
T. independiente	16,27667	Índice de Tolerancia: 61,1399 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-11

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-11

Unidades

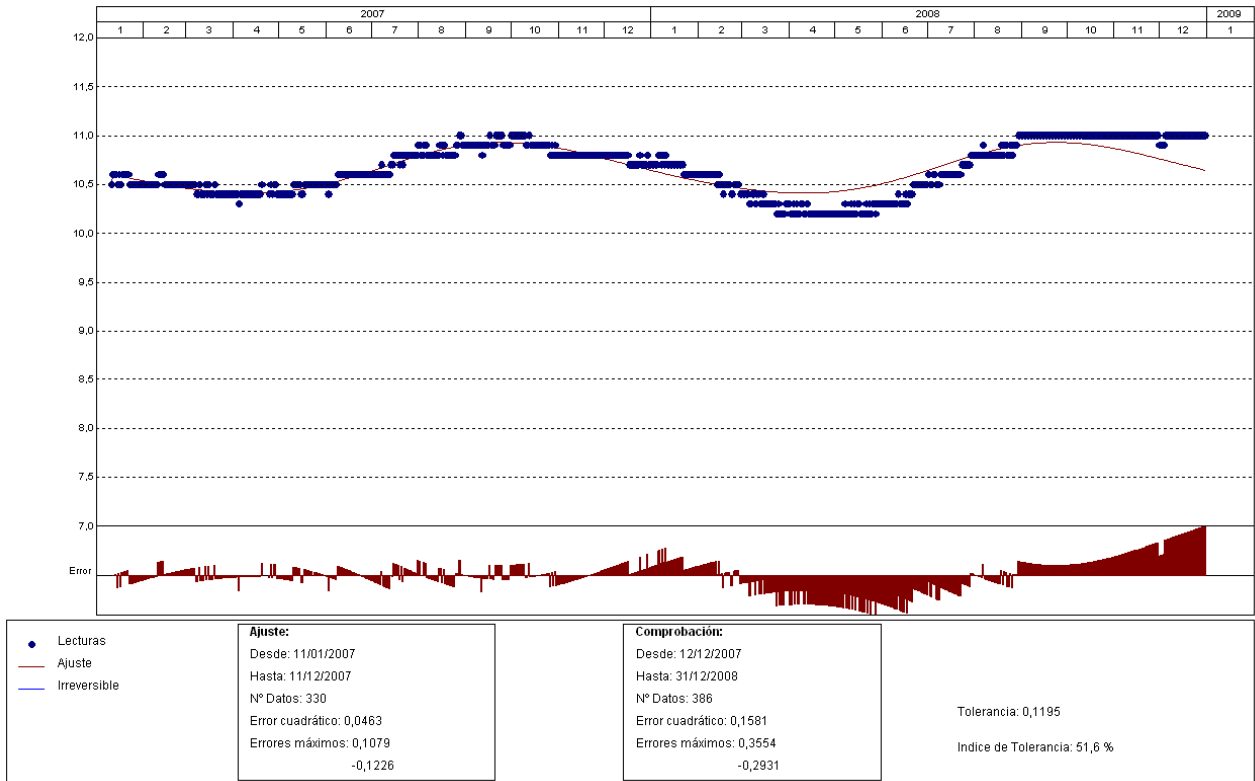


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-11

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,632375E-02
sen(PT)	-0,25671	Error Máximo positivo: 0,1079254
cos(PT)	-0,00039	Error Máximo negativo: -0,1225548
sen(2*PT)	0,0183	Tolerancia: 0,1195153
cos(2*PT)	-0,01345	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1581335
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,3554039
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,293108
T. independiente	10,65844	Índice de Tolerancia: 51,55441 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-12

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-12

Unidades

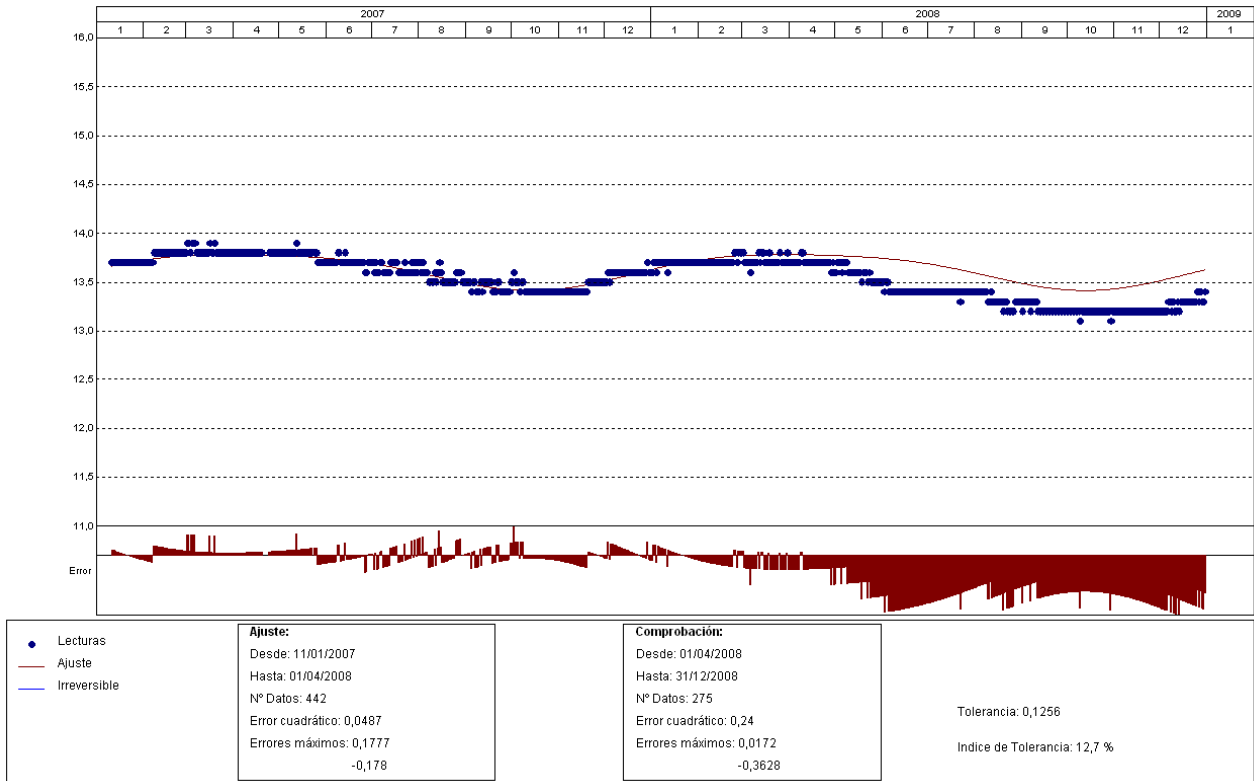


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-12

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coeficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 01/04/2008
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 442
HC	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,18032	Error cuadrático: 4,866831E-02
cos(PT)	-0,03042	Error Máximo positivo: 0,1776667
sen(2*PT)	0,01788	Error Máximo negativo: -0,1780443
cos(2*PT)	0,02716	Tolerancia: 0,1255642
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 275
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2400169
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,723289E-02
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,3627882
T. independiente	13,63117	Índice de Tolerancia: 12,72727 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-13

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-13

Unidades

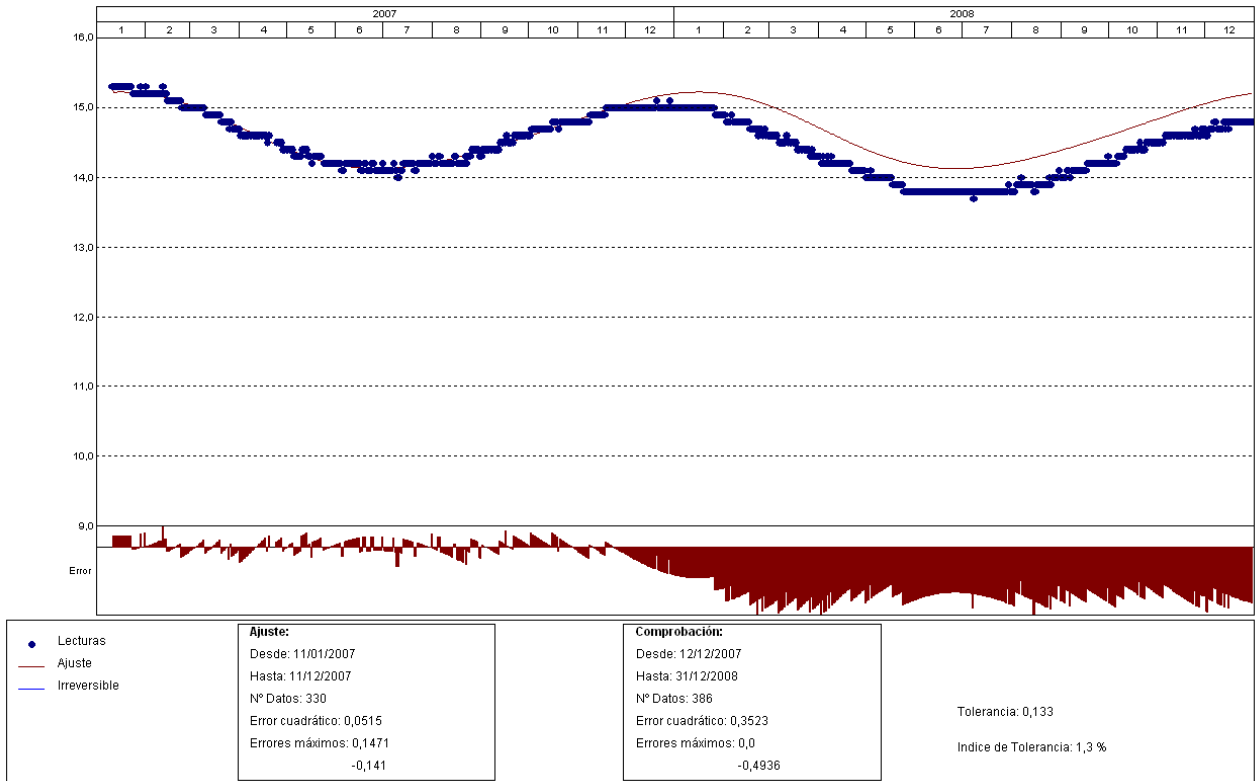


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-13

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 5,153657E-02
sen(PT)	0,05869	Error Máximo positivo: 0,1471481
cos(PT)	0,53652	Error Máximo negativo: -0,1409988
sen(2*PT)	0,05142	Tolerancia: 0,1329644
cos(2*PT)	0,00577	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3522982
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4936295
T. independiente	14,65998	Índice de Tolerancia: 1,295337 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-14

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-14

Unidades

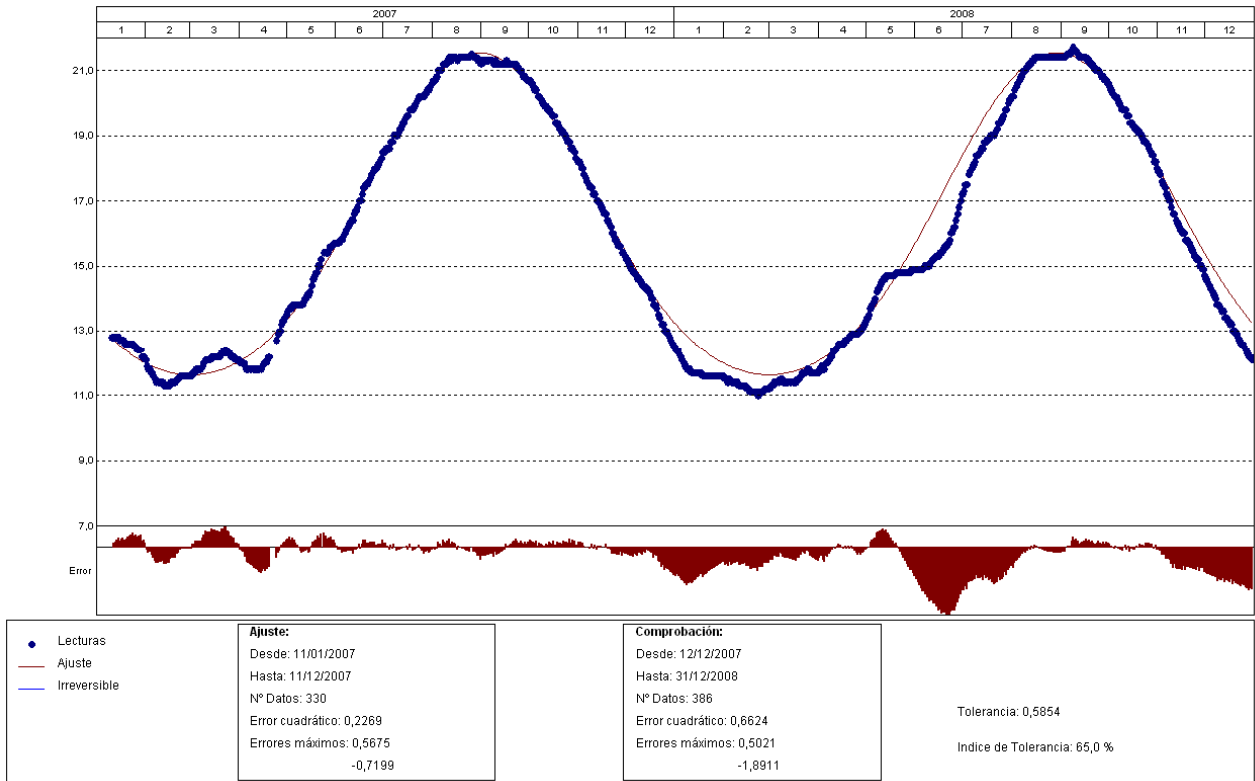


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-14

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,2268948
sen(PT)	-4,22102	Error Máximo positivo: 0,5675106
cos(PT)	-2,59036	Error Máximo negativo: -0,7198944
sen(2*PT)	0,4667	Tolerancia: 0,5853886
cos(2*PT)	-0,22125	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,6624087
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,5021391
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,891104
T. independiente	16,07375	Índice de Tolerancia: 65,02591 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-15

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-15

Unidades

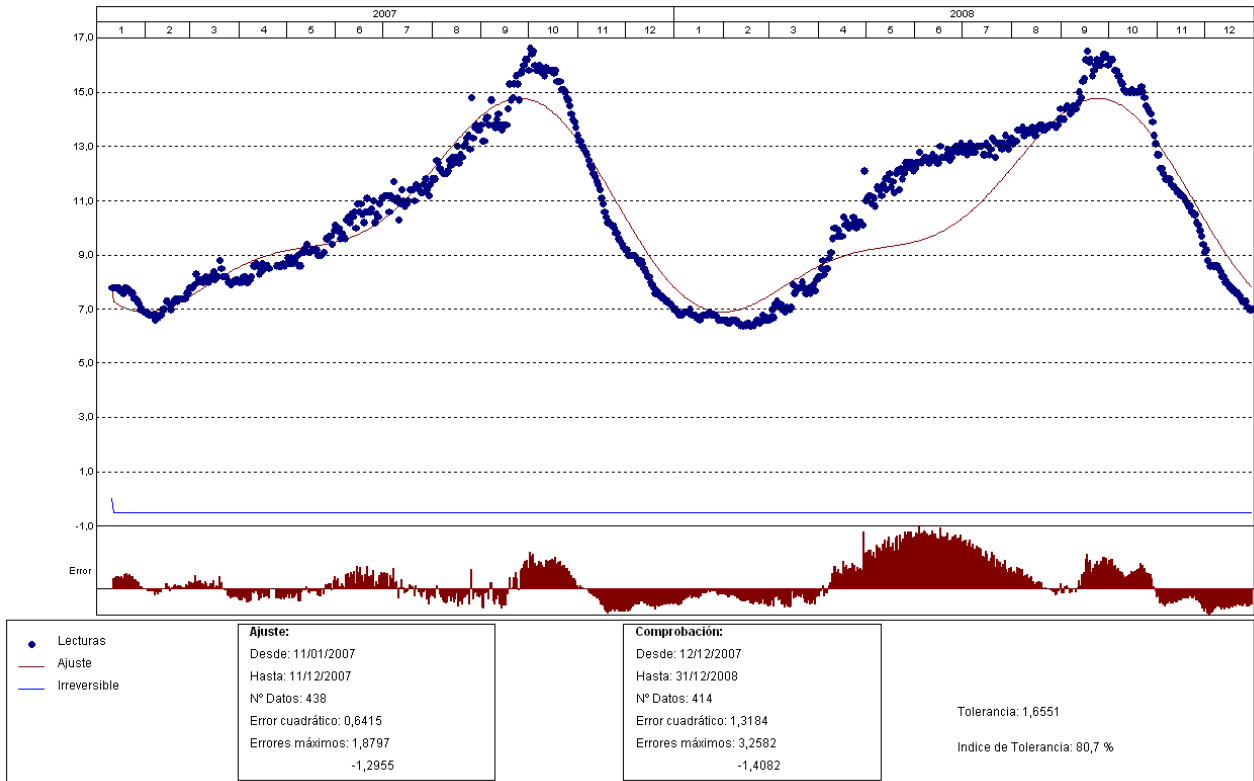


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-15

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 438
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,641526
sen(PT)	-3,06777	Error Máximo positivo: 1,879675
cos(PT)	-1,28218	Error Máximo negativo: -1,295506
sen(2*PT)	-0,21363	Tolerancia: 1,655137
cos(2*PT)	-1,28158	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 414
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,318419
LL	0,000	Error Máximo positivo: 3,258153
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,408216
T. independiente	10,37474	Índice de Tolerancia: 80,67633 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B5-16

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B5-16

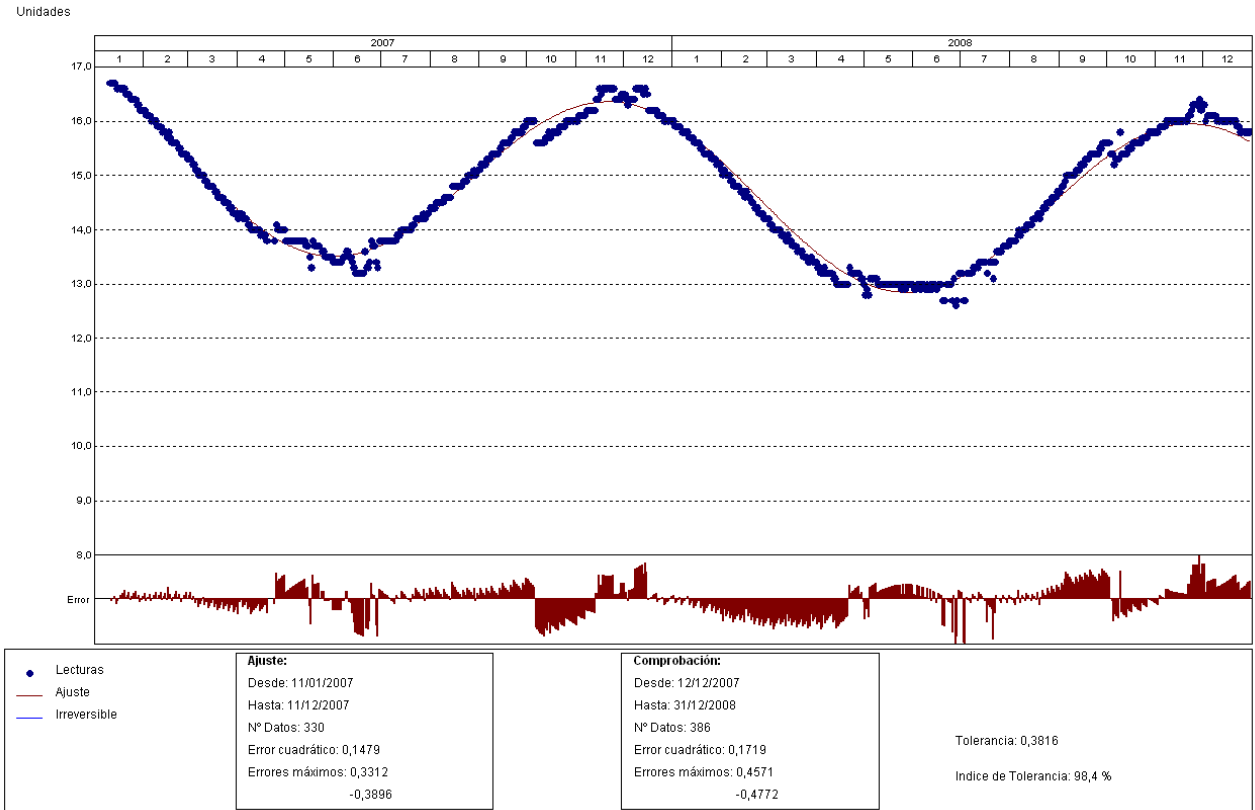


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B5-16

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	-1,52839	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1479134
sen(PT)	-0,9618	Error Máximo positivo: 0,3311539
cos(PT)	1,31126	Error Máximo negativo: -0,3896427
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3816167
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1719051
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,4571476
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,4771528
T. independiente	15,61846	Índice de Tolerancia: 98,44559 %

Tabla. Resumen de resultados

3.6.5 Termorresistencias instaladas en el bloque 6

T-B6-1

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B6-1

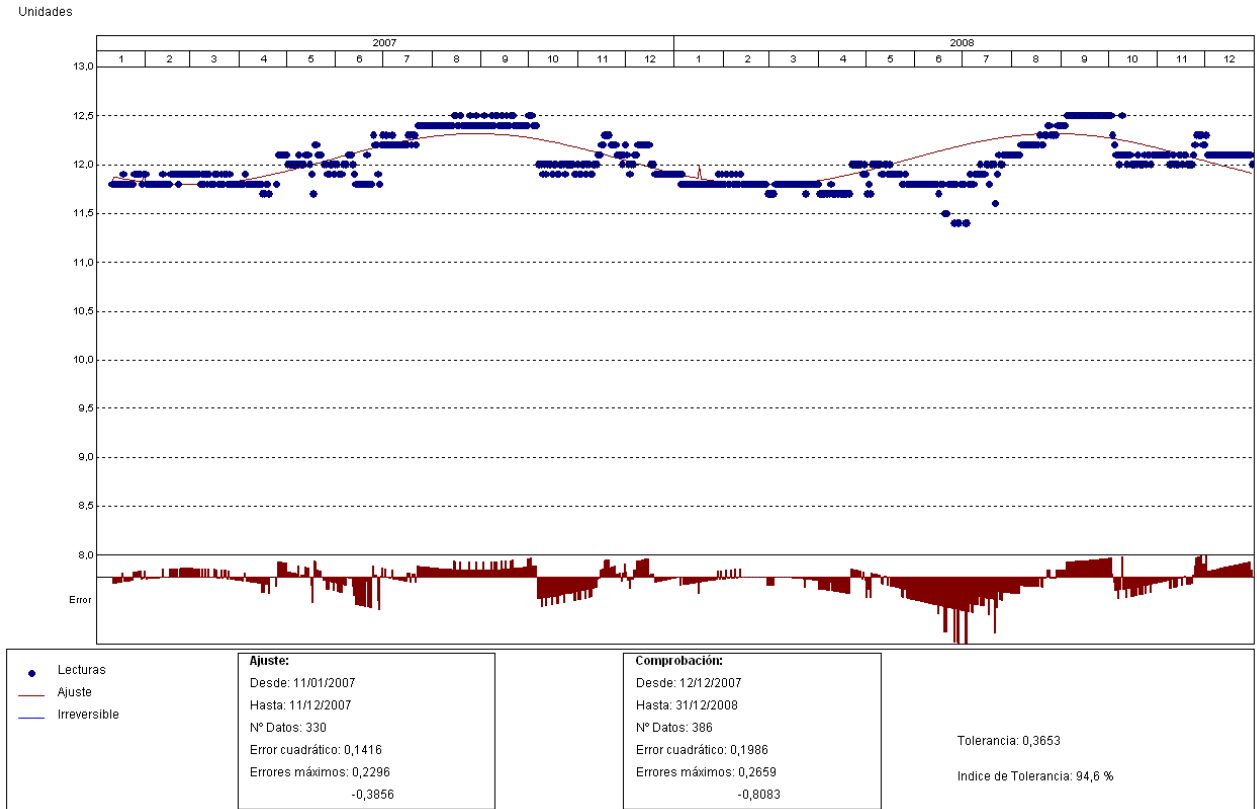


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B6-1

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e ^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	-0,00118	Nivel embalse máximo: 618,81
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,1415936
sen(PT)	-0,21826	Error Máximo positivo: 0,2295704
cos(PT)	-0,14393	Error Máximo negativo: -0,3855772
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,3653114
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	-0,00001	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,1985576
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,2658806
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,8083153
T. independiente	12,05622	Índice de Tolerancia: 94,55959 %

Tabla. Resumen de resultados

T-B6-2

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: T-B6-2

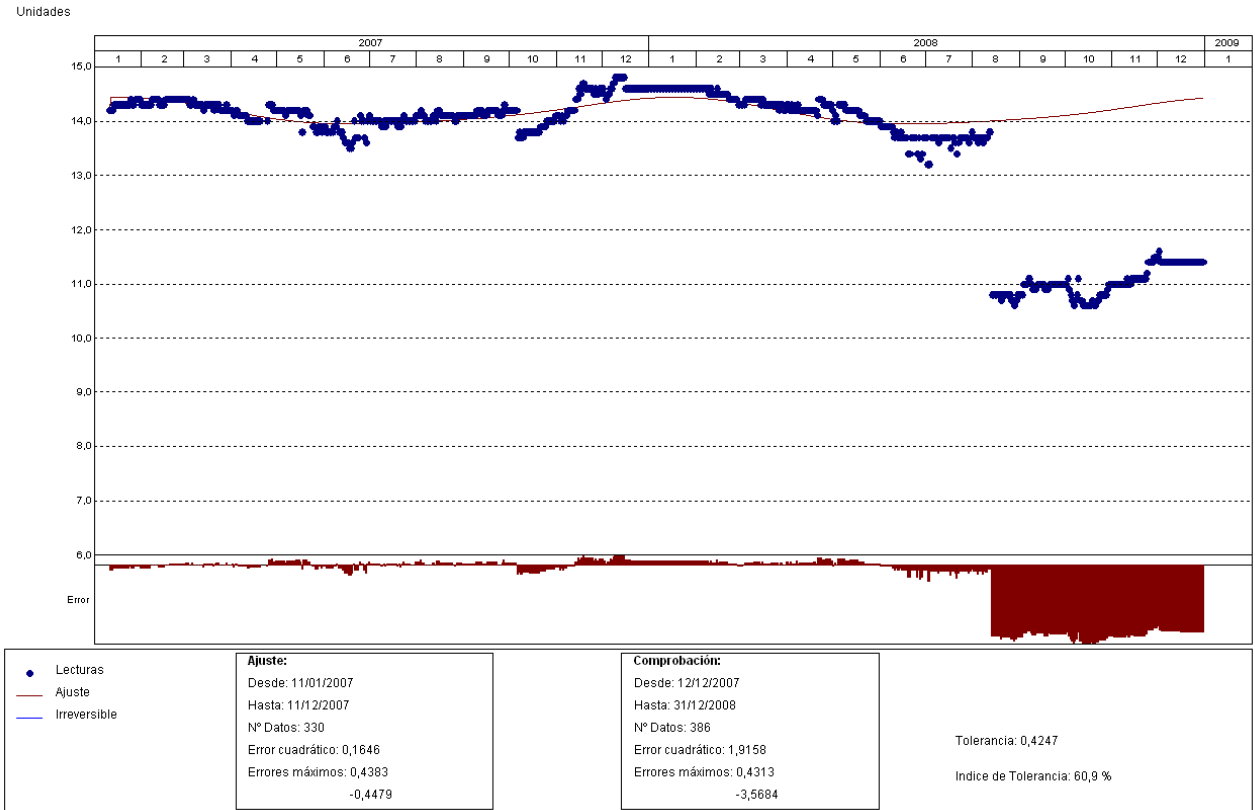


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: T-B6-2

Fecha Origen de cálculo: 11/01/2007

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	11/01/2007 al 11/12/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 330
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 614,87
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,1646151
sen(PT)	0,03554	Error Máximo positivo: 0,4383163
cos(PT)	0,23551	Error Máximo negativo: -0,4478674
sen(2*PT)	0,03656	Tolerancia: 0,4247069
cos(2*PT)	0,02432	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	12/12/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 386
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,915757
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,4313097
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -3,568368
T. independiente	14,16345	Índice de Tolerancia: 60,88083 %

Tabla. Resumen de resultados

3.7 MEDIDORES DE JUNTAS INTERNOS

MJI-23-G3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: MJI 23 G3

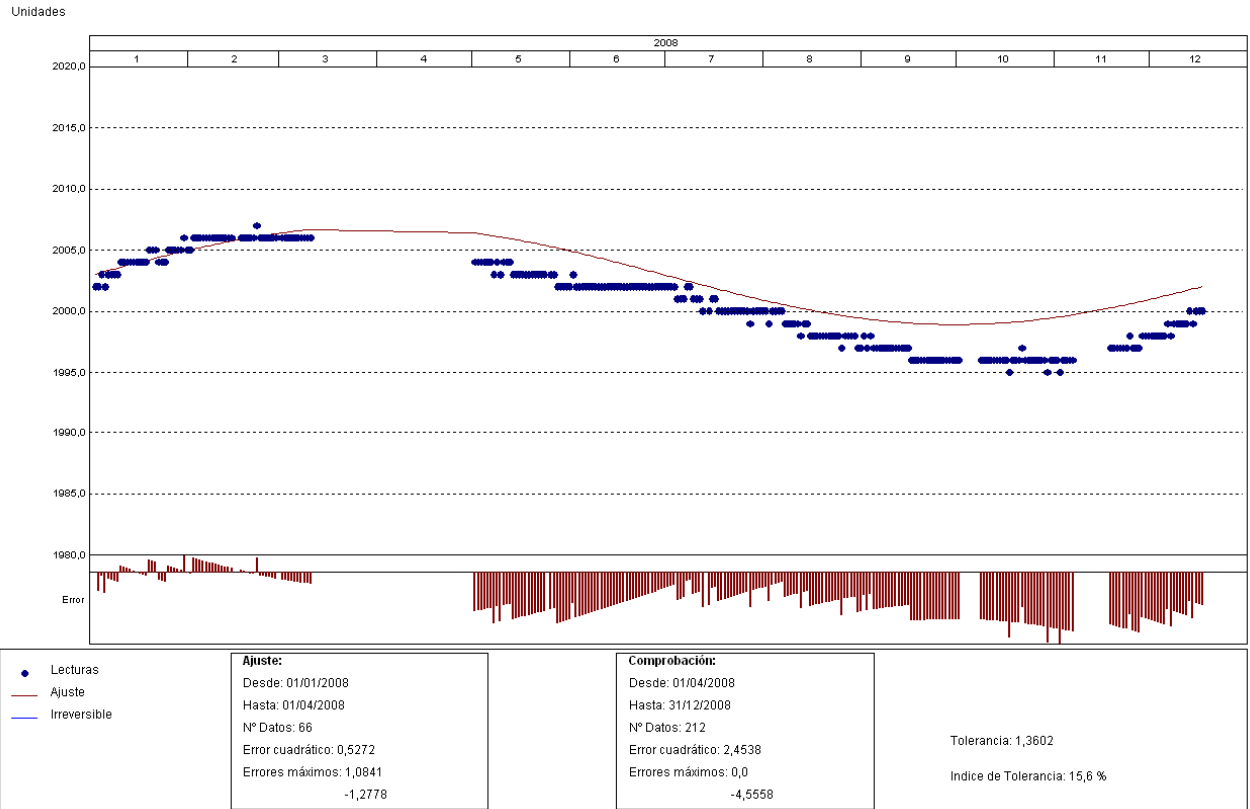


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: MJI 23 G3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	01/01/2008 al 01/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 66
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: -24,36
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,5272135
sen(PT)	4,01693	Error Máximo positivo: 1,084106
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,277832
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,360211
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 212
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,453811
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,555786
T. independiente	2002,932	Índice de Tolerancia: 15,56604 %

Tabla. Resumen de resultados

MJI-56-G3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: MJI 56 G3

Unidades

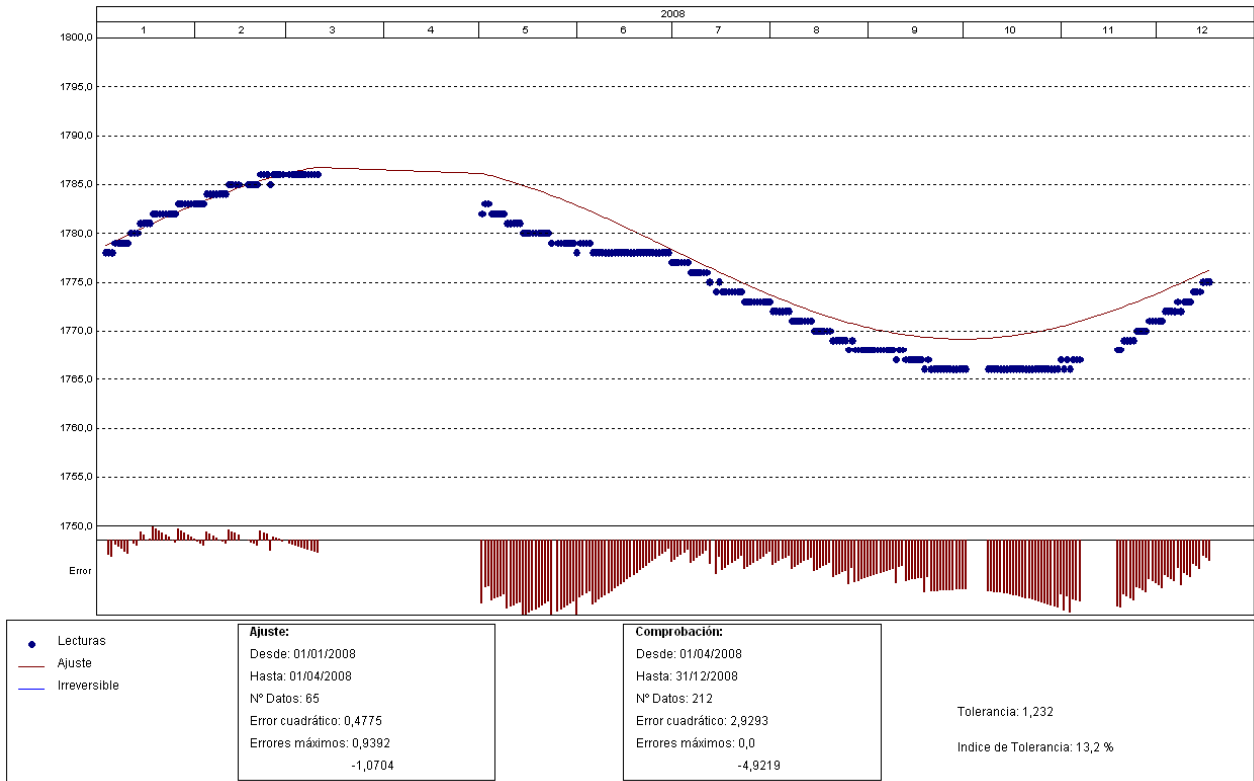


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: MJI 56 G3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	01/01/2008 al 01/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 65
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: -24,36
HC	-0,23207	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4775145
sen(PT)	9,09036	Error Máximo positivo: 0,939209
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,070435
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,231987
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 212
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 2,929348
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,921875
T. independiente	1778,521	Índice de Tolerancia: 13,20755 %

Tabla. Resumen de resultados

MJI-67-G3

PRESA: VAL_pruebas
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: MJI 67 G3

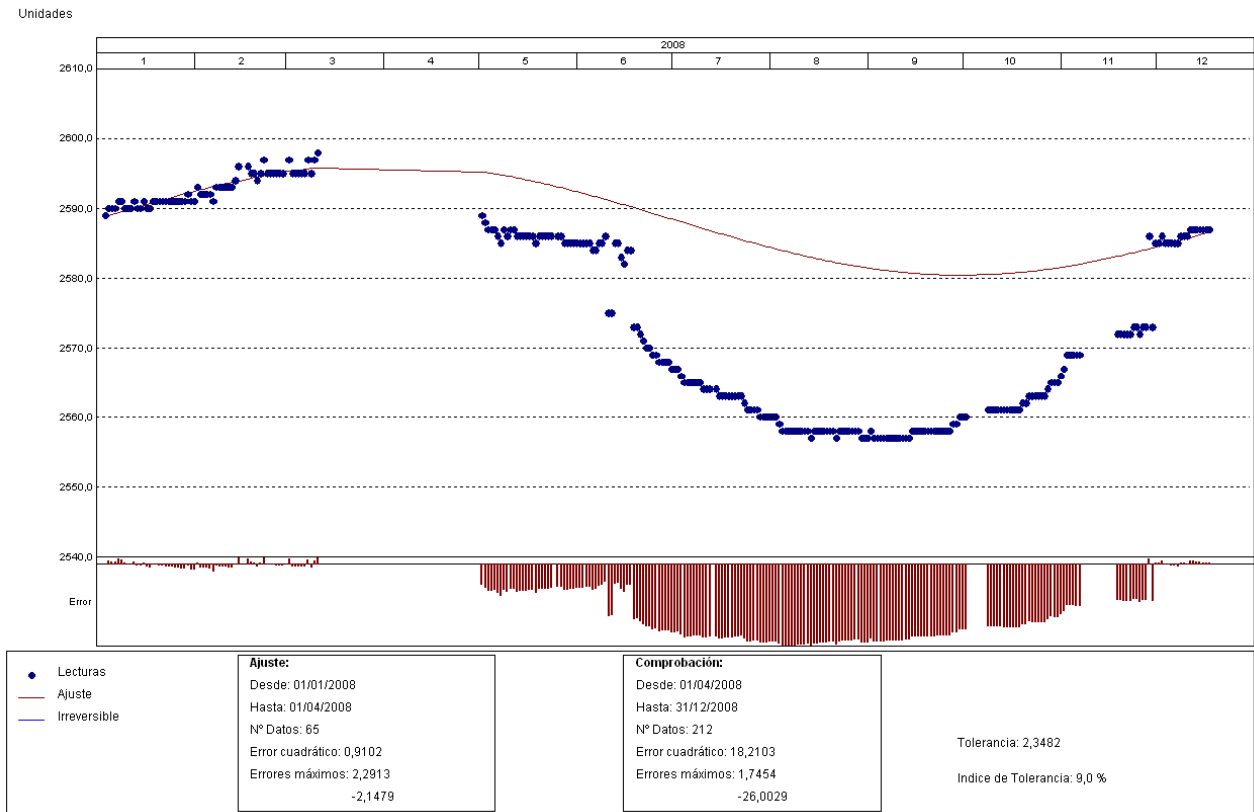


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: VAL_pruebas. MODELIZACIÓN DE: MJI 67 G3

Fecha Origen de cálculo: 01/01/2004

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	01/01/2008 al 01/04/2008
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 65
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: -24,36
HC	0,000	Nivel embalse máximo: 618,81
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,9101577
sen(PT)	7,95382	Error Máximo positivo: 2,29126
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,147949
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,348207
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	01/04/2008 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 212
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 18,21029
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,745361
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -26,00293
T. independiente	2588,418	Índice de Tolerancia: 8,962264 %

Tabla. Resumen de resultados

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Respecto de los resultados obtenidos cabe mencionar algunos factores de especial relevancia:

- El análisis estadístico del comportamiento auscultado ha permitido constatar la gran influencia del empuje hidrostático y en algunos casos de la temperatura del ambiente y de la precipitación, sobre las distintas variables explicativas de la presa, así como caracterizar la robustez y consistencia de los datos de auscultación.
- Se ha logrado ajustar modelos estadísticos aceptables en los aforadores analizados.
- Los modelos estadísticos de los cuatro aforadores tienen influencia directa del nivel del embalse y en un segundo plano de las precipitaciones.
- El aforador AF-572-MD (galería intermedia) presenta efecto irreversible de filtraciones acumuladas en el tiempo del orden de 2,94 l/min. al año
- El comportamiento de todos los piezómetros está únicamente influenciado por las oscilaciones del nivel de embalse.
- En gran medida se ha logrado parametrizar el comportamiento de todos los piezómetros de cuerda vibrante ubicados tanto en cimentación como en las juntas de construcción, ya que se obtuvieron buenos y robustos modelos estadísticos, los cuales arrojaron errores cuadráticos menores a 0,02% en el período de cálculo e inferiores a 0,05% en la fase de comprobación; a excepción del piezómetro PZ-B5-1 que da lecturas inconsistentes.
- Ninguno de los piezómetros analizados presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.
- En general, las lecturas registradas por los extensómetros de varilla tienen poca variabilidad al transcurrir el tiempo, es decir, los datos registrados oscilan en un rango muy pequeño para un mismo instrumento.
- El extensómetro denominado EV-B5-3-A3 registra lecturas inconsistentes.

- En general, se obtuvieron modelos estadísticos bastante buenos de las lecturas de los diferentes termómetros situados en el cuerpo de la presa.
- Los datos de los termómetros T-B5-0, T-B5-1 y T-B5-2, presentan dos saltos bruscos injustificados en las fechas 01-03-2007 y 19-09-2007 que hacen difícil realizar un buen ajuste estadístico.
- Los modelos estadísticos obtenidos con los datos registrados por los péndulos directos, tanto en las lecturas radiales como en las tangenciales, son bastante buenos y robustos.
- Los movimientos horizontales de los bloques están influenciados por la combinación de las variables exteriores, nivel de embalse y temperatura.
- Las lecturas radiales de todos los bloques instrumentados con péndulos directos (B3, B4 y B6) se comportan similarmente, respondiendo a la combinación de las variables exteriores de la siguiente manera, desplazamientos hacia aguas abajo cuando el nivel de embalse aumenta y la temperatura disminuye, y movimientos hacia aguas arriba por la combinación opuesta de las variables exteriores.
- Las lecturas radiales de los péndulos directos presentan movimientos irreversibles de acumulados en el tiempo hacia aguas abajo que varían entre 0,22 y 0,50 mm. al año, corroborados por los modelos estadísticos de colimación, que si bien no son alarmantes a fecha de hoy requieren una especial atención.
- En general, el comportamiento de las lecturas tangenciales en la presa responde a la combinación de las variables exteriores (nivel de embalse y temperatura), aunque en los modelos estadísticos el efecto térmico explica de mejor manera el movimiento hacia cada estribo.
- Los bloques B3 y B4 presentan un comportamiento similar en los movimientos tangenciales, es decir, ambos se desplazan hacia el estribo izquierdo desde invierno hasta mediados de primavera y hacia el estribo derecho entre las estaciones de verano y mediado de otoño.

- Los movimientos tangenciales del bloque B6 han tenido el siguiente comportamiento, desplazamientos hacia el estribo derecho entre mediados de invierno y comienzos de verano, y movimientos hacia el estribo izquierdo entre otoño y primavera.
- Los modelos estadísticos de colimación, realizados en los bloques centrales de la presa, presentan en promedio un movimiento radial irreversible en el tiempo hacia aguas abajo de 0,64 mm al año.

APÉNDICE 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MODELACIÓN ESTADÍSTICA

El siguiente apéndice se ha extraído del manual del programa de modelación estadística AUSMODEL.

A1.1 INTRODUCCIÓN.

AUSMODEL es un programa informático de modelización estadística de datos de auscultación enfocado fundamentalmente a presas desarrollado por OFITECO, y especialmente concebido para el tratamiento de los datos históricos, el control y la previsión de los fenómenos relacionados con las presas, donde la complejidad en el manejo de las variables que intervienen hace imprescindible el apoyo de las herramientas informáticas.

El modelo estadístico AUSMODEL permite obtener las ecuaciones empíricas que rigen el comportamiento de cada variable de control de la presa (movimientos, subpresiones, temperaturas del hormigón, deformaciones, filtraciones, etc.), en función del tiempo transcurrido desde una fecha origen, los niveles de embalse y las temperaturas de referencia medidas "in situ". Estas ecuaciones proporcionan un sistema de control de los distintos parámetros medidos en la presa, poniendo de manifiesto los fenómenos anómalos que produzcan desviaciones respecto de lo esperado.

Como apoyo a la modelización de las variables de control, AUSMODEL permite aislar los distintos efectos que intervienen en la modelización, esto es: efecto térmico, efecto del nivel de embalse y efecto temporal o irreversible.

AUSMODEL también permite aislar los fenómenos que dependen exclusivamente del tiempo y de los sucesos no contemplados en la modelización, realizando un tratamiento específico de los mismos, consistente en la obtención de las tendencias que siguen las variables de control por estos motivos.

Además, AUSMODEL permite visualizar e imprimir los gráficos generados por las ecuaciones deducidas, así como los resultados numéricos obtenidos en el cálculo.

A1.2 DATOS

Para el funcionamiento del programa son necesarios dos tipos de datos:

- De variables exteriores
- De variables de control

El fichero de variables exteriores será común a todos los aparatos de una misma presa, cuyos datos se van a modelizar. Este fichero contendrá los siguientes datos:

- Fecha de toma de datos
- Cota del nivel del embalse (m) en la fecha correspondiente
- Temperatura ambiente (°C)
- Precipitación (mm)

En el caso de no disponer de alguna de las variables indicadas, se podrá prescindir de ella, sustituyéndola por una ficticia.

AUSMODEL toma estos datos mediante la importación de ficheros ASCII, ficheros DAMDATA, ficheros de versiones anteriores de Ausmodel, o por el procedimiento de cortar y pegar, desde cualquier aplicación Windows estándar, como puede ser Excel, Access, Word u otros editores de datos o texto.

Para modelizar los datos de la variable de control obtenidos mediante uno de los aparatos de auscultación de la presa, es preciso introducir un fichero que contenga la siguiente información:

- Fecha de toma de datos.
- Valor de la variable de control medida en la fecha correspondiente.

La estructura y el procedimiento para este tipo de ficheros son los mismos que los explicados para las variables exteriores.

A1.3 JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

El proceso de localización de comportamientos anormales en una presa exige conocer las leyes de respuesta de la misma frente a las acciones exteriores. Estas leyes se pueden obtener fundamentalmente por dos vías:

- Efectuando los cálculos teóricos para determinar la respuesta de la presa a las acciones exteriores, supuestas conocidas las características mecánicas y geológicas de los materiales. Es lo que se conoce como "modelo determinista".
- Basándose en las observaciones realizadas sobre los distintos parámetros características del comportamiento de la presa y obteniendo de ellas un "modelo estadístico".

Esta segunda opción puede resultar más razonable cuando se dispone de una amplia información sobre la historia de la presa, puesto que basa los resultados del modelo sobre datos reales, eliminando así la posibilidad de utilizar hipótesis erróneas, incluyendo además factores que podrían considerarse despreciables en un modelo determinista.

El objetivo del modelo estadístico será, en consecuencia, encontrar una relación suficientemente estable y precisa entre las variables exteriores y las variables de control registradas durante la historia pasada de la presa, permitiendo realizar una interpretación de la misma que, de otra forma podría tener un carácter especulativo, intuitivo o incluso erróneo.

La metodología seguida por AUSMODEL se fundamenta, como en otros modelos estadísticos, sobre la consideración de tres componentes básicas aditivas en la variable de control.

- La correspondiente a la parte irreversible derivada de las deformaciones y otros fenómenos progresivos debidos a la evolución de las propiedades del hormigón, cimentación, etc. o a fenómenos más o menos bruscos de acomodación, función todo ello del tiempo cronológico transcurrido desde una fecha origen.
- La correspondiente al efecto del nivel de embalse, que podría llamarse "componente elástica" en el caso de tratarse de los movimientos sufridos por la presa de obra de fábrica, aunque esta componente también afecta a otro tipo de fenómenos, tales como caudales drenados, temperaturas del hormigón, etc.
- La correspondiente al efecto del ciclo térmico anual

El proceso de obtención de un modelo estadístico es habitualmente el siguiente:

- Creación del modelo

- Identificación de los coeficientes
- Contraste del modelo
- Establecimiento de tolerancias y análisis del modelo

Además AUSMODEL añade un paso nuevo a este proceso:

- Obtención de tendencias en valores acumulados en el tiempo

A1.3.1 Creación del modelo

La expresión general del modelo estadístico es la siguiente:

$$V(t, H, T) = a_1 + \sum a_i \cdot f_i(t) + \sum a_j \cdot f_j(H) + \sum a_k \cdot f_k(t, T) + \sum a_l \cdot f_l(t, H)$$

Donde:

* a_1 : Término independiente

* $f_i(t)$: Funciones del tiempo cronológico (t). Dentro de éstas se incluyen:

$\ln(t)$

$1 - 1/\ln(t)$

$1 - 1/e^{(t/365)}$

$\text{sen}(PT)$

$\text{cos}(PT)$

$\text{sen}(2PT)$

$\text{cos}(2PT)$

Las 3 primeras tratan de representar el efecto irreversible sobre la variable de control, y las 4 siguientes el efecto del ciclo térmico anual. En estas últimas, PT ($2\pi/365$) es el ángulo equivalente al tiempo transcurrido del año para cada fecha.

* $f_j(H)$: Funciones de la cota del nivel del embalse (H). En ellas quedan encuadradas las siguientes funciones:

HC

HC²

HC³

(HC - HCA) . HC²

Donde $HC = (H-Ho)/(HM-Ho)$

Siendo Ho la cota mínima establecida para el nivel de embalse y HM la máxima, por lo tanto, siempre que H quede entre los límites Ho y HM, HC podrá variar entre 0 y 1.

La suma de las 3 primeras funciones constituye un polinomio que representa el efecto del nivel de embalse sobre la variable de control, mientras que la última incluye también el valor que toma HC en una fecha anterior a la considerada (HCA), contemplando así la repercusión de las variaciones del nivel de embalse sobre la variable de control.

* $f_k(t,T)$: Funciones del tiempo cronológico (t) y la temperatura ambiente (T). Estas funciones son:

TD - TDC

TMM - TMMC

TMMA - TMMCA + TMM - TMMC

Son el resultado de añadir a las funciones térmicas ya descritas, el efecto de las temperaturas reales medidas en la zona presa. Su importancia reside en que la onda térmica real y con mayor motivo los datos puntuales (diarios) difieren de los valores de la onda térmica calculada.

Existen dos ondas térmicas teóricas que se calculan con los datos aportados correspondientes a las temperaturas ambientales medidas:

$$TDC = C1 \text{ Sen } (PT) + C2 \text{ Cos } (PT) + C3 \text{ Sen } (2PT) + C4 \text{ Cos } (2PT)$$

$$TMMC = C5 \text{ Sen } (PT) + C6 \text{ Cos } (PT) + C7 \text{ Sen } (2PT) + C8 \text{ Cos } (2PT)$$

Donde los valores de C_i son los de los coeficientes obtenidos para las ondas térmicas y PT tiene el mismo significado explicado anteriormente.

TDC representa la onda térmica media anual y $TMMC$ la onda térmica media anual calculada con las medias móviles de n días, siendo n el número de días especificado para el cálculo de dichas medias móviles.

TD es la temperatura media ambiental en cada fecha.

TMM es la temperatura media móvil de n días en cada fecha.

$TMMA$ es la temperatura media móvil de n días en una fecha anterior a la considerada, distante de ésta n días y $TMMCA$ es el valor de $TMMC$ en la misma fecha anterior.

* $f_l(t,H)$ son las funciones que dependen del tiempo cronológico (t) y la cota de la lámina del embalse (H). Están incluidas:

$$\text{Sen}(PT) * HC^2$$

$$\text{Cos}(PT) * HC^2$$

En ellas, PT y HC tienen el mismo significado que ya se ha expuesto.

Son las funciones denominadas de "corrección embalse-térmico", resultantes de condicionar el efecto del ciclo térmico sobre la variable de control a través del nivel del embalse. Tratan de reflejar la influencia del efecto de variación térmica del agua del embalse, que hace variar la acción de la temperatura ambiente sobre la presa.

* a_i, a_j, a_k, a_l son los coeficientes que multiplican a las funciones descritas.

A1.3.2 Identificación de los coeficientes

Esta parte de la modelización se lleva a cabo por medio de un ajuste por el método de los mínimos cuadrados, de los coeficientes de las funciones. Si llamamos ahora f_{ij} a los valores de las funciones definidas para la modelización y para la fecha j , VC_j al valor real obtenido mediante la

medida de la variable de control en la fecha j y a_i a los coeficientes de las funciones f_i , tenemos que el error cometido en la fecha j , será:

$$E_j = \sum a_i f_{ij} - VC_j$$

Por lo tanto, habrá que minimizar el valor:

$$\sum E_j^2 = \sum (\sum a_i f_{ij} - VC_j)^2$$

Así pues, para obtener los coeficientes "a_i" buscados es necesario resolver el sistema de ecuaciones:

$$\sum (\sum a_i f_{ij} - VC_j) \cdot f_{ij} = 0$$

A1.3.3 Contraste del modelo y obtención del índice de tolerancia

Una vez obtenidos los coeficientes de las funciones de ajuste según la secuencia descrita, se debe proceder a la comprobación del funcionamiento del modelo adoptado utilizando tanto los datos considerados como pertenecientes al período de ajuste como los que se incluyen en el período de contraste.

Para llevar a cabo el contraste se procede de la siguiente manera:

- Aplicación del modelo para los períodos de ajuste y de contraste.
- Obtención de las desviaciones cuadráticas medias producidas en cada uno de los 2 períodos.
- Contraste de las desviaciones cuadráticas obtenidas para ambos casos mediante la relación R:

$$R = S_c / S_a$$

Siendo:

S_c = Desviación cuadrática media del período de contrastación.

S_a = Desviación cuadrática media del período de ajuste.

- Obtención de la banda definida por:

$$d = \pm 2,58 S_a \text{ (banda de tolerancia)}$$

Este valor resulta de adoptar la hipótesis de que los errores cometidos (diferencia entre las previsiones del modelo y las medidas reales) se distribuyen aleatoriamente según una función normal con desviación típica igual a la del período de ajuste (S_a) y media cero. El valor $\pm 2,58$ es el que corresponde al intervalo que contiene con probabilidad del 99% los valores del error, según esta función de distribución.

- Obtención del índice de tolerancia. Este índice es el porcentaje de valores del error comprendidos dentro de la banda anterior, para el período de contraste.

En resumen, cuando las desviaciones cuadráticas sean lo suficientemente pequeñas en ambos períodos (del orden del 10% o menores de la diferencia entre los valores máximos y mínimos de la variable de control) y la relación R definida sea cercana o inferior a 1, normalmente se podrá decir que el modelo conseguido es óptimo.

Como complemento, el índice de tolerancia aporta otra forma de medir la bondad del ajuste. Siempre que se cumplan las relaciones anteriores, un índice de tolerancia alto confirma la bondad del ajuste.

Al analizar este índice debe tenerse en cuenta la posibilidad de que existan situaciones excepcionales o infrecuentes que, sin ser alarmantes, responden a circunstancias que no han sido consideradas durante el período de ajuste por no haberse producido con la suficiente frecuencia durante éste o incluso a errores en la toma de datos.

Un índice de tolerancia cercano al 100% pone de manifiesto una respuesta de la variable de control durante el período de comprobación muy similar a la que tenía durante el período de ajuste y por tanto se puede decir que durante este período de comprobación el modelo es igualmente válido.

A1.3.4 Estudio de tendencias

Como complemento a la modelización, o cuando no es posible llegar a conseguir a un modelo adecuado, es conveniente el estudio de la tendencia en los valores acumulados en el tiempo.

Llamamos valores acumulados en el tiempo al resultado de restar a cada valor de la variable de control, el resultado de aplicar el modelo obtenido, exceptuando las funciones correspondientes al efecto irreversible.

Para el estudio de la tendencia se realiza un análisis de regresión lineal de la nube de puntos tomando varios intervalos de tiempo en los que se aprecia una tendencia estable o un único intervalo si dicha tendencia es uniforme en todo el período de tiempo.

Si llamamos t al tiempo cronológico transcurrido, correspondiente al valor acumulado en el tiempo en la fecha i desde la fecha origen, y P a dicho valor, la recta de regresión correspondiente al intervalo considerado será:

$$P = LRA + LRB \cdot t$$

Donde:

$$LRB = (n \cdot \sum P_i T_i - \sum P_i \sum T_i) / (n \cdot \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2)$$

$$LRA = (\sum P - LRB \cdot \sum T_i) / n$$

$$n = N^{\circ} \text{ de datos del intervalo}$$

De aquí se obtiene también el coeficiente de correlación (CC) que oscila entre 0 y 1 y nos indica la mayor o menor influencia del paso del tiempo sobre los valores acumulados en el tiempo, según este sea mayor o menor. Su expresión es:

$$CC = (n \cdot \sum P_i T_i - \sum P_i \cdot \sum T_i) / (n \cdot \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2 \cdot n \cdot \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2)$$

Y el valor de X_{99} , definido como la semiamplitud del intervalo que contiene con una probabilidad del 99% los puntos de la nube, el cual permite detectar fácilmente desviaciones importantes en el comportamiento de la variable de control.

$$X99 = 2,58 \cdot DT + M$$

Donde M es el valor medio de las diferencias entre los valores de las ordenadas de los puntos de la nube (P_i) y el valor de la recta en la abscisa correspondiente (T_i). Es decir, este valor de X99 es el que resulta de considerar la diferencia entre la recta y los puntos como una variable aleatoria que sigue una distribución normal de media M y desviación típica DT.

Por último, la deriva o tendencia buscada es la pendiente de la recta, es decir, el valor LRB, que expresado en unidades/año resulta:

$$\text{Deriva} = \text{LRB} \cdot n / 365 \text{ (uds/año)}$$

Anejo 7: VISITA A LA PRESA DE VAL

VISITA A LA PRESA DE VAL (09.09.2008)

ASISTENTES

Sr. Ignacio Escuder Bueno

Sr. Luis García Kabbabe

Sr. Carlos Riera Planells

Sr. José Daniel Rosales Maniglia

Encargados de la presa: Sr. Jesús Vera.

DATOS DE INTERÉS

Tipo: Presa de hormigón compactado con rodillo, paramento aguas abajo escalonado y talud medio 0,80:1.

Finalización de construcción de la presa: 1997.

Altura sobre cimientos: 90 m.

Longitud de coronación: 400 m.

Nivel Máximo Normal (N.M.N.): 620,0 m.s.n.m.

Volumen de embalse (N.M.N.): 24,20 Hm³.

Para un mayor entendimiento de lo expuesto a continuación, se ha realizado el Anejo Nº 4, denominado Documentación Fotográfica.

SISTEMA DE AUSCULTACIÓN EXISTENTE

Variables exteriores:

- Balanza de presión hidrostática para medir el nivel del embalse.
- Temperatura ambiente: mediante un termómetro de ambiente que registra temperaturas máximas y mínimas.
- Precipitaciones: a través de pluviómetro.
- Evaporación: medido a través de un evaporímetro de tanque.
- Viento: mediante un anemómetro de recorrido.
- Instalaciones de la red del Sistema Automático de Información Hidrológica.

Variables de control:

- Control de movimientos horizontales mediante péndulos: 3 conjuntos de telepéndulos (directo e invertido) que realizan lecturas radiales y tangenciales.
- Medidores de las juntas de construcción: medidores de junta internas, 12 medidores tridimensionales de juntas y 12 ternas de base para medida con defómetro.
- Control térmico: un total de 58 termómetros embebidos en el hormigón del cuerpo de presa.
- Aforo de filtraciones: 4 aforadores tipo Thomson, 2 en la galería inferior y 2 en la galería intermedia.
- Control de subpresiones: 34 piezómetros de cuerda vibrante, distribuidos en el cimiento de los bloques centrales y en las juntas de hormigonado.
- Control de desplazamiento del terreno bajo cimentación: mediante 6 extensómetros de 3 varillas.
- Medida de deformaciones unitarias: 40 extensómetros de cuerda vibrante entre los bloques 4 y 5.
- Control topográfico: 12 bases mixtas de colimación y nivelación, 8 bases sólo para nivelación y triangulación geodésica.

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS DEL ENCARGADO

- Se extrajeron datos de las variables exteriores del libro diario de embalse desde el año 2004.
- Según el encargado los piezómetros que no registran lecturas, es porque les fue cortado el cableado por accidente.
- Actualmente se encuentran cambiando los cajetines y la iluminación de las galerías de la presa.
- Según el vigilante, en mayo de 2007 dejó de filtrar la junta denominada B5-B6.
- En el estribo izquierdo se encuentra la roca pura sin recubrimiento, presentando una beta de color negruzco (probablemente sea compuesto de carbón o materia orgánica).
- Las canaletas que recogen las filtraciones en la margen derecha no se encuentran conectadas, el agua corre por el suelo y por el acceso entre la galería superior y la intermedia, hasta llegar al aforador de la margen derecha AF-544-MD.
- La roca del estribo derecho, a simple vista, da la sensación de encontrarse mucho mejor que la del estribo izquierdo, ya que se observa la existencia de menos conglomerado y mayor porcentaje de roca.
- Los aforadores se encuentran en buenas condiciones y se aprecia perfectamente la lámina vertiente.
- Existen bombes en la galería inferior para extraer el agua aforada en los bloques del centro de la presa.
- Se acumulan numerosos sedimentos que arrastra el material de filtración bajo la escalera del estribo derecho.
- El aspecto del paramento aguas abajo es bastante bueno, aunque se observaron algunas pequeñas filtraciones localizadas en juntas horizontales.
- Se recorrió la coronación de la presa.
- No se detectó ninguna anomalía en la visita.

Anejo N° 8: DOCUMENTACIÓN RELATIVA A LA AUSCULTACIÓN

DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE

1. Informe sobre la visita de reconocimiento al sistema de auscultación automatizado de la presa de Val (ZARAGOZA) realizado por la empresa Ingeniería de Instrumentación y Control, I.I.C. S.A. en marzo de 2006
2. Plan de Emergencia de la Presa del Val. Revisión 0. Julio 2000
3. Acondicionamiento de sala de válvulas e instalación de caudalímetros en el embalse del Val (Los Fayos/Zaragoza). OFITECO S.A.
4. Versión Preliminar Documento XYZT de la presa de El Val. Julio 2000

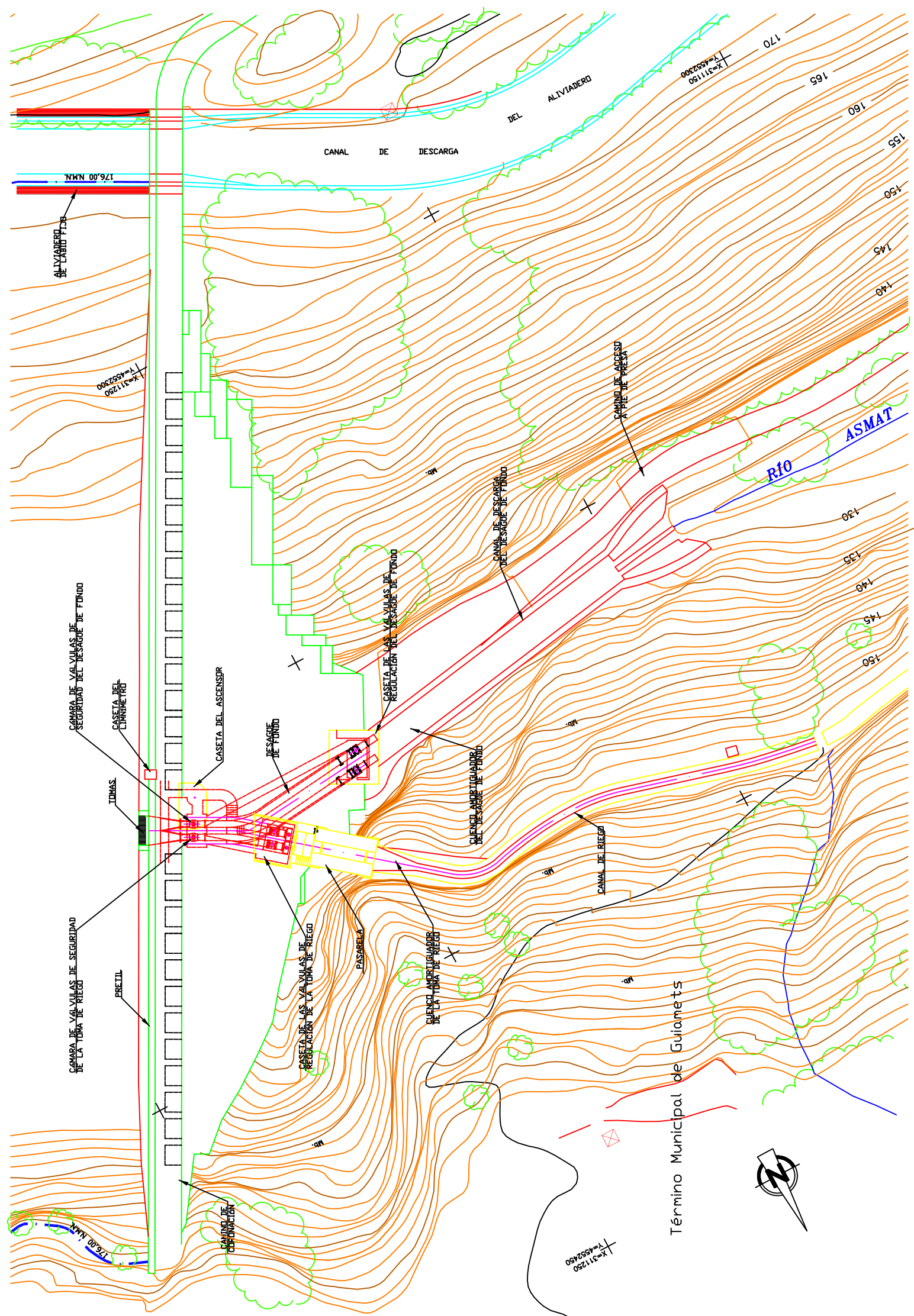
APÉNDICE C

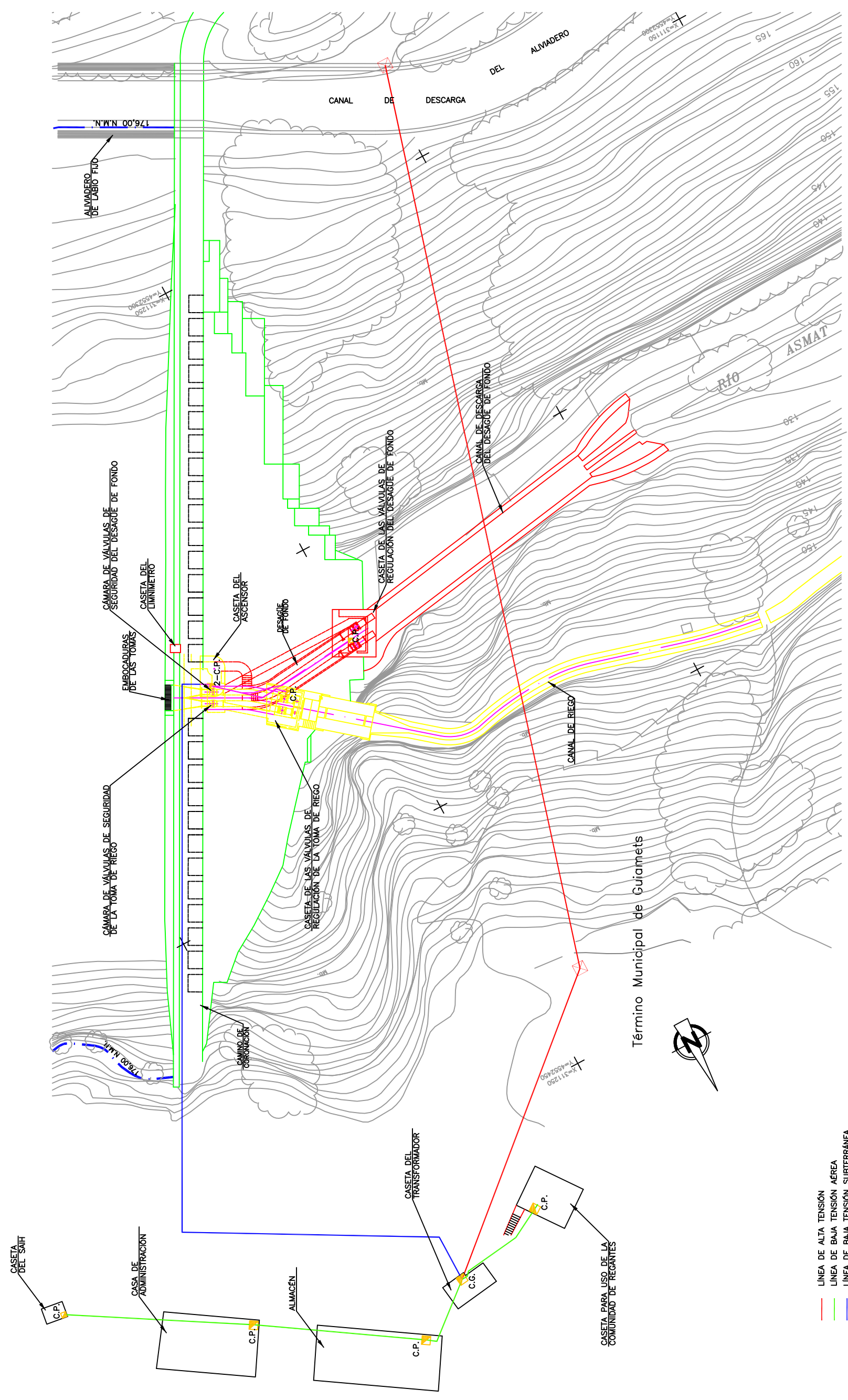
Anejos del Informe Anual de Auscultación de
la Presa de Guiamets

ANEJO Nº 1. PLANOS


ÍNDICE DE PLANOS

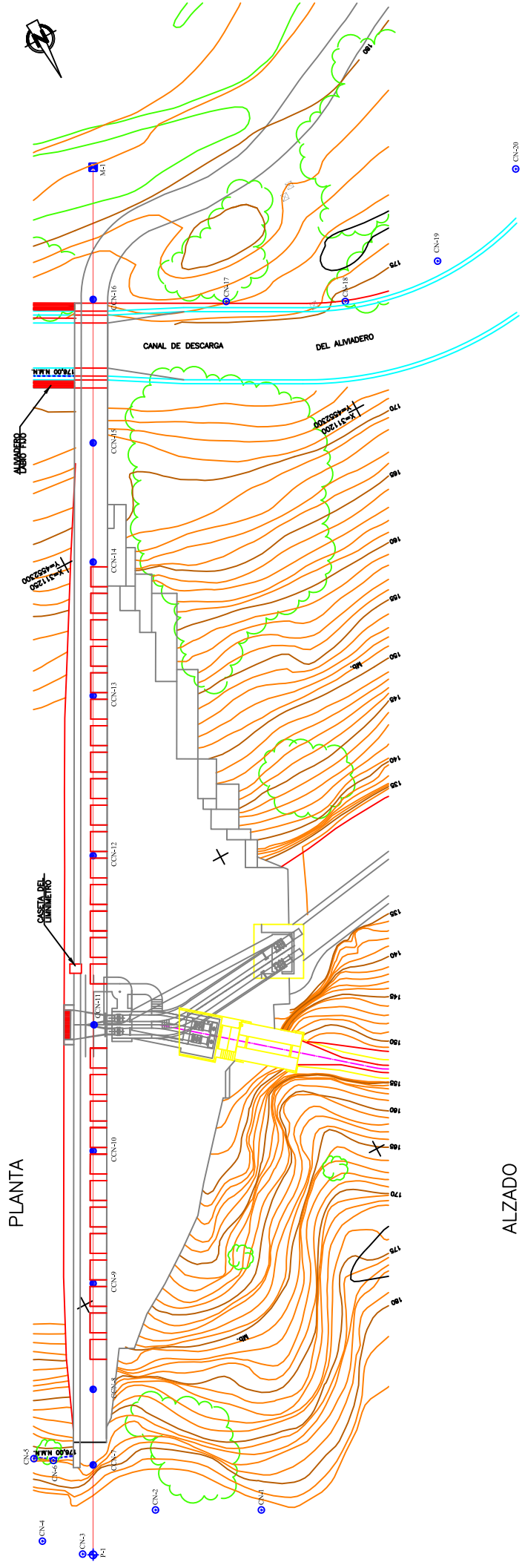
- Plano 1.- Planta general de la presa.
- Plano 2.- Instalación eléctrica.
- Plano 3.- Planta y alzado de elementos de auscultación.
- Plano 4.- Elementos de auscultación (piezómetros y péndulos) instalados en la sección 3.
- Plano 5.- Elementos de auscultación (piezómetros y péndulos) instalados en la sección 1 y 6.
- Plano 6.- Elementos de auscultación (piezómetros y péndulos) instalados en la sección 2.
- Plano 7.- Elementos de auscultación (piezómetros y péndulos) instalados en la sección 4.
- Plano 8.- Red de telecontrol.
- Plano 9.- Ley de subpresiones en las secciones 1 y 6.
- Plano 10.- Ley de subpresiones en la sección 2.
- Plano 11.- Ley de subpresiones en la sección 3.
- Plano 12.- Ley de subpresiones en la sección 4.



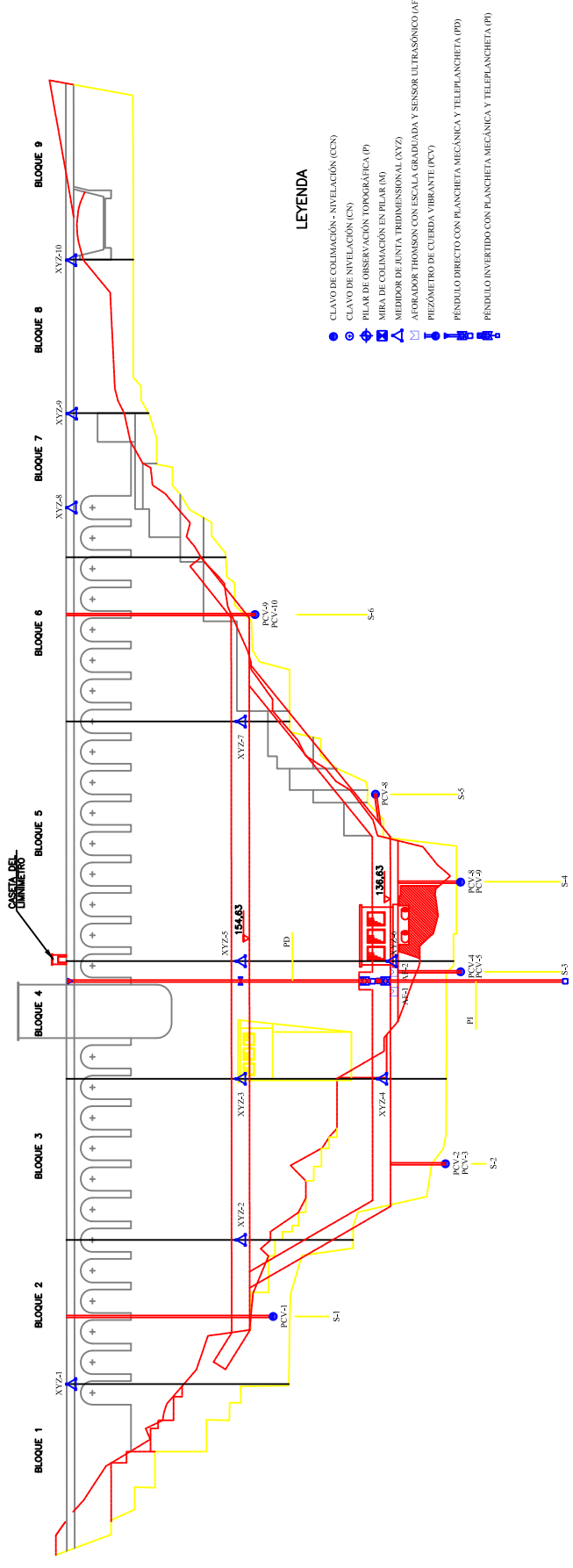


- LINEA DE ALTA TENSIÓN
- LINEA DE BAJA TENSIÓN AÉREA
- LINEA DE BAJA TENSIÓN SUBTERRÁNEA
- LINEA DE BAJA TENSIÓN EN INTERIOR DEL CUERPO DE PRESA
- C.G. CUADROS GENERALES DE FUERZA Y ALUMBRADO
- C.P. CUADROS PARCIALES

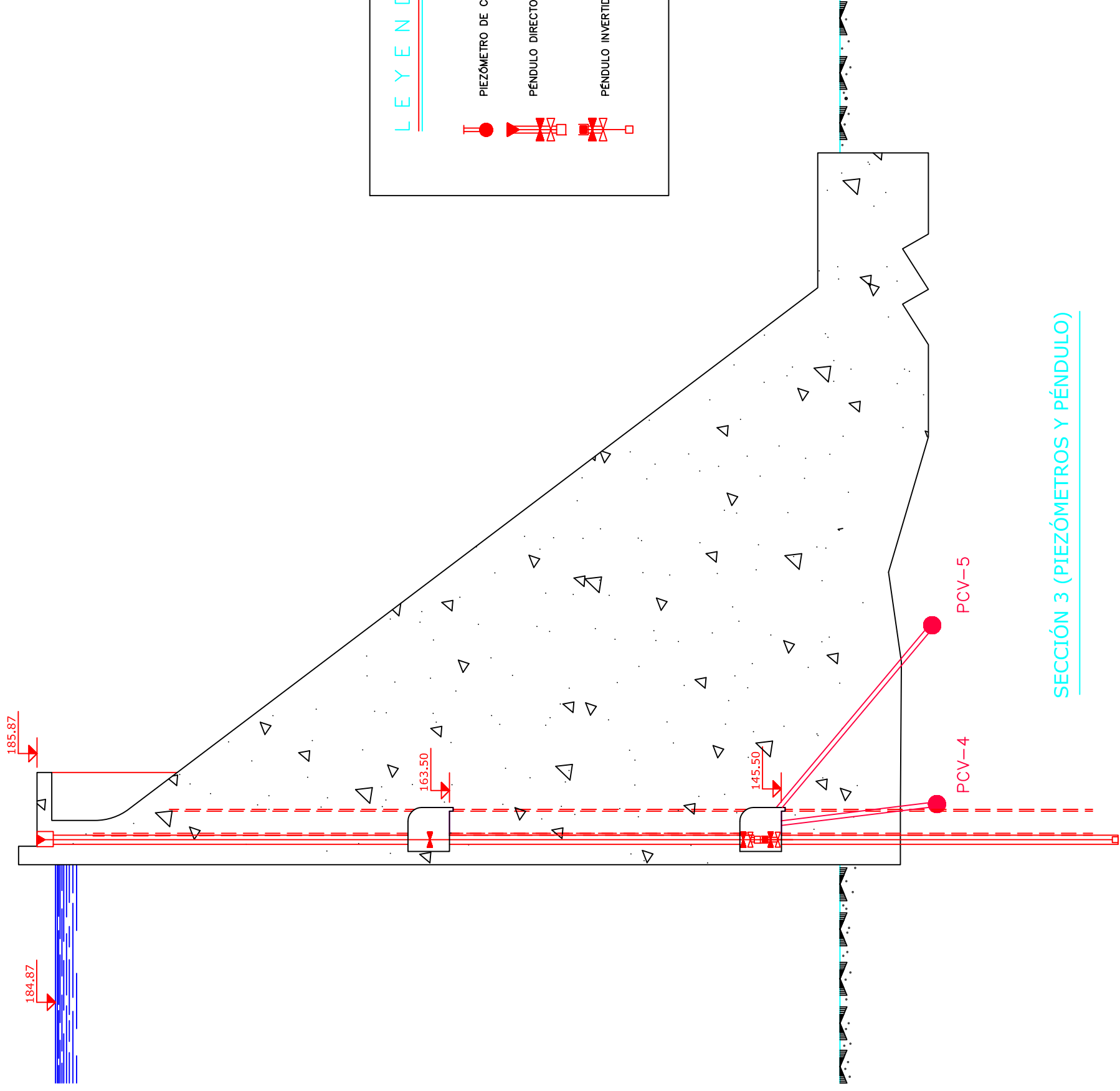
 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA	DOCUMENTO:		EL CONSULTOR:	ESCALAS:	FECHA:	TITULO DEL PLANO:	Nº DE PLANO:
		CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUIAMETS EN EL PERIODO DEL 12/09/03 AL 31/12/08	CODIGO DOCUMENTO:		SIN ESCALA	JUNIO DE 2009	INSTALACION ELECTRICA	2
				CLAVE CONTRATO:					HOJA:



ALZADO



- LEYENDA**
- CLAVO DE COLIMACIÓN - NIVELACIÓN (CCN)
 - CLAVO DE NIVELACIÓN (CN)
 - ▲ PILAR DE OBSERVACIÓN TOPOGRÁFICA (P)
 - ▲ MIRA DE COLIMACIÓN EN PILAR (M)
 - ▲ MEDIDOR DE JUNTA TRIDIMENSIONAL (JTZ)
 - ▲ AFERRADOR THOMSON CON ESCALA GRADUADA Y SENSOR ULTRASONICO (AF)
 - ▲ PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE (PCV)
 - ▲ PÉNDULO DIRECTO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA (PD)
 - ▲ PÉNDULO INVERTIDO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA (PI)

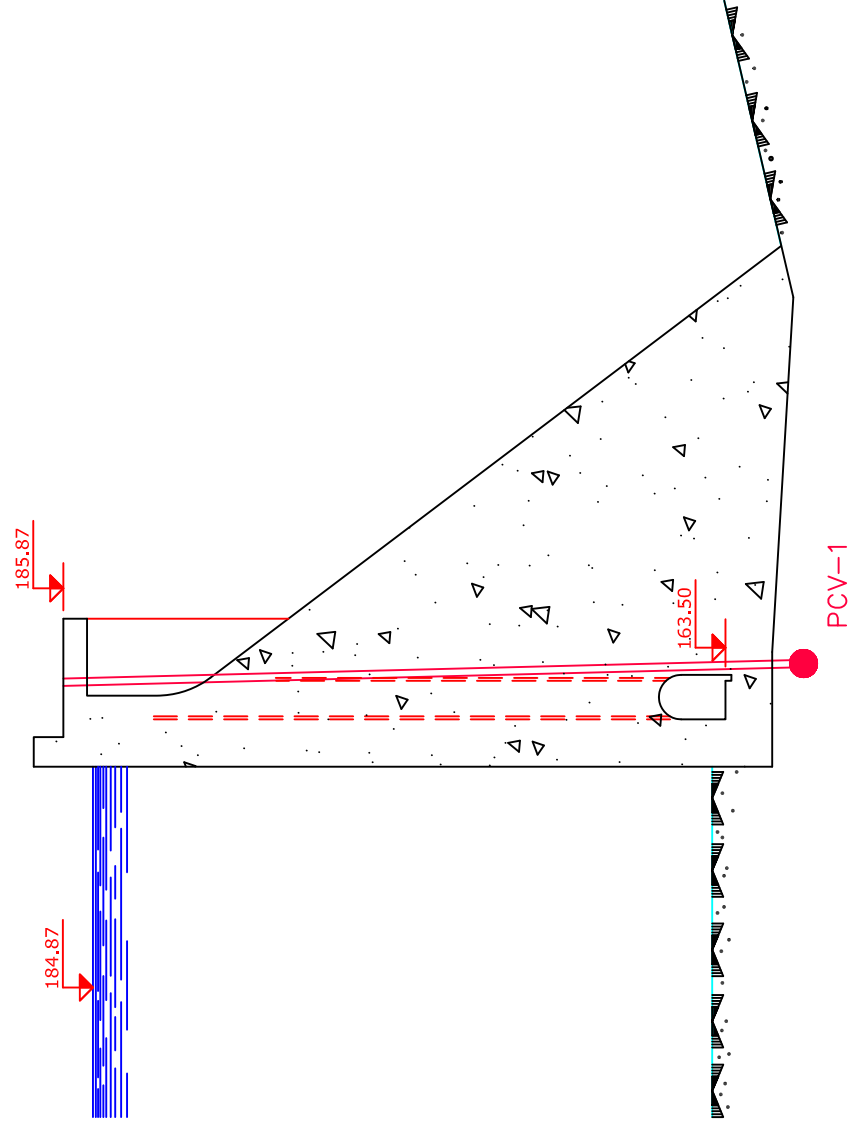


LEYENDA:

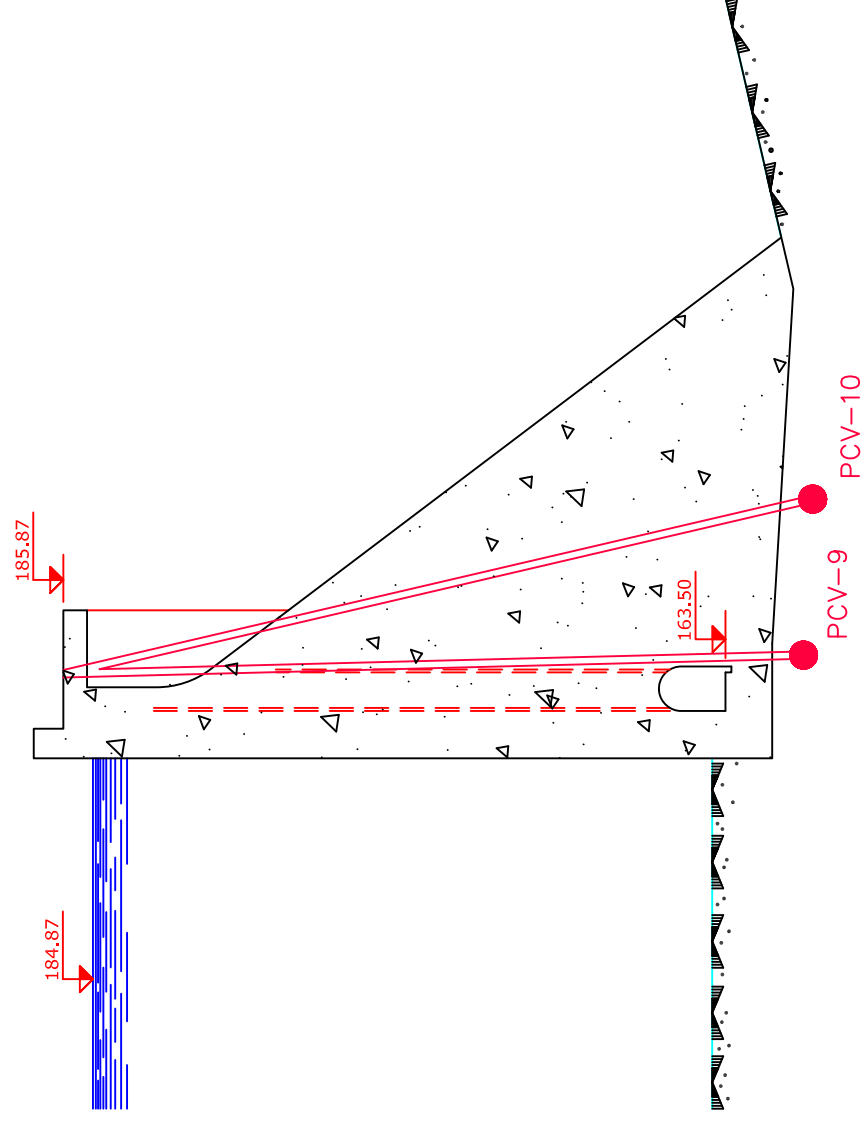
- PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE
- PÉNDULO DIRECTO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA
- PÉNDULO INVERTIDO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA

SECCIÓN 3 (PIEZÓMETROS Y PÉNDULO)

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUJAMETS EN EL PERÍODO DEL 12/09/03 AL 31/12/08	CÓDIGO DOCUMENTO: EL CONSULTOR:	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TÍTULO DEL PLANO: ELEMENTOS DE AUSCULTACION. (PIEZÓMETROS Y PÉNDULOS INSTALADOS EN LA SECCION 3)	Nº DE PLANO: 4
		CLAVE CONTRATO:	HOJA:				



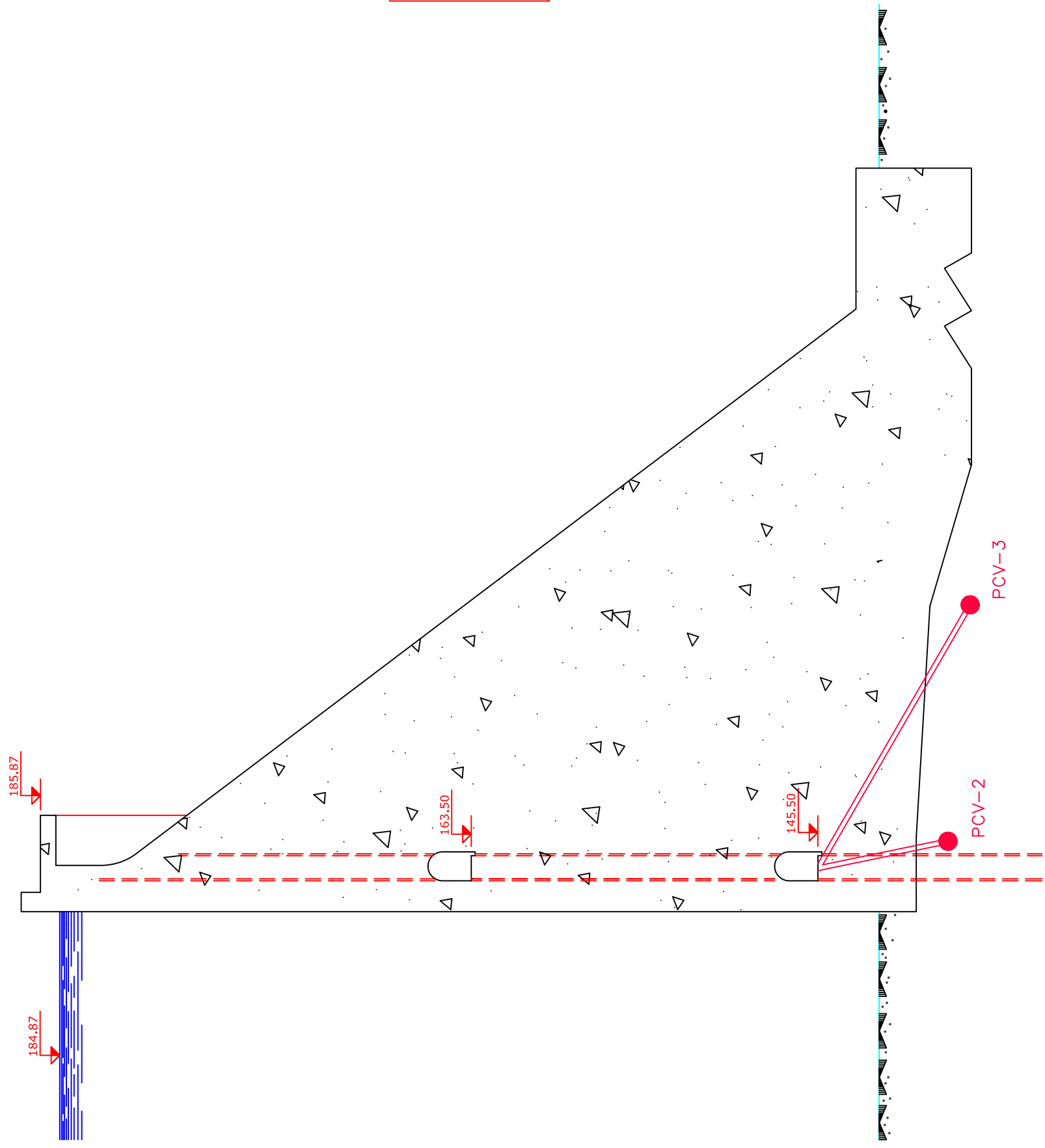
SECCIÓN 1 (PIEZÓMETROS)




SECCIÓN 6 (PIEZÓMETROS)

LE Y E N D A :


PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE

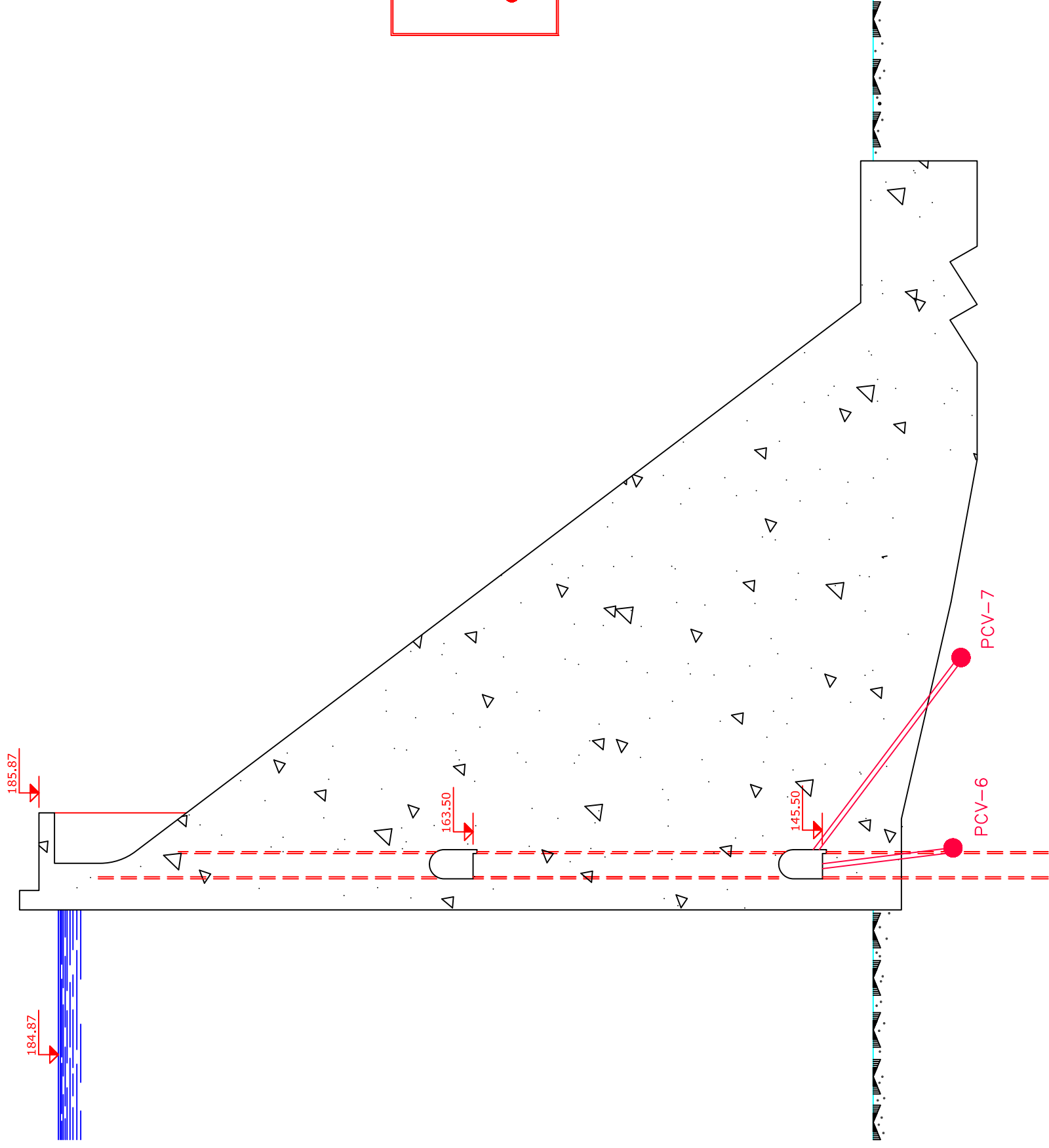


LE Y E N D A :


 PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE

SECCIÓN 2 (PIEZÓMETROS)

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA	CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO:	INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUJAMETS EN EL PERIODO DEL 12/09/03 AL 31/12/08	CÓDIGO DOCUMENTO:	EL CONSULTOR:	ESCALAS:	SIN ESCALA	FECHA:	JUNIO DE 2009	TÍTULO DEL PLANO:	ELEMENTOS DE AUSCULTACION. (PIEZOMETROS INSTALADOS EN LA SECCION 2)	Nº DE PLANO:	6
				CLAVE CONTRATO:											HOJA:

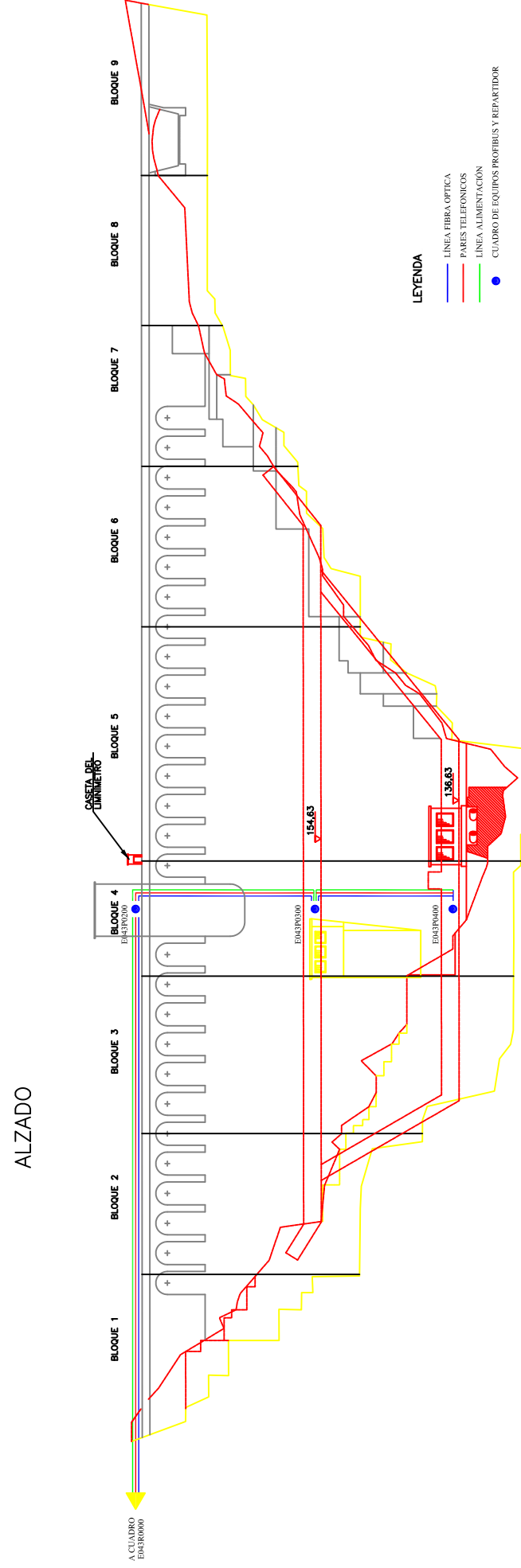
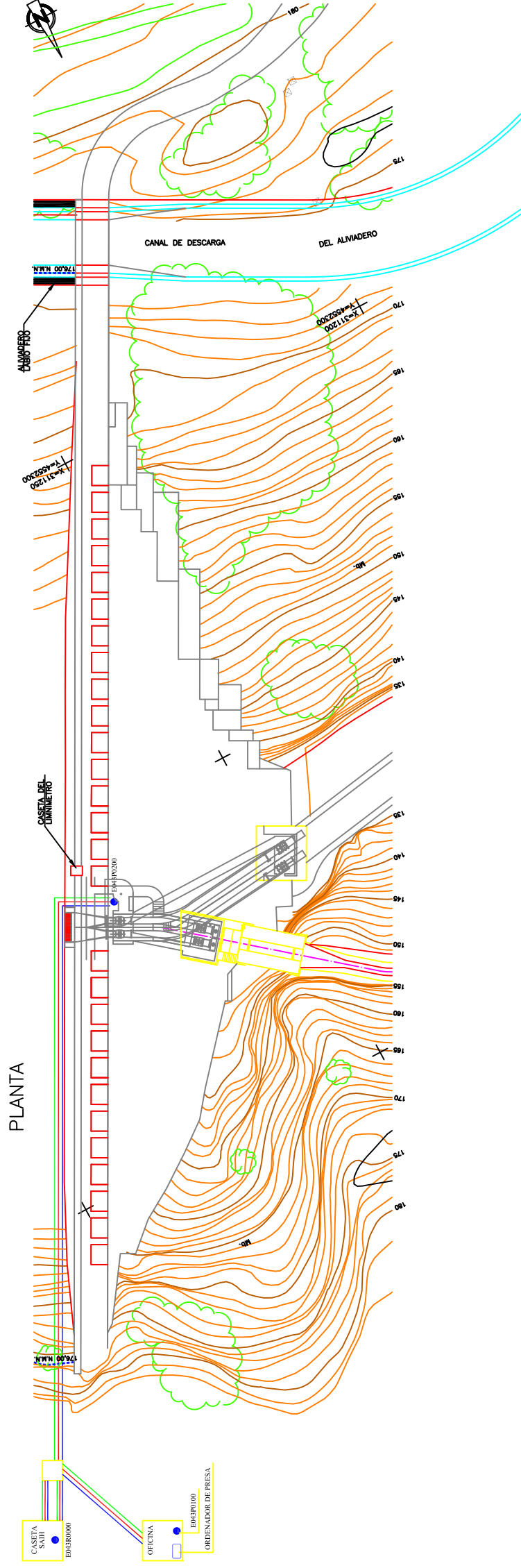


LEYENDA:

PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE

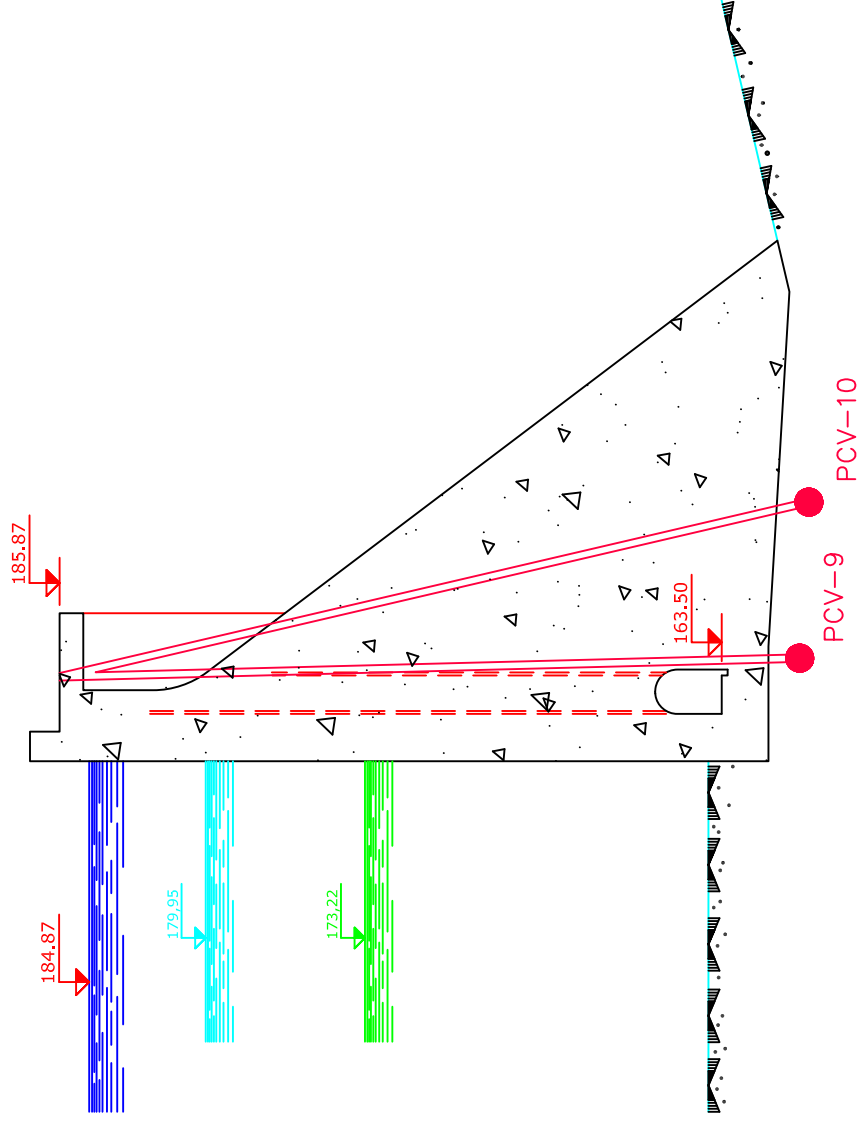
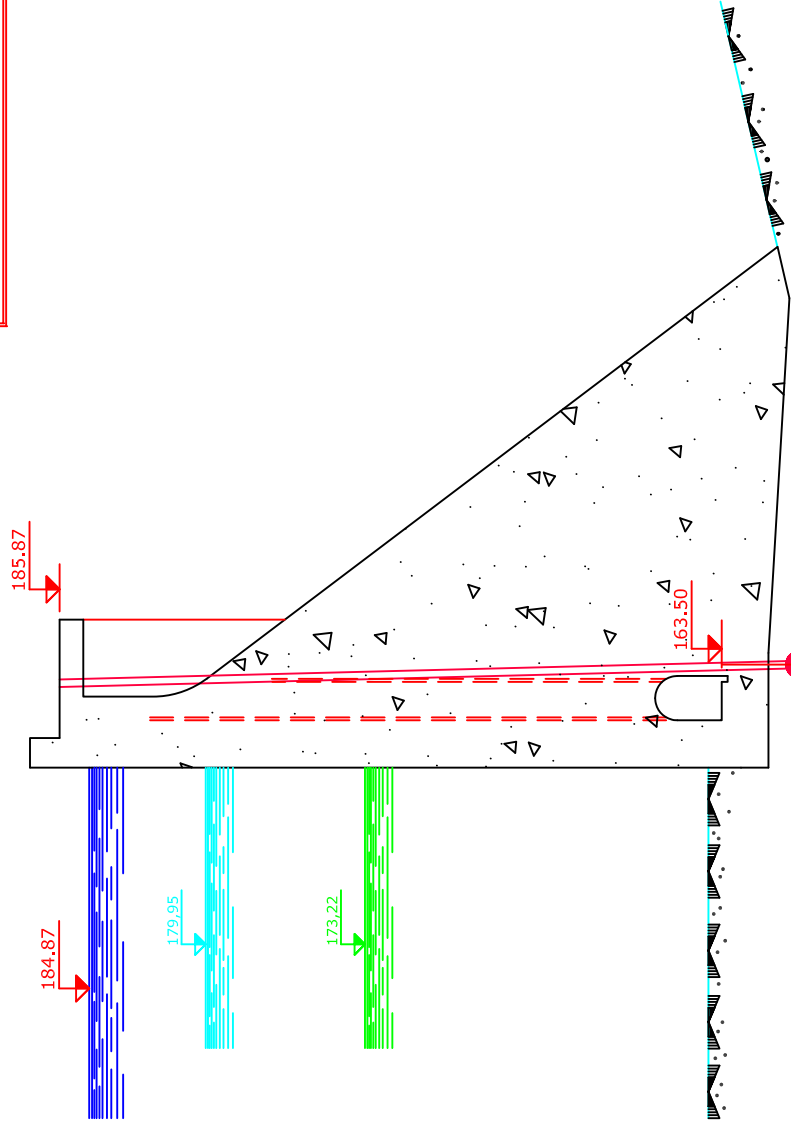
SECCIÓN 4 (PIEZÓMETROS)

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA	CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO:	INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUJAMETS EN EL PERIODO DEL 12/09/03 AL 31/12/08	CÓDIGO DOCUMENTO:	EL CONSULTOR:	ESCALAS:	SIN ESCALA	FECHA:	JUNIO DE 2009	TÍTULO DEL PLANO:	ELEMENTOS DE AUSCULTACION. (PIEZOMETROS INSTALADOS EN LA SECCION 4)	Nº DE PLANO:	7
				CLAVE CONTRATO:											HOJA:

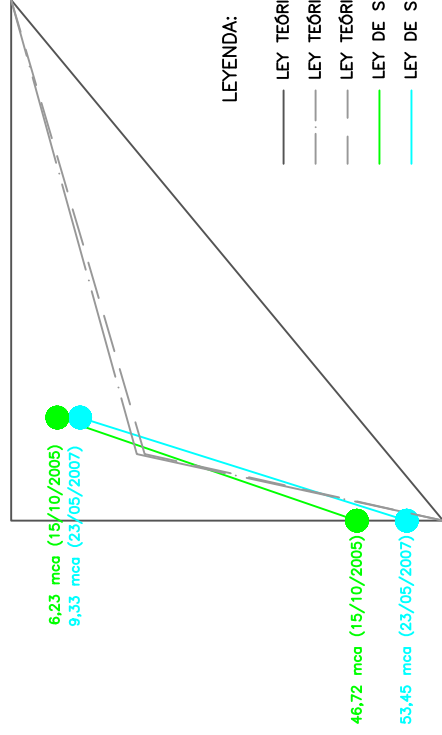


LEYENDA:

PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE



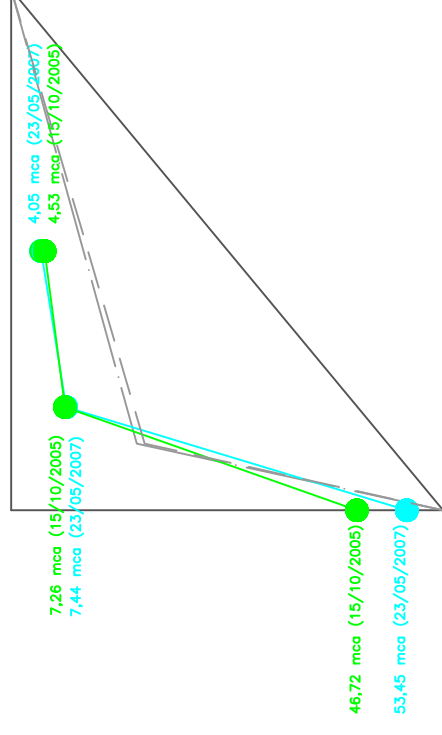
SECCIÓN 1 (LEY DE SUBPRESIONES)

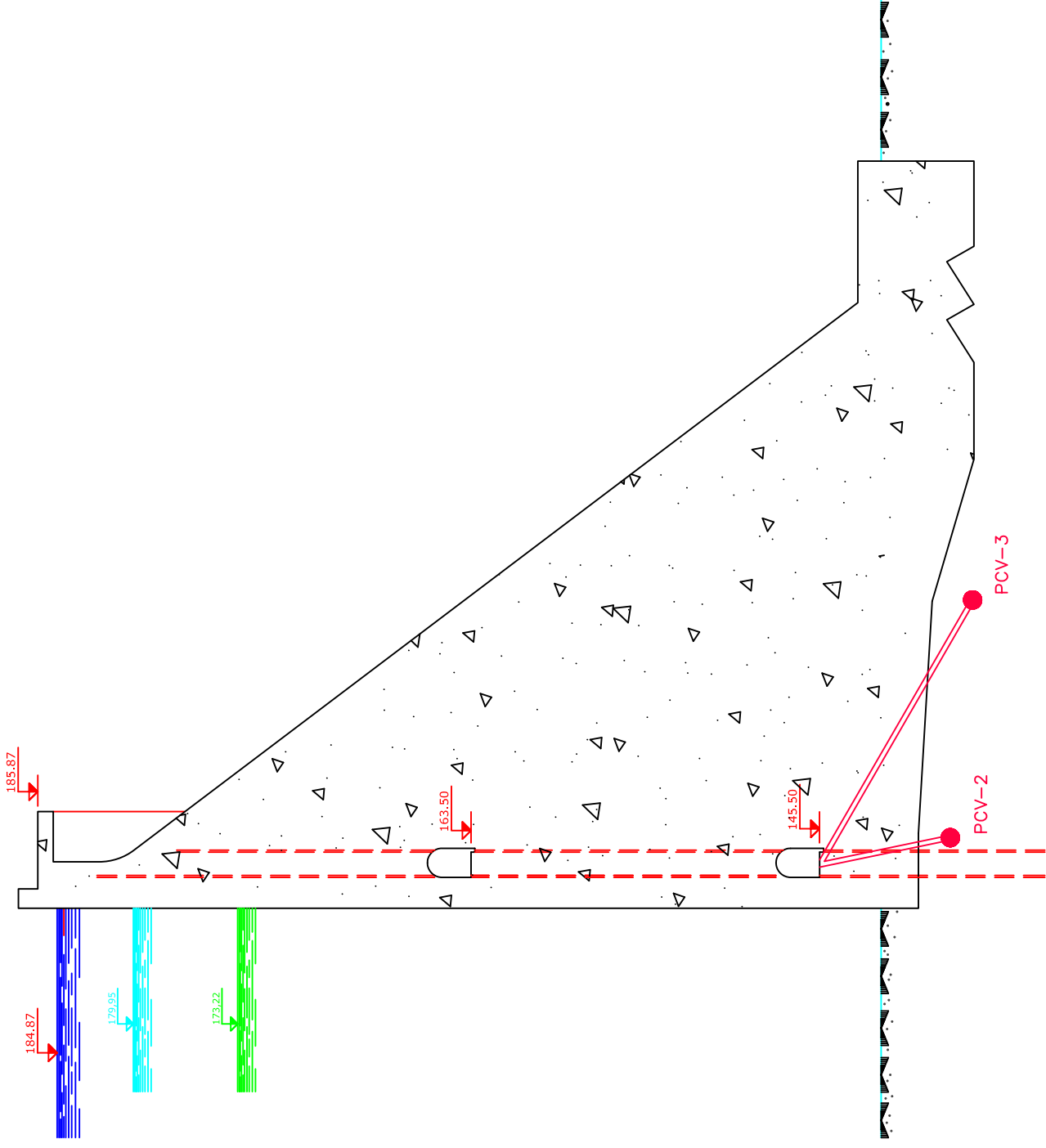



LEYENDA:

- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- - - LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE PRÓXIMA AL CIMIENTO
- - - LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE ALEJADA DEL CIMIENTO
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 15/10/2005
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 23/05/2007

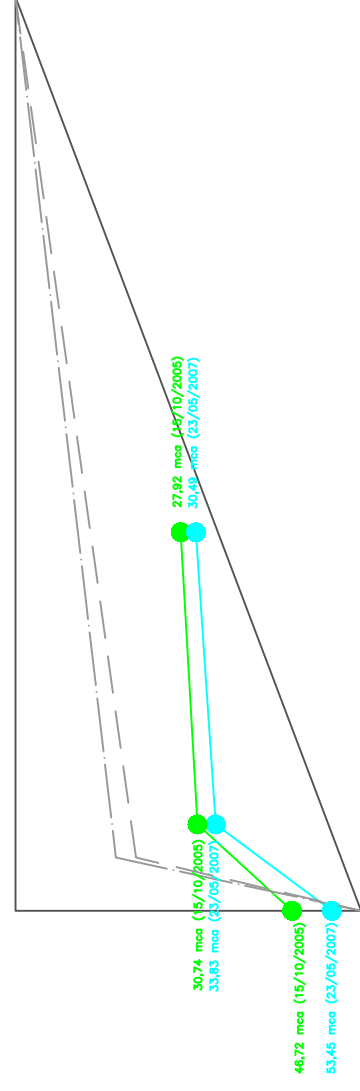
SECCIÓN 6 (LEY DE SUBPRESIONES)





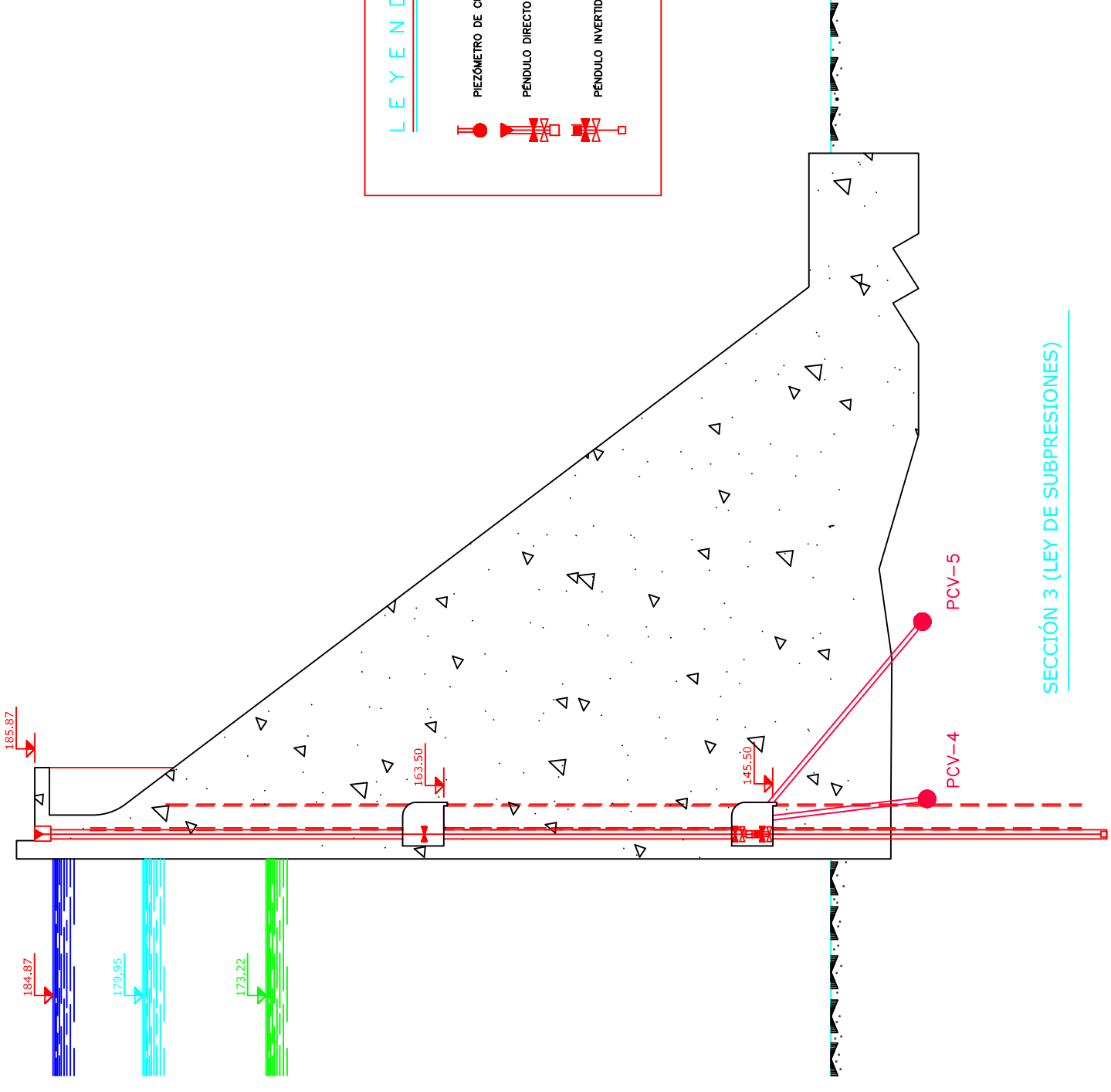
LEYENDA:
 PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE

SECCIÓN 2 (LEY DE SUBPRESIONES)



LEYENDA:

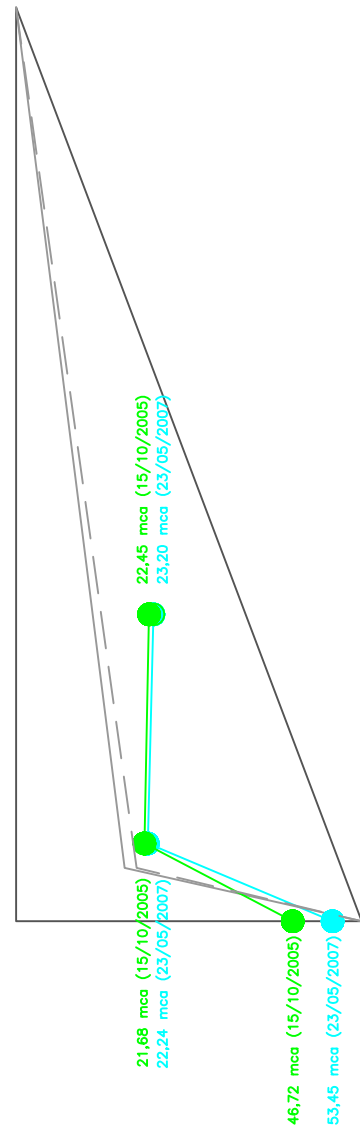
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE PRÓXIMA AL CIMIENTO
- - - LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE ALEJADA DEL CIMIENTO
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 15/10/2005
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 23/05/2007



LEYENDA:

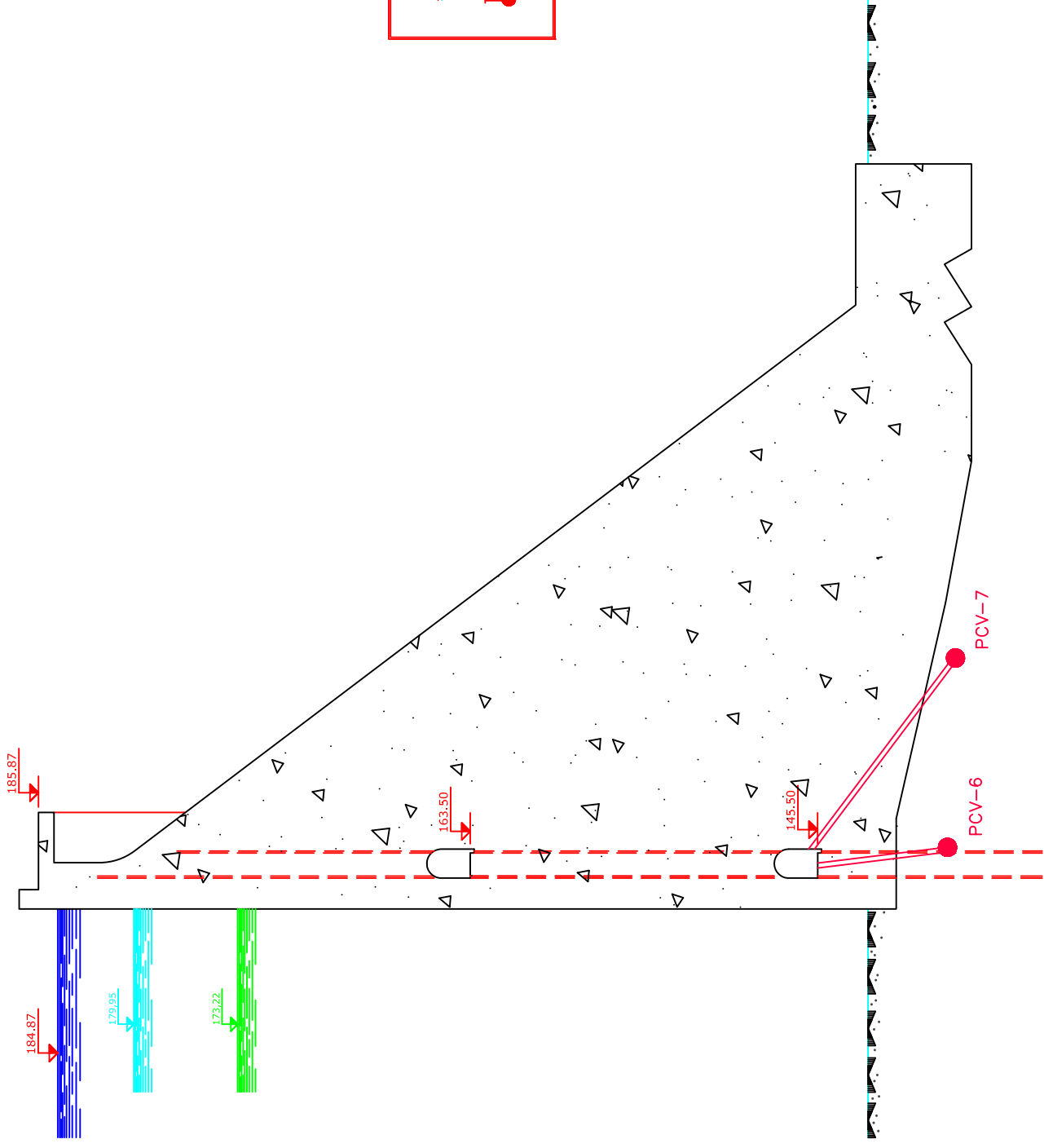
- PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE
- PÉNDULO DIRECTO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA
- PÉNDULO INVERTIDO CON PLANCHETA MECÁNICA Y TELEPLANCHETA

SECCIÓN 3 (LEY DE SUBPRESIONES)



LEYENDA:

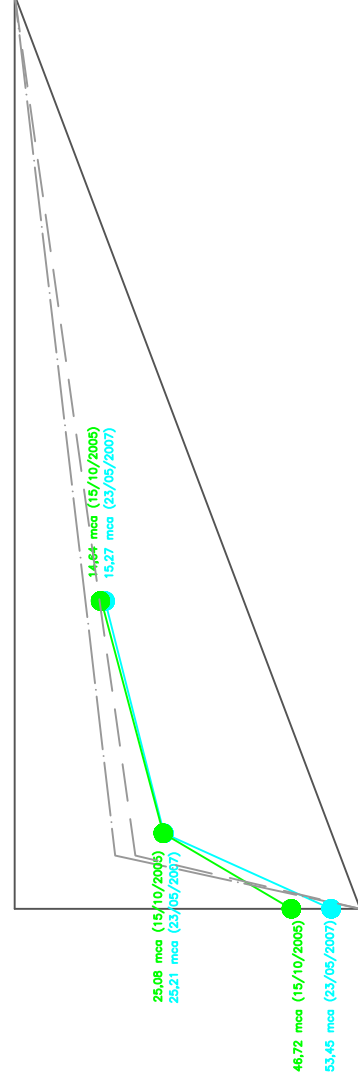
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE PRÓXIMA AL CIMIENTO
- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE ALEJADA DEL CIMIENTO
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 15/10/2005
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 23/05/2007



LEYENDA:


PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE

SECCIÓN 4 (LEY DE SUBPRESIONES)



LEYENDA:

- LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES SIN PANTALLA DE DRENAJE
- - - LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE PRÓXIMA AL CIMIENTO
- - - LEY TEÓRICA DE SUBPRESIONES CON GALERÍA DE DRENAJE ALEJADA DEL CIMIENTO
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 15/10/2005
- LEY DE SUBPRESIONES EL DÍA 23/05/2007

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO	DIRECCION GENERAL DEL AGUA CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO	DOCUMENTO: INFORME DE AUSCULTACION. COMPORTAMIENTO DE LA PRESA DE GUJAMETS EN EL PERÍODO DEL 12/09/03 AL 31/12/08		CÓDIGO DOCUMENTO: CLAVE CONTRATO:	EL CONSULTOR:	ESCALAS: SIN ESCALA	FECHA: JUNIO DE 2009	TÍTULO DEL PLANO: LEY DE SUBPRESIONES	Nº DE PLANO: 12 HOJA:

ANEJO N° 2:
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ANEJO Nº 2 - GRÁFICOS DE LAS VARIABLES AUSCULTADAS

ÍNDICE

A.) VARIABLES EXTERIORES:

- A1 Evolución temporal del nivel del embalse de Guiamets.
- A2 Evolución temporal de las temperaturas media y máxima diarias del ambiente.
- A3 Evolución temporal de las precipitaciones en el embalse de Guiamets.

B.) CONTROL DE FILTRACIONES. AFORADORES:

- B1 Evolución temporal de las filtraciones en la presa.
- B2 Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con el nivel de embalse.
- B3 Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con las precipitaciones.

C.) CONTROL DE SUBPRESIONES. PIEZÓMETROS:

- C1 Evolución temporal de los piezómetros 1 hasta 5.
- C2 Evolución temporal de los piezómetros 1 hasta 5 en conjunto con el nivel de embalse.
- C3 Evolución temporal de los piezómetros 6 hasta 10.
- C4 Evolución temporal de los piezómetros 6 hasta 10 en conjunto con el nivel de embalse.

D.) CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONOTALES. PÉNDULOS:

- D1 Evolución temporal de los movimientos tangenciales y radiales del péndulo directo
- D2 Evolución temporal de los movimientos tangenciales y radiales del péndulo inverso
- D3 Evolución temporal de los movimientos radiales de los péndulos
- D4 Evolución temporal de los movimientos tangenciales de los péndulos

A.) VARIABLES EXTERIORES

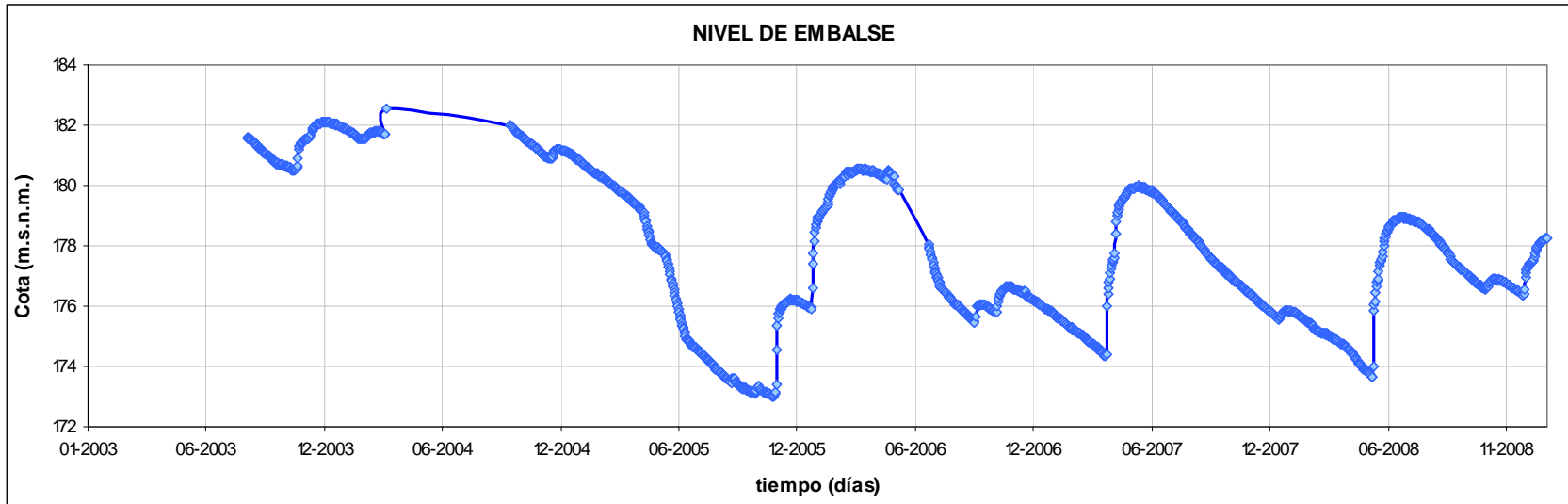


Gráfico A1. Evolución temporal del nivel del embalse de Guimet

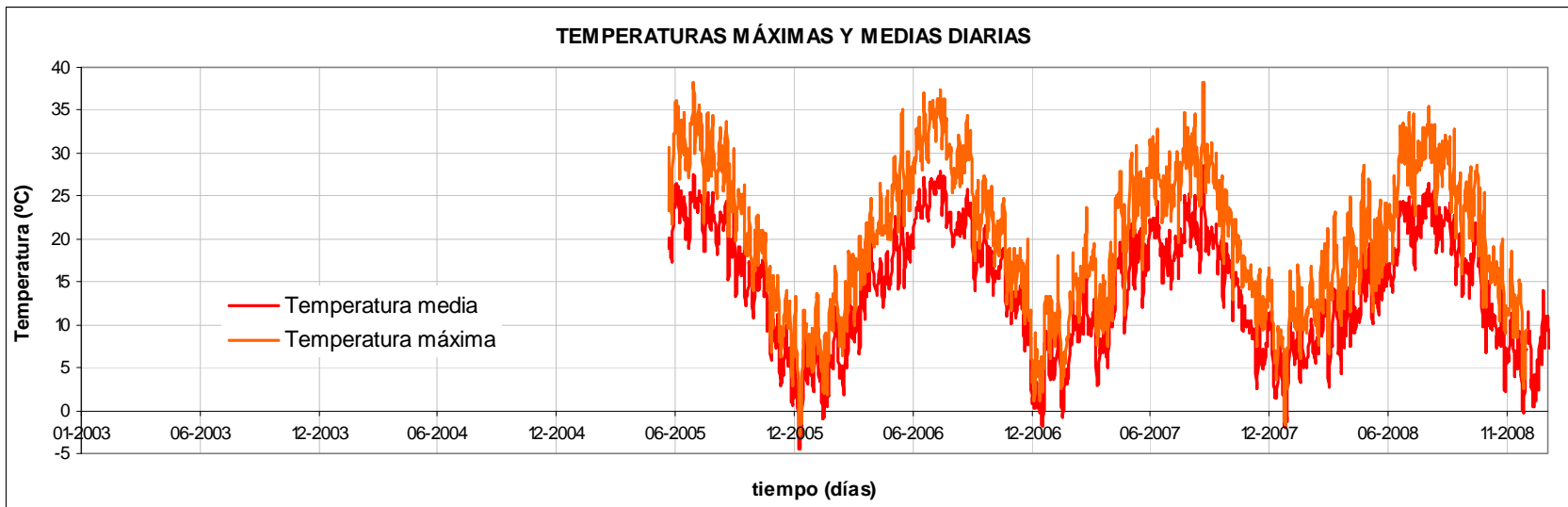


Gráfico A2. Evolución temporal de las temperaturas media y máxima diarias del ambiente.

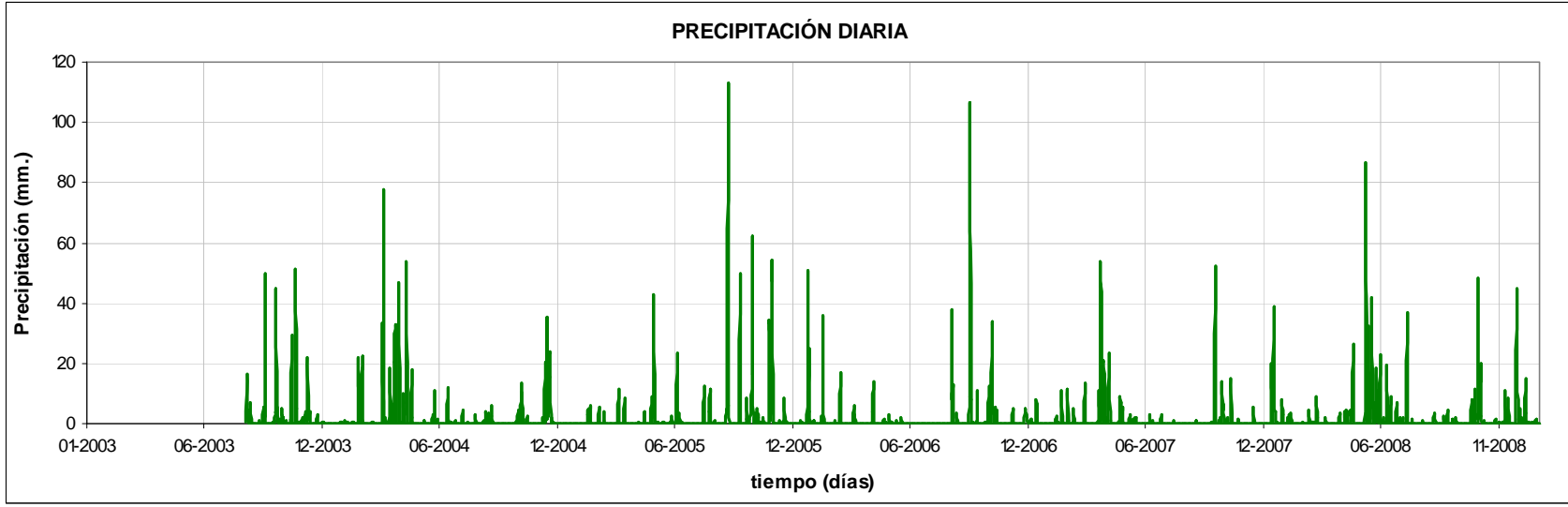


Gráfico A3. Evolución temporal de las precipitaciones en el embalse de Guiamets

B.) CONTROL DE FILTRACIONES. AFORADORES

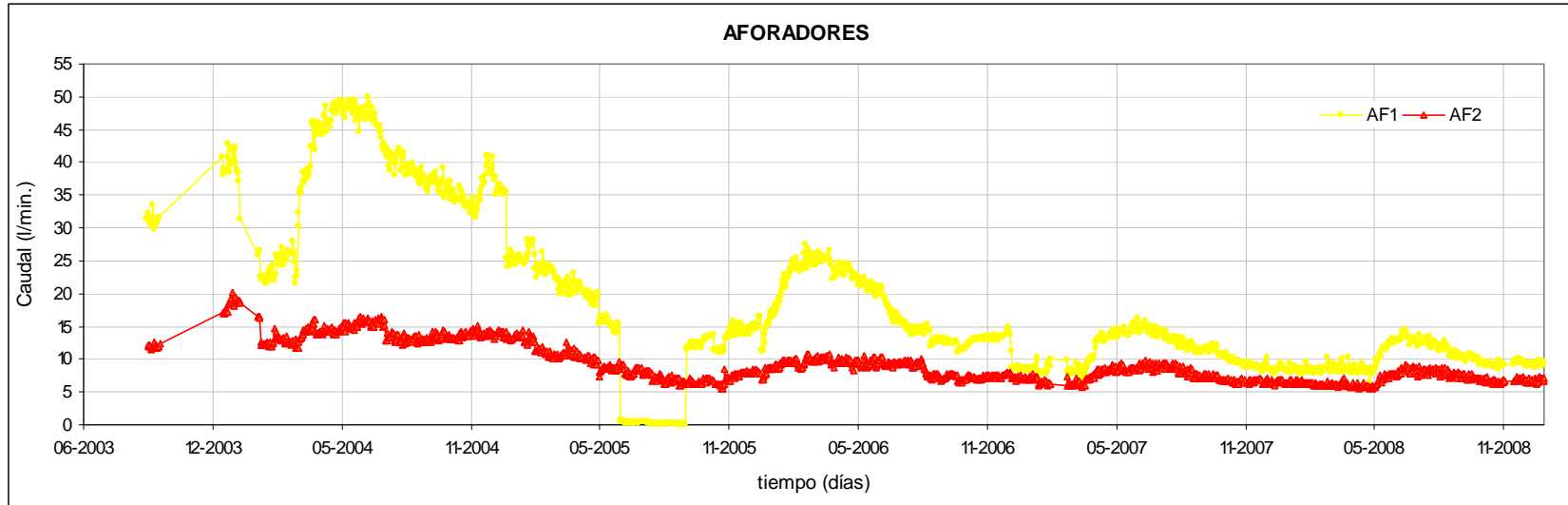


Gráfico B1. Evolución temporal de las filtraciones en la presa.

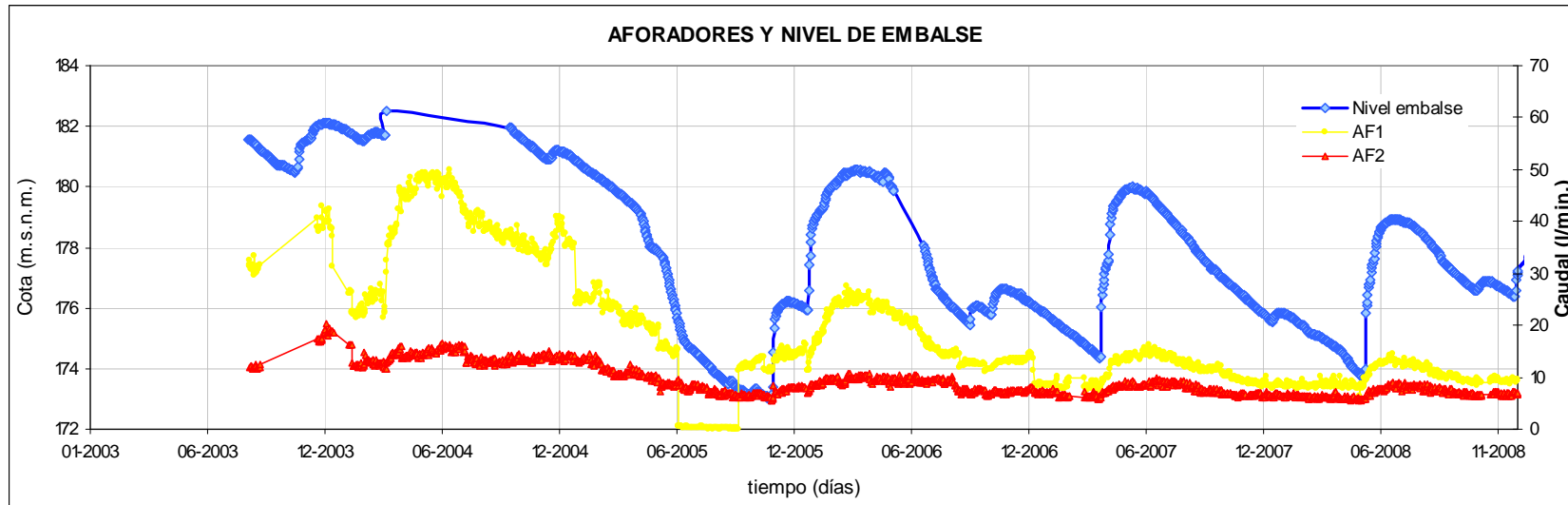


Gráfico B2. Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con el nivel de embalse.

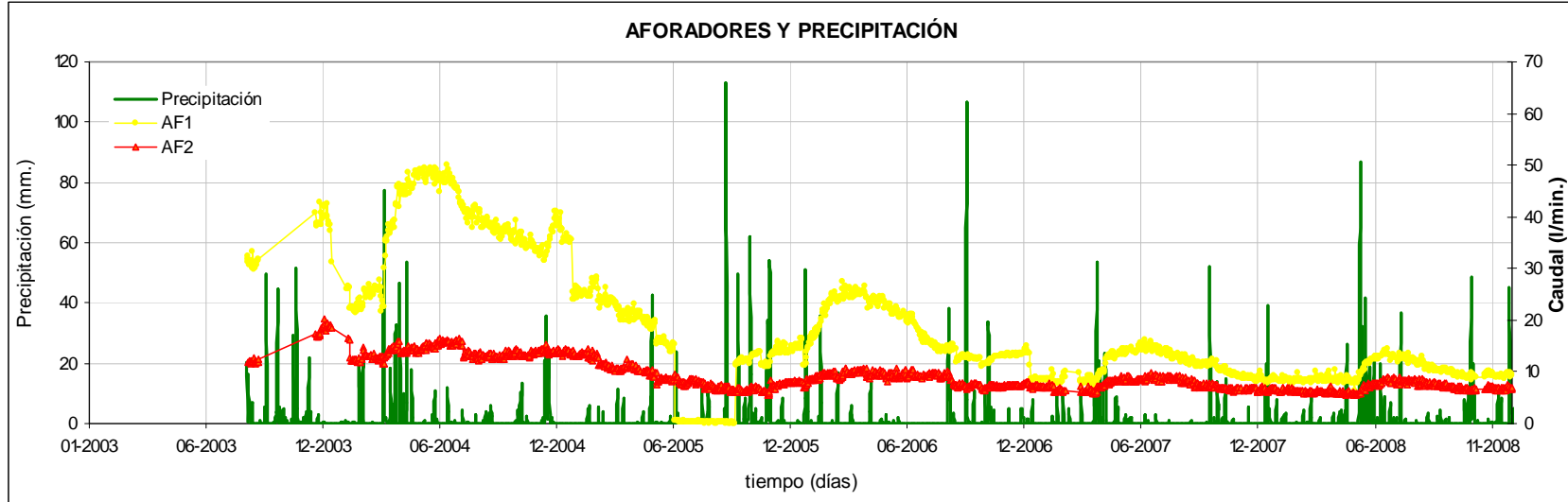


Gráfico B3. Evolución temporal de las filtraciones en la presa en conjunto con las precipitaciones.

C.) CONTROL DE SUBPRESIONES. PIEZÓMETROS

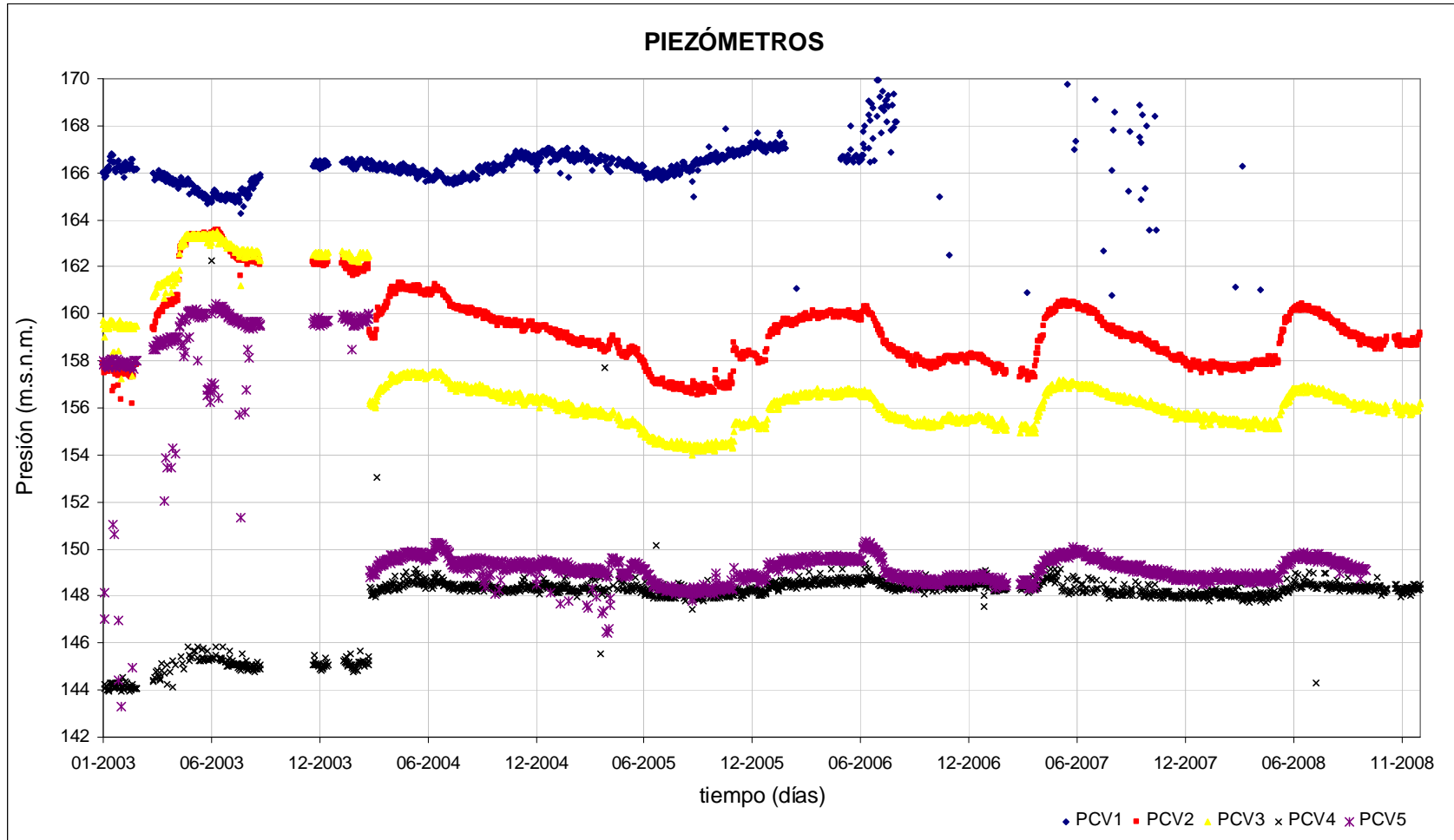


Gráfico C1. Evolución temporal de los piezómetros 1 hasta 5.

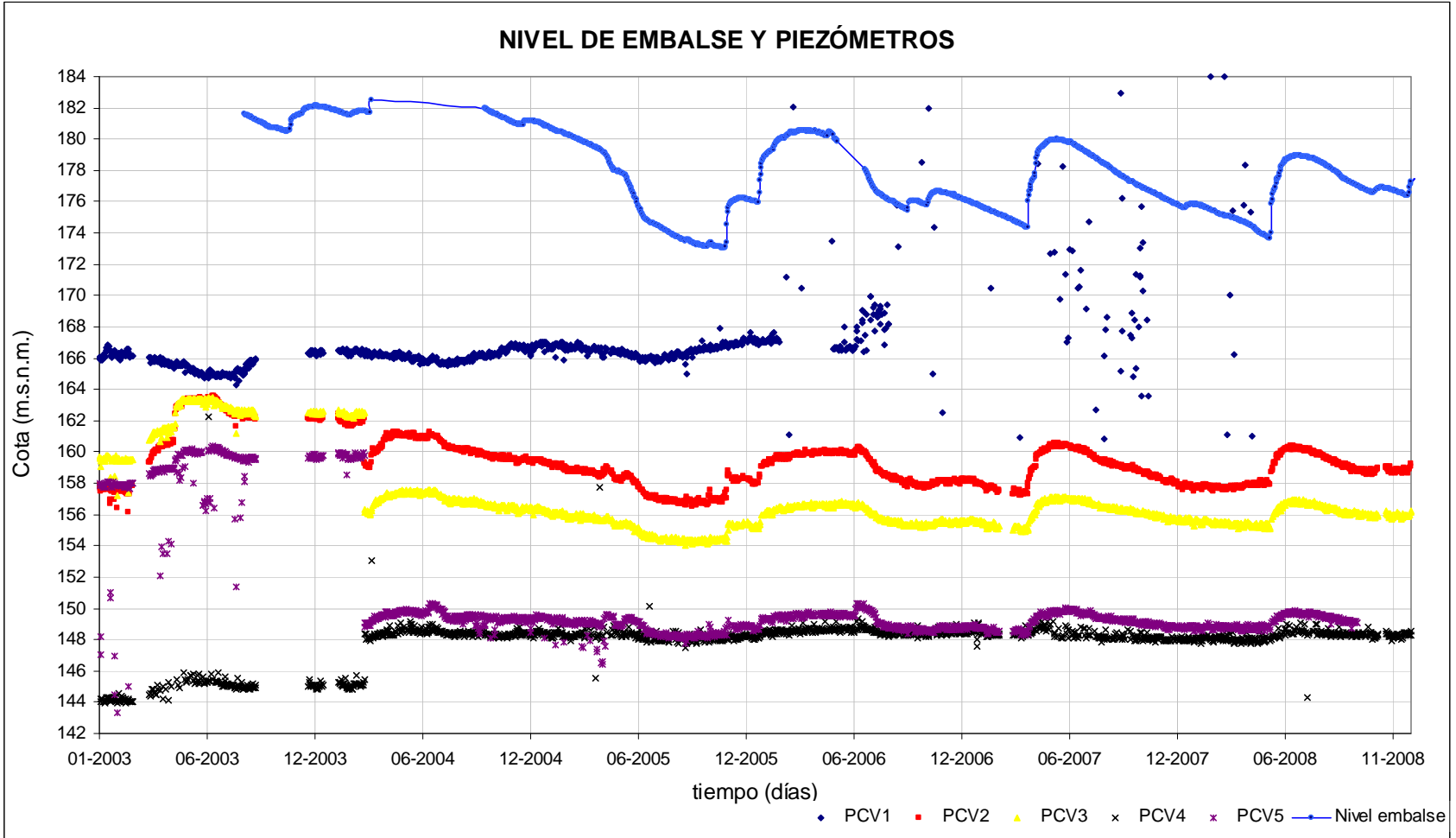


Gráfico C2 Evolución temporal de los piezómetros 1 hasta 5 en conjunto con del nivel de embalse.

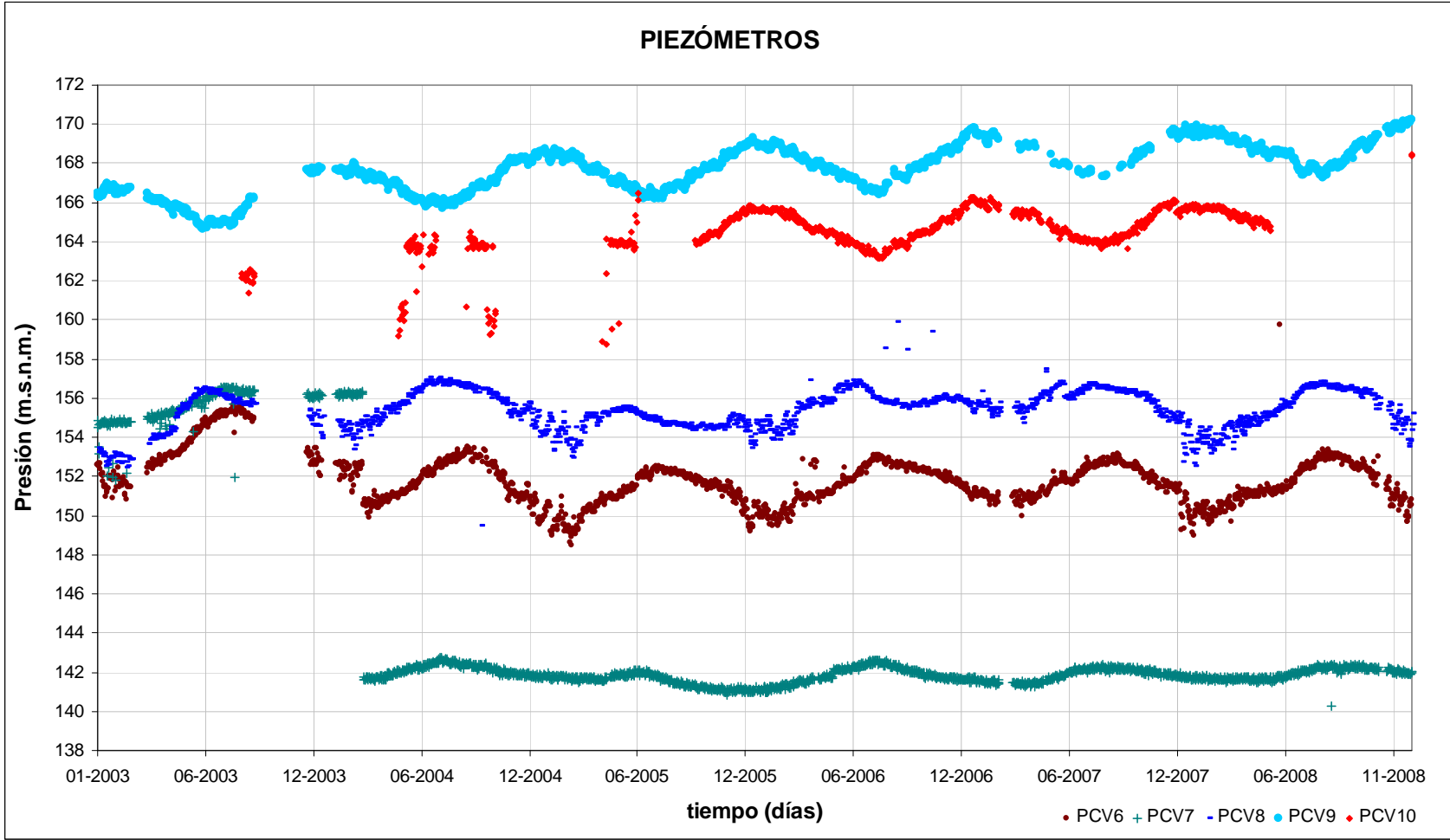


Gráfico C3. Evolución temporal de los piezómetros 6 hasta 10.

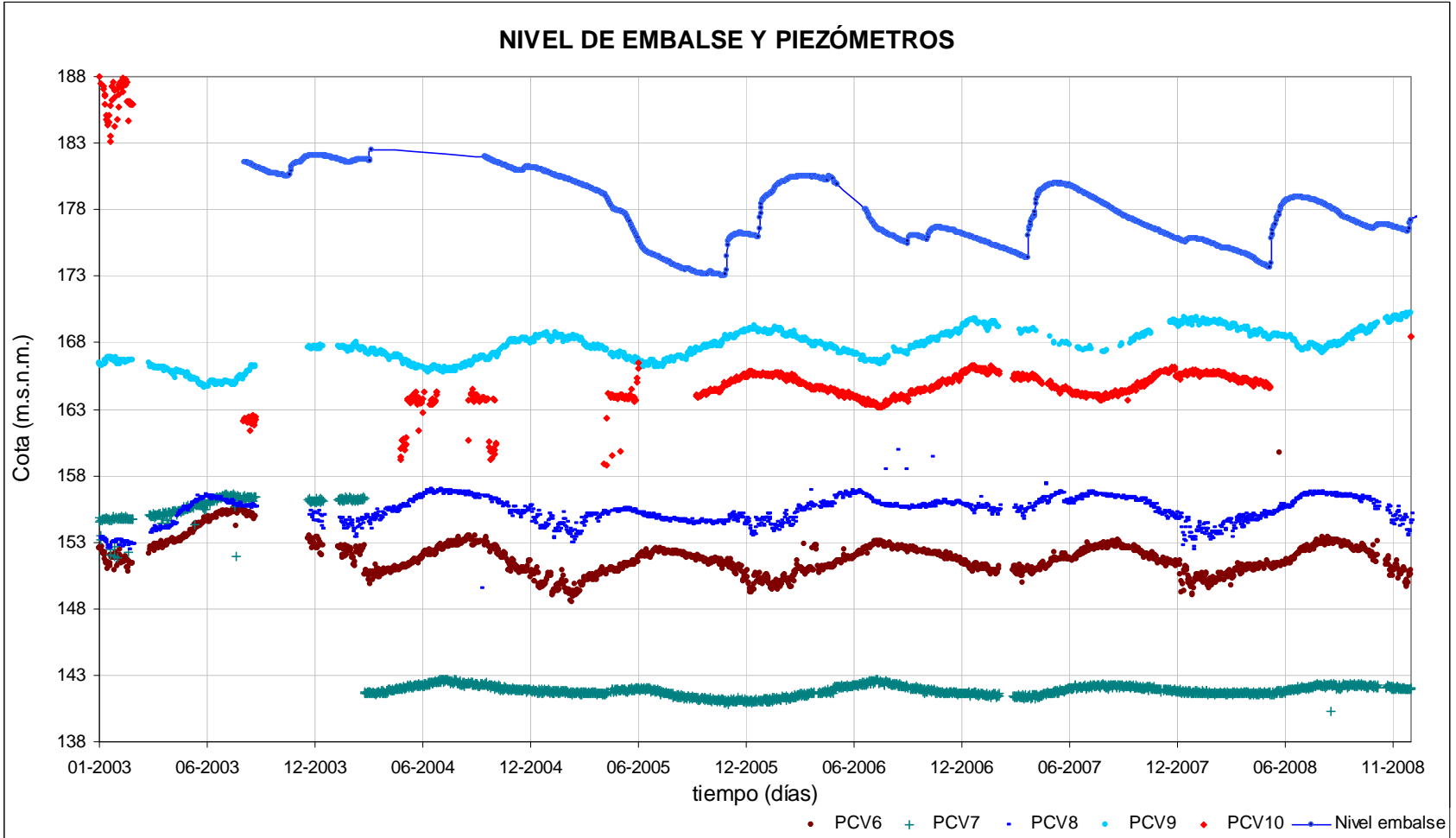


Gráfico C4 Evolución temporal de los piezómetros 6 hasta 10 en conjunto con el nivel de embalse.

D.) CONTROL DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES. PÉNDULOS

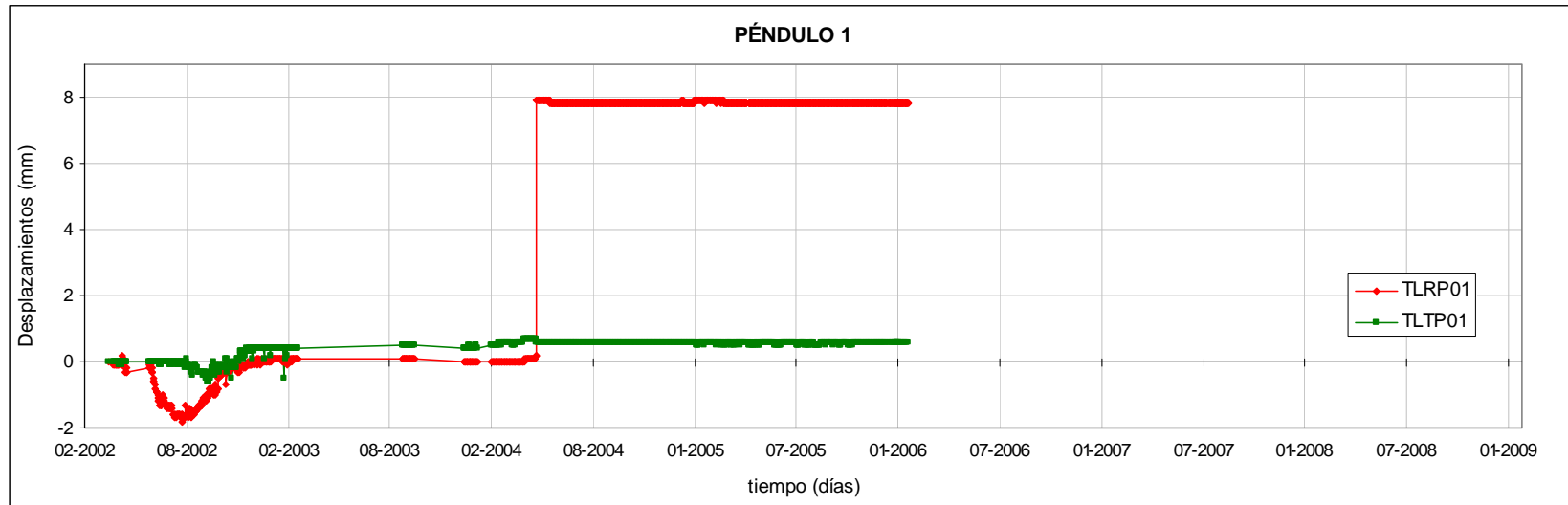


Gráfico D1. Evolución temporal de los movimientos tangenciales y radiales del péndulo directo.

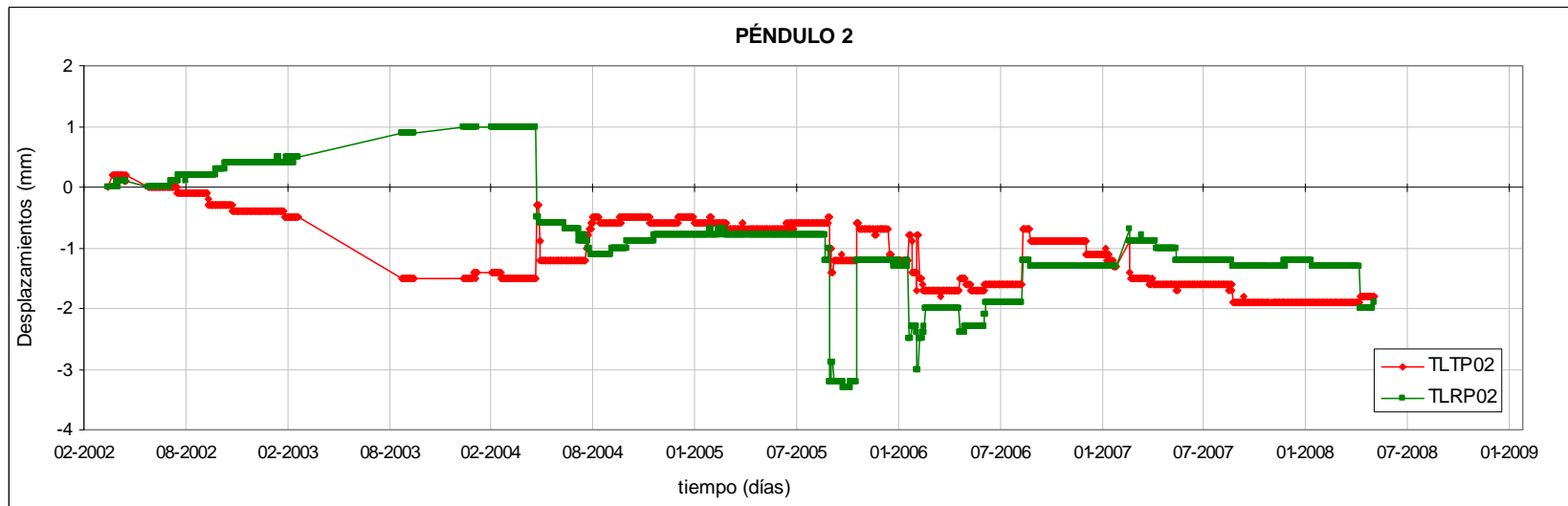


Gráfico D2. Evolución temporal de los movimientos tangenciales y radiales del péndulo inverso.

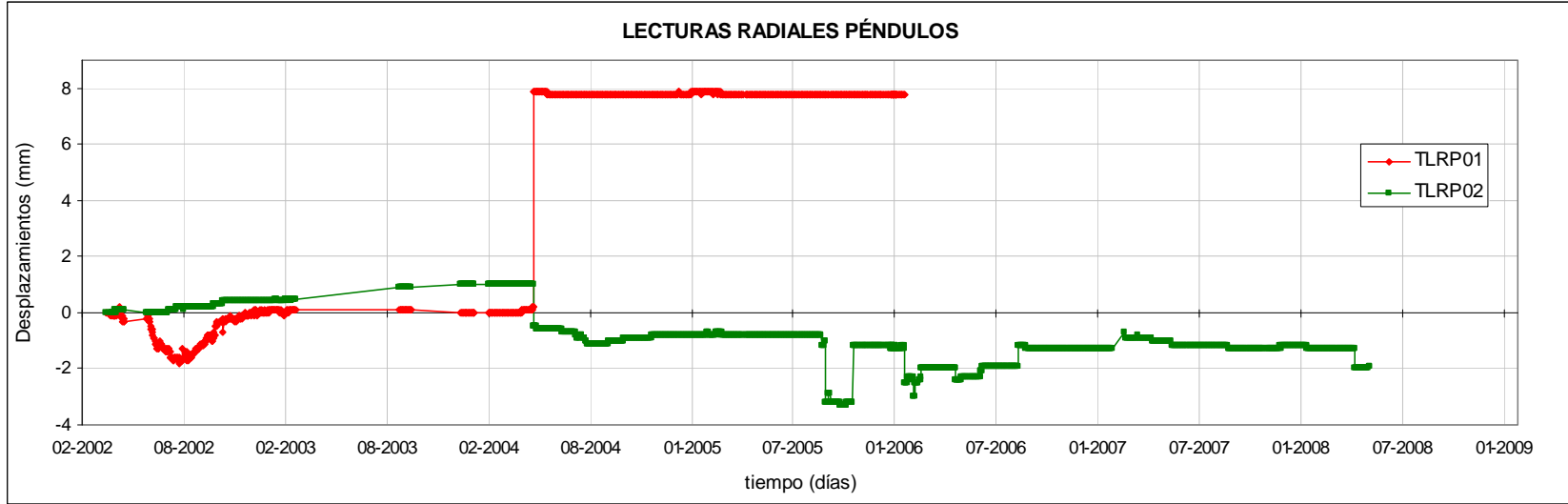


Gráfico D3. Evolución temporal de los movimientos radiales de los péndulos.

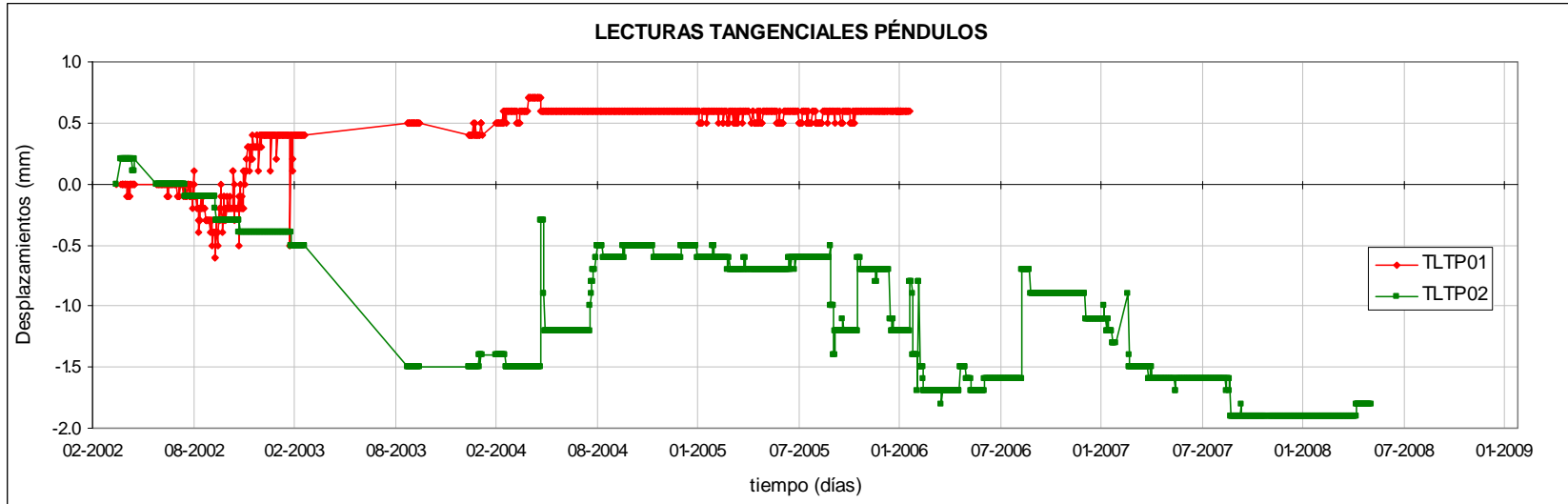


Gráfico D4. Evolución temporal de los movimientos tangenciales de los péndulos.

Anejo N° 3:

LISTADO CON LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN

ADHERIDO A LA PARTE INTERIOR DE LA PORTADA PRINCIPAL SE ADJUNTA UN CD CON LOS DATOS DE LAS VARIABLES EXTERIORES Y DE CONTROL

INDICE DEL ANEJO 3

A. VARIABLES EXTERIORES

1. Nivel de Embalse
2. Precipitación Diaria
3. Temperatura Media y Máxima Diaria

B. PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE

C. AFORADORES

1. Aforador 1
2. Aforador 2

D. PÉNDULOS

Anejo 4: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

1. Presa y Embalse



Fotografía 1: Vista frontal de la casa de administración de la presa de Guiamets.



Fotografía 2: Vista de la caseta del Sistema Automático de Información Hidrológica



Fotografía 3: Vista lateral de la presa desde aguas arriba



Fotografía 4: Vista de la coronación de la presa



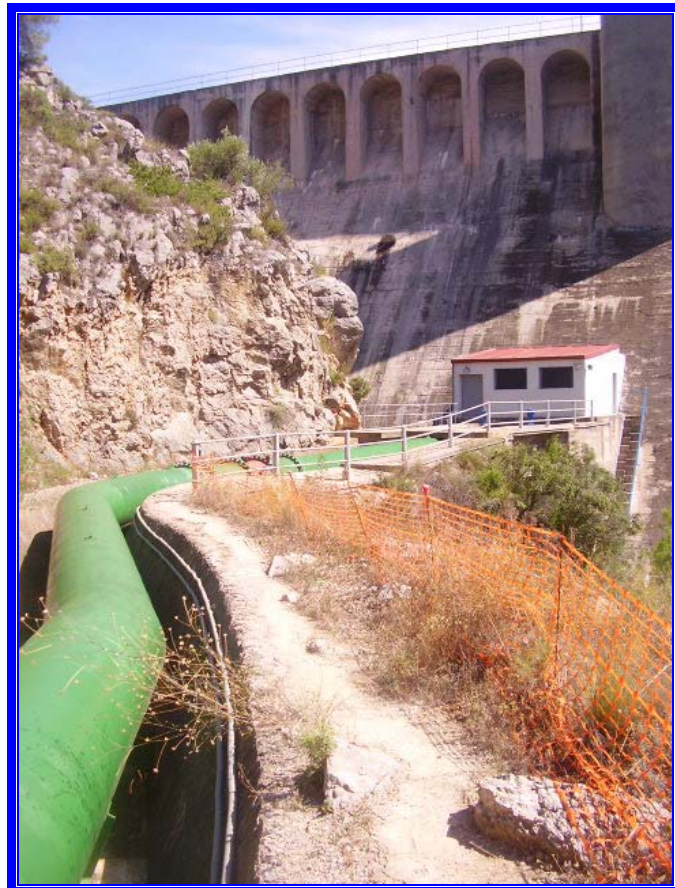
Fotografía 5: Vista de la presa desde aguas abajo



Fotografía 6: Vista del embalse desde la coronación



Fotografía 7: Vista frontal del aliviadero lateral de la presa



Fotografía 8: Vista frontal de la presa y de la tubería de abastecimiento de riego



Fotografía 9: Vista frontal desde pie de presa, se observan zonas húmedas



Fotografía 10 :

Zona húmeda en paramento aguas abajo de la presa, vista desde la coronación



Fotografía 11: Filtración localizada en la roca del estribo derecho.



Fotografía 12: Galería inferior de la presa



Fotografía 13 : Escalera ciega entre galería inferior y superior.



Fotografía 14 : Restos calcáreos debido a filtraciones



Fotografía 15: Galería inferior completamente húmeda debido a las filtraciones

2. Sistema de Auscultación



Fotografía 16: Medidor de apertura de juntas



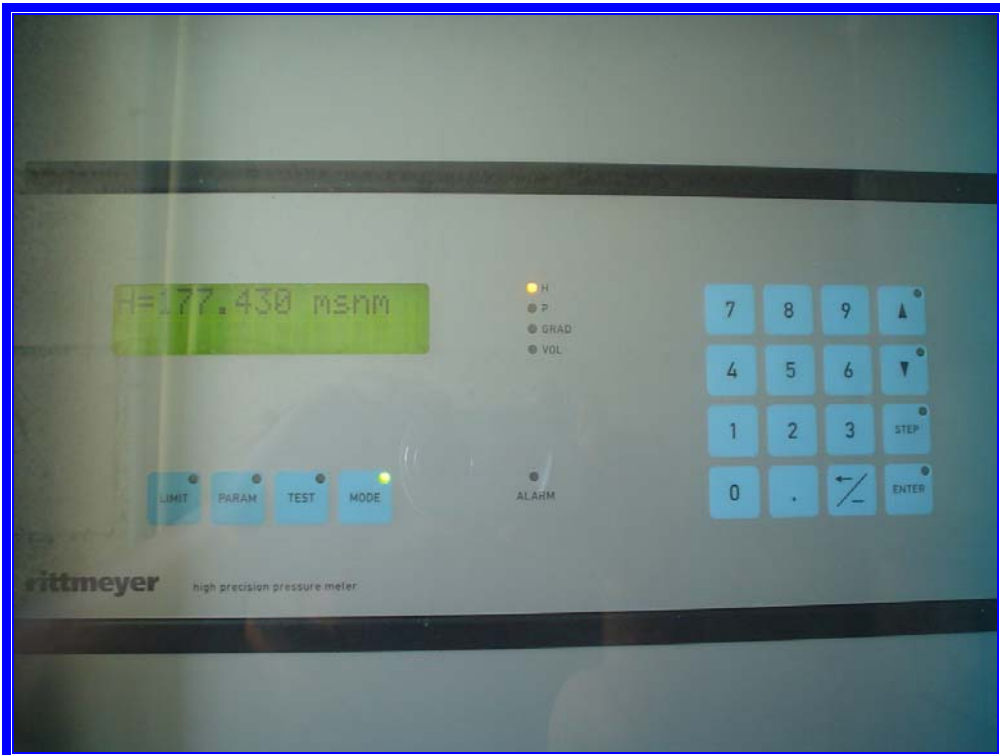
Fotografía 17 : Péndulo directo



Fotografía 18 : Aforador tipo Thomson



Fotografía 19: Dren Rezumando



Fotografía 20: Lector de la balanza limnimétrica



Fotografía 21: Pilares topográficos



Fotografía 22: Armario Profibus

**ANEJO Nº 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE
LA PRESA DE GUIAMETS A FECHA 31/12/2008**

**ANEJO Nº 5. INFORME DE ESTADO DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA
PRESA DE GUIAMETS 31/12/2008**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE GUIAMETS.....	5
2.1 VARIABLES EXTERIORES	6
2.1.1 Medida del nivel del embalse	6
2.1.2 Datos meteorológicos.....	6
2.2 VARIABLES CONTROL.....	7
2.2.1 CONTROL TOPOGRÁFICO DE MOVIMIENTOS EN CORONACIÓN POR COLIMACIÓN	7
2.2.2 CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES ABSOLUTOS MEDIANTE PÉNDULOS DIRECTOS E INVERTIDOS.....	7
2.2.3 CONTROL DE MOVIMIENTO DE JUNTAS.....	8
2.2.4 AFORO DE FILTRACIONES	9
2.2.5 MEDIDAS DE SUBPRESIONES	10
3. CUADRO RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE GUIAMETS A FECHA 31/12/2008.....	11
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14

1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe de situación del Sistema de Auscultación se redacta en cumplimiento del contrato:

“ELABORACIÓN DE INFORMES DE COMPORTAMIENTO Y REVISIÓN DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y CONTROL, ELEMENTOS HIDROMECAÑICOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DE GESTIÓN DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LAS PRESAS DE TITULARIDAD ESTATAL EN EXPLOTACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO”.

El objetivo de este documento es analizar el estado del sistema de auscultación de la Presa de Guiamets, describiendo la instrumentación instalada en la presa, indicando sus deficiencias y recomendando posibles actuaciones relativas a dicho sistema, con el fin de que el control de la presa sea lo más completo y útil posible.

La redacción de este Informe se ha basado en la visita que el equipo de ingenieros de la UPV, realizó a la presa.

La visita tuvo lugar el día 12 de septiembre de 2008, a la cual asistieron:

- Por parte de la Universidad Politécnica de Valencia: Ignacio Escuder Bueno
Luis García Kabbabe
Carlos Riera Planells
José Daniel Rosales Maniglia
- Por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro: Joan Carreté

Además de las observaciones hechas en la visita, los datos recogidos y las fotografías tomadas en la misma, la redacción de este informe se ha apoyado en el Documento XYZT de la Presa de Guiamets, elaborado por U.T.E. INCLAM/SURGE.

Para mayor claridad en la exposición, el estudio se ha realizado dividiendo los aparatos por tipologías, incluyéndose en el Apartado 3 una tabla resumen de la situación de los

aparatos que permite dar una impresión global de la situación de la auscultación de la presa de Guiamets.

2. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE GUIAMETS

El sistema de auscultación instalado permite realizar un control sistemático de distintas variables exteriores y de control, estos controles se indican a continuación.

Los criterios que se han adoptado para ubicar los equipos de auscultación en la presa de Guiamets han sido los siguientes:

- Considerar la presa de Guiamets como un conjunto único formado por estructura y cimentación.
- Distribuir los equipos de forma que proporcionen la información más completa sobre el comportamiento de las zonas más significativas de la presa.
- Tener un control de las juntas de construcción transversales ante las distintas sollicitaciones.
- Comprobar la estabilidad de la presa y su comportamiento durante las fases de construcción.
- Permitir la implantación de un sistema automatizado de adquisición de los datos de auscultación, hecho éste fundamental para un correcto seguimiento de los datos obtenidos.

Los controles realizados para el seguimiento y vigilancia del comportamiento de la presa de Guiamets, son los siguientes:

- Controles sistemáticos o de seguridad. Tienen por objeto comprobar de modo rápido y sencillo el correcto funcionamiento de la presa o si se produce una anomalía que ponga en peligro su seguridad. Estos controles consisten en:
 - Auscultación hidráulica: medición de subpresiones y aforo de filtraciones en las galerías.
 - Desplazamientos relativos: giros en la estructura (péndulo directo) y movimientos en las juntas entre bloques.
 - Desplazamientos totales: movimientos horizontales absolutos en coronación (colimación topográfica), movimientos horizontales absolutos

en cimentación y en coronación de presa (conjunto de péndulos coordinados directo/invertido) y movimientos verticales y asientos en coronación (nivelación topográfica).

- Controles de cargas y ambientales, que constituyen un complemento para la correcta interpretación de los datos anteriormente obtenidos por los controles de seguridad que consisten básicamente en el control de los niveles de embalse.

En los puntos siguientes se exponen los diferentes sistemas de auscultación instalados en la presa de Guiamets, agrupados en función del tipo de información que aportan acerca del comportamiento y funcionamiento de la misma.

La situación de todos los equipos de auscultación se observan en los planos 3 al 7 correspondientes al Anejo 1.

2.1 VARIABLES EXTERIORES

2.1.1 Medida del nivel del embalse

Se controla mediante un limnígrafo eléctrico del Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) que se incorpora al Sistema Automático de adquisición de datos en la coronación de la presa. Estos equipos se encuentran en buen estado.

2.1.2 Datos meteorológicos

La presa dispone de los aparatos del Sistema Automático de Información Hidrológica (S.A.I.H.) para registrar el resto de las variables exteriores.

2.2 VARIABLES CONTROL

2.2.1 CONTROL TOPOGRÁFICO DE MOVIMIENTOS EN CORONACIÓN POR COLIMACIÓN

2.2.1.1 Descripción del control instalado

Este control se realiza mediante un sistema de auscultación topográfica por colimación recta, el cual consta de:

- 10 clavos de nivelación / colimación en coronación, colocados uno en cada bloque principal más otro en las proximidades del aliviadero.
- 10 clavos de nivelación adicionales colocados en el terreno, en ambas márgenes de la presa (4 en la margen izquierda y 6 en la derecha).
- 2 pilares de observación alineados de nivelación / colimación de coronación, instalados uno en cada margen.

2.2.1.2 Estado actual

Actualmente no se realizan campañas topográficas en la presa.

2.2.2 CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES ABSOLUTOS MEDIANTE PÉNDULOS DIRECTOS E INVERTIDOS.

2.2.2.1 Descripción del control instalado

Este conjunto de péndulos controla la vertical correspondiente a la sección donde está instalado (el taladro existente en el bloque 4), entre la coronación de la presa y el cimiento de la misma.

El péndulo directo se ha instalado en el taladro existente, desde coronación donde está situado el anclaje superior hasta la galería de la presa, ahí se ha realizado un ensanche en el que se ha colocado el conjunto peso-depósito y los dispositivos a medida y además se realiza la coordinación de los péndulos.

El péndulo invertido se instala a continuación del directo, en su misma vertical. Comienza en el ensanche del taladro existente y termina en la cimentación de la presa, atravesando el macizo de hormigón y penetrando la roca del cimientado, donde se ha instalado en anclaje de fondo.

La lectura de los péndulos se realiza de forma manual, con una plancheta ortogonal colocada en todos los puntos de control considerados, y de forma automatizada, con dos teledistancios de péndulos en cada punto de control. Estos teledistancios se han centralizado al armario, situado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo del Sistema Automático.

2.2.2.2 Estado actual

Se disponen de lecturas de movimientos radiales y tangenciales desde febrero de 2002 hasta julio de 2008 (estos datos son inconsistentes durante todo el período). Además, el Documento XYZT menciona que los péndulos directos e invertidos tienen movimientos erráticos.

2.2.3 CONTROL DE MOVIMIENTO DE JUNTAS

2.2.3.1 Descripción del control instalado

El control de movimientos de las juntas entre bloques se realiza en coronación y en las galerías de la presa mediante la instalación de 10 medidores XYZ de control tridimensional externo de juntas, los cuales se han instalado en el interior del cuerpo de presa, en la pared de aguas arriba y en coronación ubicados en el interior de unas arquetas cuyas tapas están enrasadas con la calzada.

2.2.3.2 Estado actual

Actualmente no se disponen de lecturas de movimiento de aperturas de juntas.

2.2.4 AFORO DE FILTRACIONES

2.2.4.1 Descripción del control instalado

Todas las filtraciones de la presa, conducidas por las cunetas de las galerías, se recogen el fondo del pozo del montacargas, expulsándose al exterior mediante bombeo.

Dadas las pendientes de las galerías y los puntos de recogida de las aguas procedentes del drenaje y filtraciones, se han dispuesto dos vertederos triangulares de pared delgada en el interior del tramo horizontal de la galería perimetral de la presa.

Las 2 estaciones de aforos (a cada margen) instaladas tienen como objetivo controlar los caudales recogidos para determinar en caso de aumento puntual y localizado la zona en que se pueda producir alteraciones en las pantallas de drenaje e impermeabilización. Los aforadores están basados en la utilización de un vertedero triangular tipo Thomson, contruidos en acero inoxidable.

Estas 2 estaciones controlan dichas filtraciones de manera manual y automatizada, mediante un sensor de medición de niveles, conectado al Sistema Automático de Adquisición de datos situado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo.

2.2.4.2 Estado actual

Los dos aforadores situados en la galería inferior de la presa, AF1 que registra filtraciones de la margen derecha y AF2 que lee caudales de la margen izquierda, se encuentran en buenas condiciones y registran datos diarios.

2.2.5 MEDIDAS DE SUBPRESIONES

2.2.5.1 Descripción del control instalado

Para controlar las subpresiones en los cimientos se han colocado 10 piezómetros de cuerda vibrante distribuidos en seis secciones transversales de control, en 2 de las secciones se colocó un piezómetro y en el resto 2 piezómetros por cada sección.

Todos los piezómetros están instalados en el cimiento de la presa, a 1,5 m. por debajo del contacto roca-hormigón. Con esta distribución además de disponer de mediciones de subpresiones en una zona muy extensa del perfil longitudinal de la presa también se facilita el conocimiento de la ley de subpresiones en el contacto en todas las secciones transversales de la presa.

La centralización de los piezómetros PCV-2 al PCV-8 se realiza en el armario ubicado en la cámara de válvulas de seguridad del desagüe de fondo y los piezómetros PCV-1, PCV-9 y PCV-10 se han centralizado en el armario situado en coronación, justo en la torre de acceso al pozo existente para el montacargas, a través de los cuales se integran al Sistema Automático de Adquisición de datos.

2.2.5.2 Estado actual

Los 10 piezómetros de cuerda vibrante instalados en la cimentación de la presa, registran lecturas automáticas.

3. CUADRO RESUMEN DE LA SITUACIÓN DE LOS APARATOS DE AUSCULTACIÓN DE LA PRESA DE GUIAMETS A FECHA 31/12/2008.

Con todos los aspectos analizados en los epígrafes precedentes, se ha confeccionado la tabla resumen. En ella se informa el estado de los aparatos instalados en la presa de Guiamets a fecha 31/12/2008, dando como resultado que un 31 % del número total de instrumentos instalados a lo largo de la historia de la presa continúan operativos en la actualidad.

VARIABLE AUSCULTADA	SENSOR / INSTRUMENTO / EQUIPO	NÚMERO TOTAL SENSORES	NÚMERO DE SENSORES OPERATIVOS	NÚMERO SENSORES NO OPERATIVOS	PORCENTAJE DE SENSORES OPERATIVOS
Nivel de embalse	Limnógrafo eléctrico (SAIH)	1	1	0	100%
Precipitación	Pluviómetro (SAIH)	1	1	0	100%
Temperatura del aire	Termómetro (SAIH)	1	1	0	100%
Caudales y filtraciones	Aforadores triangulares Thomson	2	2	0	100%
Subpresiones	Piezómetros	10	10	0	100%
Apertura de juntas	Medidores XYZ tridimensionales	10	0	10	0%
Movimientos radiales y tangenciales	Péndulo directo	1	0	1	0% ⁽¹⁾
	Péndulo invertido	1	0	1	0% ⁽¹⁾
Auscultación topográfica	Pilares de observación	2	0	2	0%
	10 Clavos mixtos (nivelación-colimación)	10	0	10	0%
	10 Clavos para nivelación topográfica	10	0	10	0%

TOTAL PUNTOS DE CONTROL: 49 15 34 31%

Nota:

(1). Sólo se dispone de lecturas desde enero de 2003 hasta mayo de 2008

Tabla. Situación del sistema de auscultación instalado en la presa de Guiamets al día 31/12/2008.

4. CONCLUSIONES.

Se puede decir que, en general el sistema actual de auscultación existente en la presa de Guiamets es deficiente ya que sólo se encuentran operativos y registran lecturas un 31 % de los instrumentos. Con todo es pertinente destacar, a modo de conclusión del presente anejo, algunos aspectos importantes:

- 1) Actualmente no se realizan campañas topográficas.
- 2) No se registran lecturas de péndulos ni de control de juntas.
- 3) La situación de los dispositivos de: aforo de caudales (filtraciones), subpresiones (piezómetros de cuerda vibrante) y variables exteriores; es en general buena.

Para corregir las deficiencias que se han encontrado en el sistema de auscultación de la presa, se plantean una serie de recomendaciones en el siguiente capítulo.

5. RECOMENDACIONES

Se dan las siguientes recomendaciones:

- Realizar campañas topográficas.
- Realizar medidas de apertura de juntas.
- Realizar lecturas de movimientos tangenciales y radiales mediante los péndulos instalados
- Hacer controles mediante documentación fotográfica de las filtraciones que se presentan en la superficie del paramento de aguas abajo de la presa.
- Vigilar la filtración existente en la parte inferior del estribo derecho de la presa a través de la roca.

Valencia, Junio de 2009

ANEJO Nº 6. MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN

ANEJO Nº 6. MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS DE AUSCULTACIÓN**ÍNDICE**

1. OBJETO Y ALCANCE.....	3
2. PLANTEAMIENTO DE LA MODELACIÓN.....	4
3. MODELACIÓN ESTADÍSTICA.....	5
3.1 CONTROL DE FILTRACIONES.....	5
3.1.1 AF1 (Margen derecha).....	5
3.1.2 AF2 (Margen izquierda).....	7
3.2 CONTROL DE SUBPRESIONES MEDIANTE PIEZÓMETROS.....	9
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	43
APÉNDICE 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MODELACIÓN ESTADÍSTICA.....	46
A1.1 INTRODUCCIÓN.....	46
A1.2 DATOS.....	47
A1.3 JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN.....	48
A1.3.1 Creación del modelo.....	49
A1.3.2 Identificación de los coeficientes.....	52
A1.3.3 Contraste del modelo y obtención del índice de tolerancia.....	52
A1.3.4 Estudio de tendencias.....	54

1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente Anejo a la Memoria consiste en la presentación detallada de todos los trabajos de modelación numérica de tipo estadística determinista realizados con los datos disponibles de las variables exteriores y de control de la presa de Guiamets, comprendidos entre septiembre de 2003 y diciembre de 2008.

En el período de estudio el embalse ha oscilado como se describe a continuación.

Durante septiembre de 2003 y diciembre de 2004 el nivel de agua se mantuvo alto, oscilando cerca de la cota 181,5 m.s.n.m., para luego comenzar un descenso brusco, debido a la gran sequía en la zona, hasta mediados de noviembre de 2005 cuando llegó hasta el nivel 173,1 m.s.n.m.

El 15 de noviembre de 2005 el embalse comienza a recuperar su volumen y en febrero de 2006 alcanza una cota de 180,5 m.s.n.m., nivel que se mantiene con pocas oscilaciones hasta mayo de 2006, fecha en la cual comienza el descenso hasta abril de 2007 llegando a la cota 174,4 m.s.n.m., el comportamiento del nivel de embalse no varía hasta abril de 2008.

A mediados de mayo de 2008 el nivel comienza a aumentar bruscamente y pasa de cota 173,6 a 178,9 m.s.n.m. en dos meses para luego descender y culminar el año en 176,6 m.s.n.m.

Establecidos unos criterios generales de modelización, para cada una de las series de datos estudiada y según las directrices establecidas (APÉNDICE 1), se aporta la representación gráfica del modelo ajustado, una tabla resumen con los valores obtenidos de los coeficientes así como los gráficos que muestran la repercusión de las variaciones de nivel de embalse, y temperaturas en su caso, sobre la variable de control. Adicionalmente, se estima la tendencia de dicha variable de control a través de la contabilización del conjunto de los efectos irreversibles en el tiempo.

Por último, a partir de todos los modelos numéricos confeccionados, se lleva a cabo una evaluación del comportamiento de la presa a través de la interpretación ingenieril de los resultados de los modelos.

2. PLANTEAMIENTO DE LA MODELACIÓN

El estudio de las series de datos mediante modelación estadística se aborda de manera completa para las secciones transversales auscultadas y representativas del comportamiento de la presa, así como para una serie de variables asociadas a las estructuras, las interacciones de éstas con el cuerpo de presa y las filtraciones a través de cimiento y cuerpo de presa.

Los modelos han sido realizados siguiendo la metodología establecida en el APÉNDICE 1 y presentan las siguientes características comunes:

- El tiempo origen de los efectos irreversibles (asociados fundamentalmente a fenómenos de fluencia) se ha establecido en el 1 de septiembre de 2002, justamente un año antes de la fecha a partir de la cual se conocen los primeros datos de las variables de control.
- El tiempo de comienzo del cálculo se ha establecido el 1 de septiembre 2003, debido a que es la primera fecha en la que se disponen de variables exteriores y variables de control.
- El período de contraste o comprobación se ha establecido a dos terceras partes del período de tiempo del cual se registran datos de cada variable de control.

3. MODELACIÓN ESTADÍSTICA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación estadística realizada a cada variable de control analizada. Sólo se muestran los gráficos considerados importantes y relevantes que ayudan a entender el comportamiento de la presa y la evolución de las lecturas del instrumento.

Es significativo destacar que los datos con los cuales se ha realizado la modelación son automáticos.

3.1 CONTROL DE FILTRACIONES

Este variables se controla a través de dos estaciones de aforo ubicadas a cada margen de la presa.

3.1.1 AF1 (Margen derecha)

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: AF1

Unidades

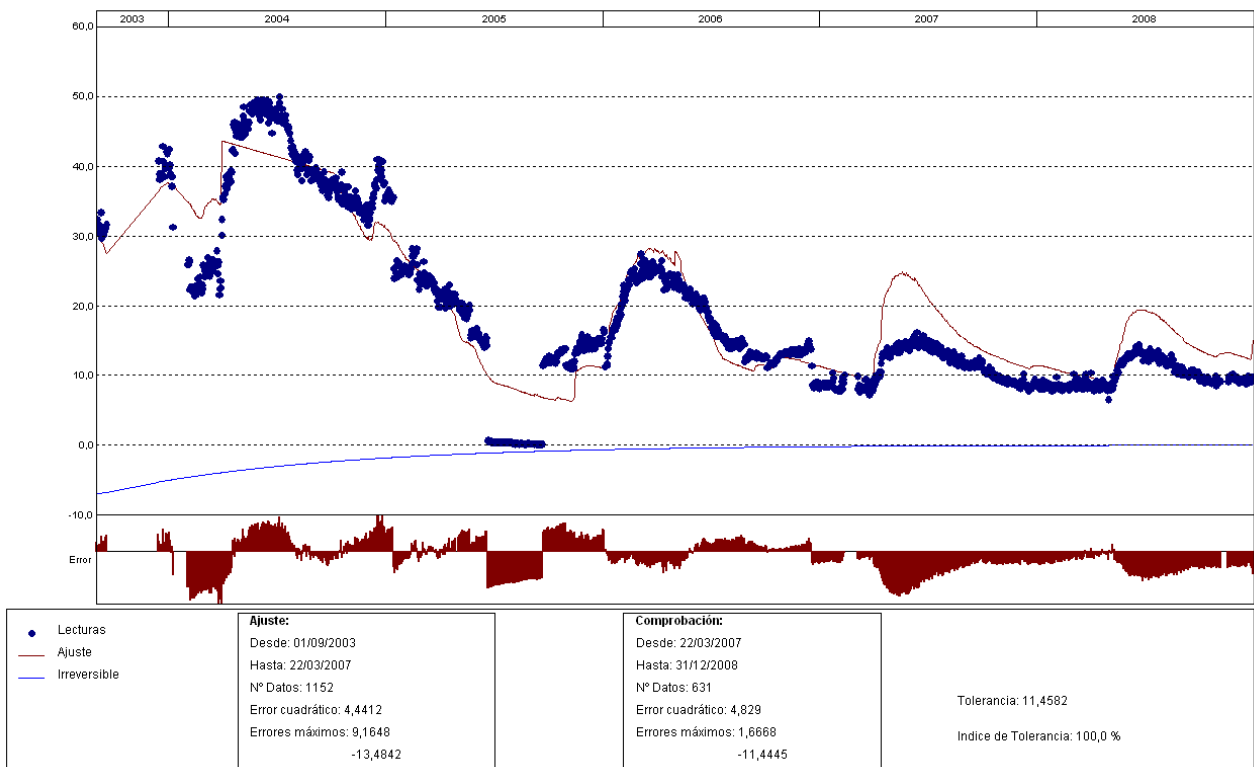


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: AF1

Unidades

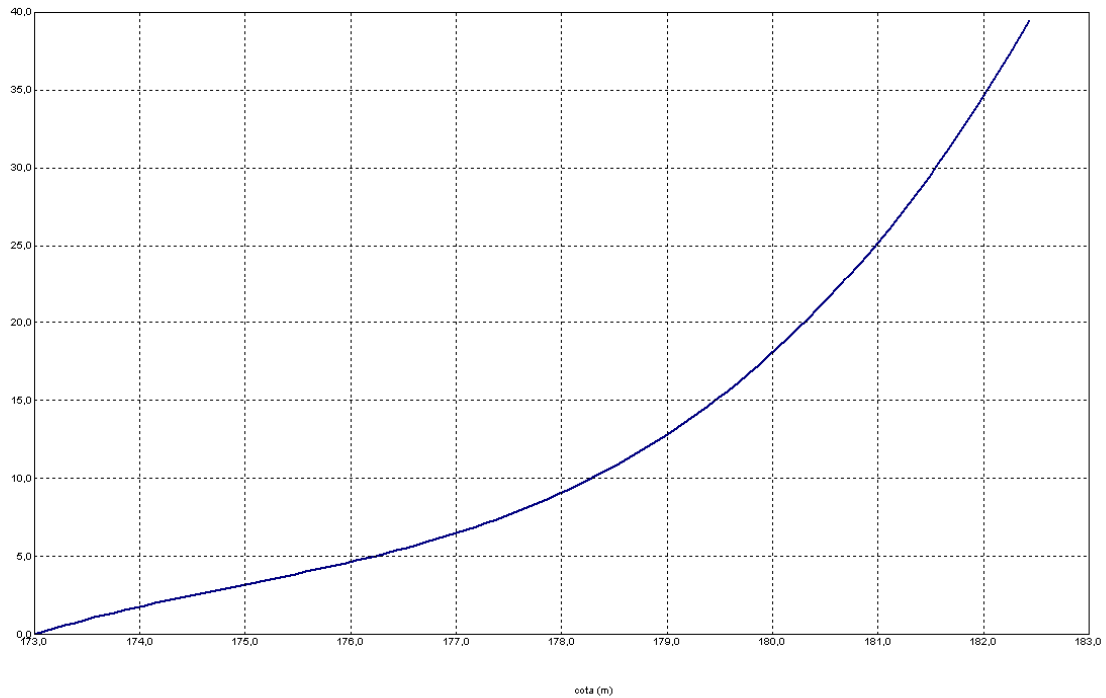


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: AF1

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2003

Función de Ajuste	Coficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,000	01/09/2003 al 22/03/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 1152
1-e^(-tiempo/365)	7,04893	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC	19,81349	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^2	-32,91046	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	53,68653	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,441159
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 9,164814
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -13,48424
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 11,45819
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 631
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 4,829023
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 1,666842
LL	0,000	Error Máximo negativo: -11,44454
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	0,000	

Tabla. Resumen de resultados

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: AF2

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	-3,34481	01/09/2003 al 22/03/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 1164
1-e ^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC	6,11052	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ²	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC ³	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,623191
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 25,62241
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -4,1135
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 4,187833
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 637
sen(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,5424536
cos(PT)*HC ²	0,000	Error Máximo positivo: 1,978007
LL	0,000	Error Máximo negativo: -1,585577
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	29,98022	

Tabla. Resumen de resultados

3.2 CONTROL DE SUBPRESIONES MEDIANTE PIEZÓMETROS

Este control se realiza mediante diez piezómetros de cuerda vibrante distribuidos en seis secciones transversales de control.

PCV1

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV1

Unidades

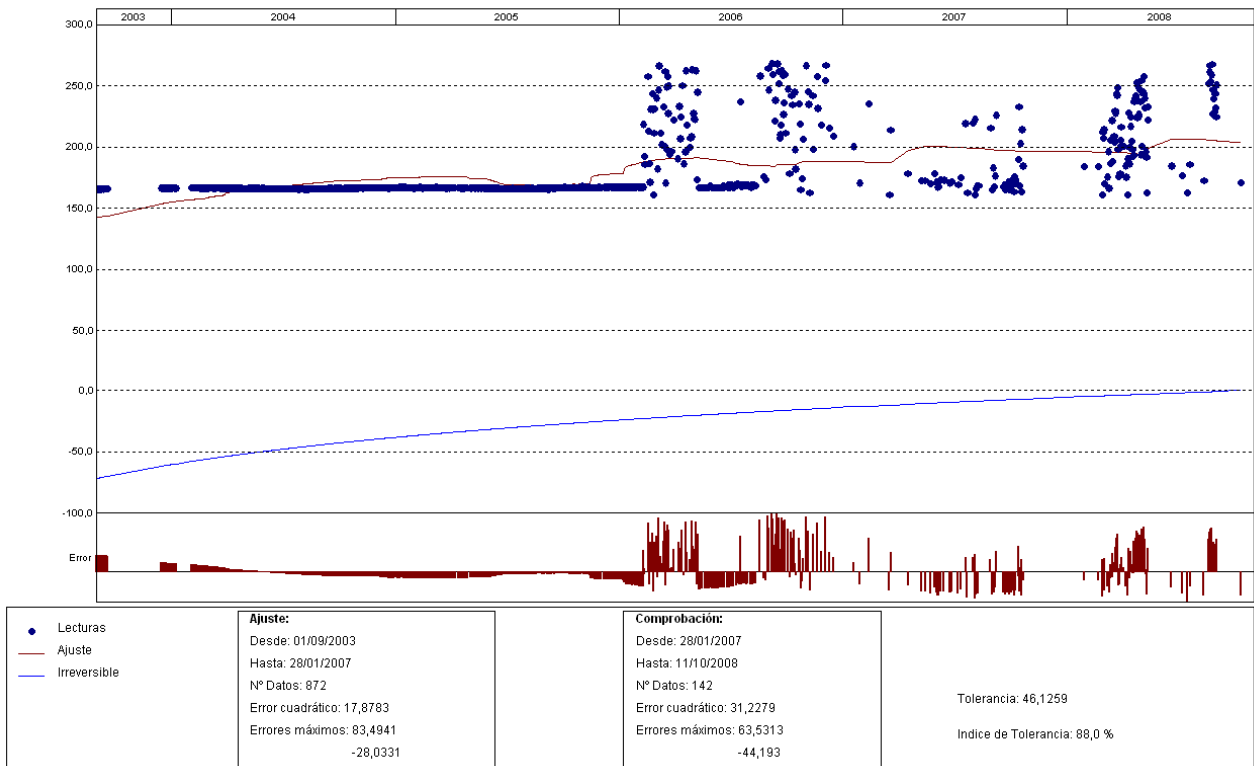


Gráfico. Ajuste estadístico

Únicamente se presenta el ajuste estadístico del piezómetro PCV-1, debido a la inconsistencia y dispersión en las de lecturas registradas a partir de febrero de 2006. Por esta razón se descarta el análisis del comportamiento de dicho instrumento.

PCV2

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV2

Unidades

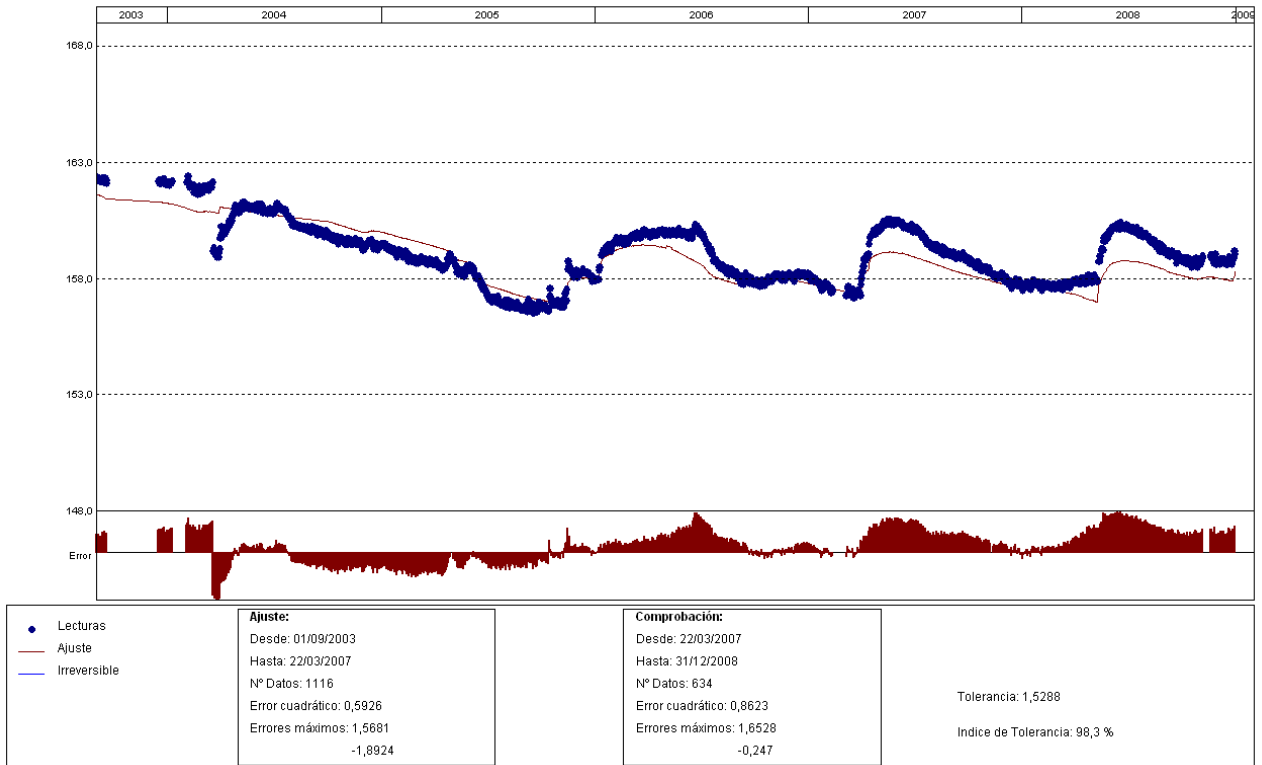


Gráfico. Ajuste estadístico

Debido a la inconsistencia y discontinuidad de los datos entre 01-09-2003 y 20-03-2004, se realiza un nuevo ajuste estadístico exceptuando este período, mencionado modelo se presenta a continuación.

PCV2 (Serie corregida)

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV2

Unidades

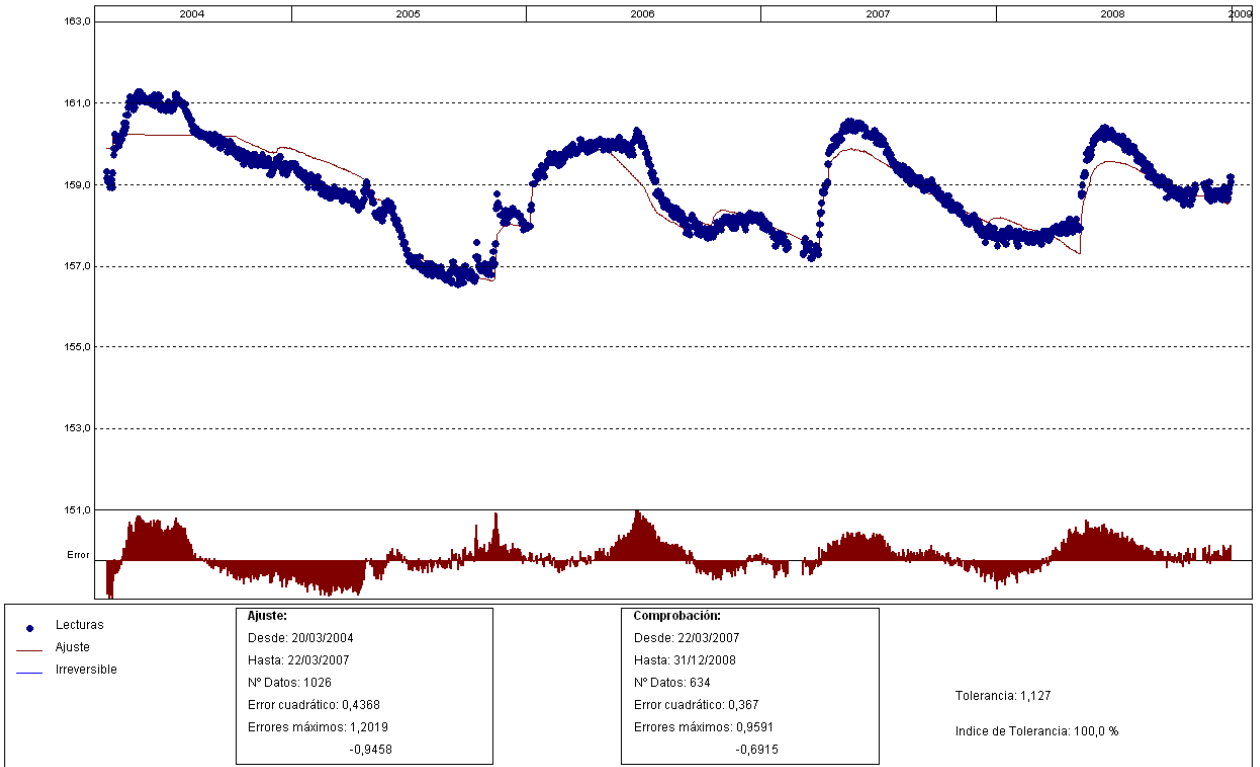
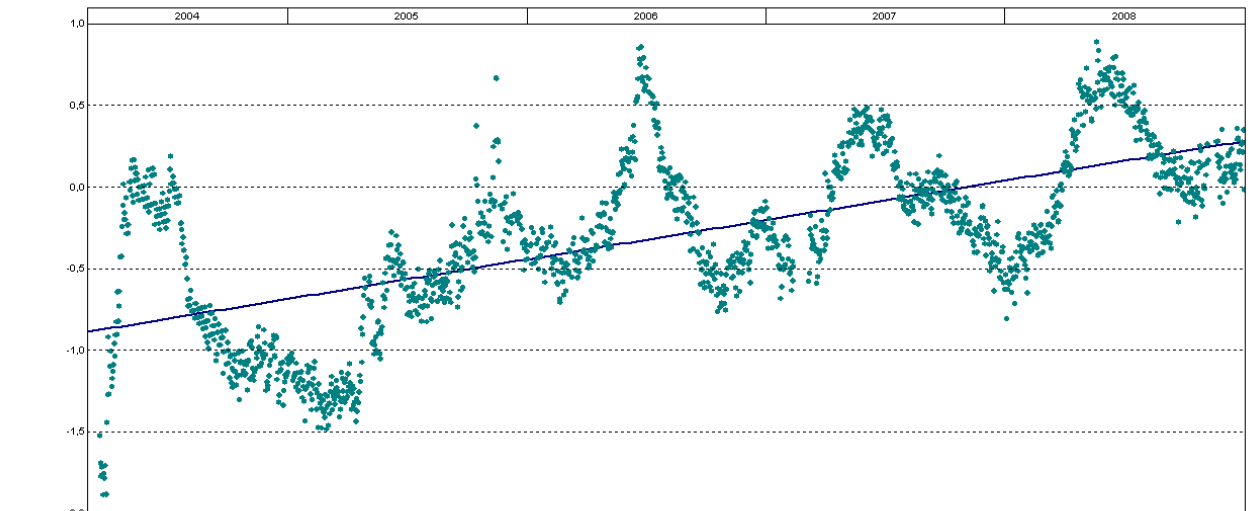


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PCV2

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // cor = 0,65 // media = -0,3002 // nº datos = 1659 // y99 = 1,0156 // pendiente media = 0,2418

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV2

Unidades

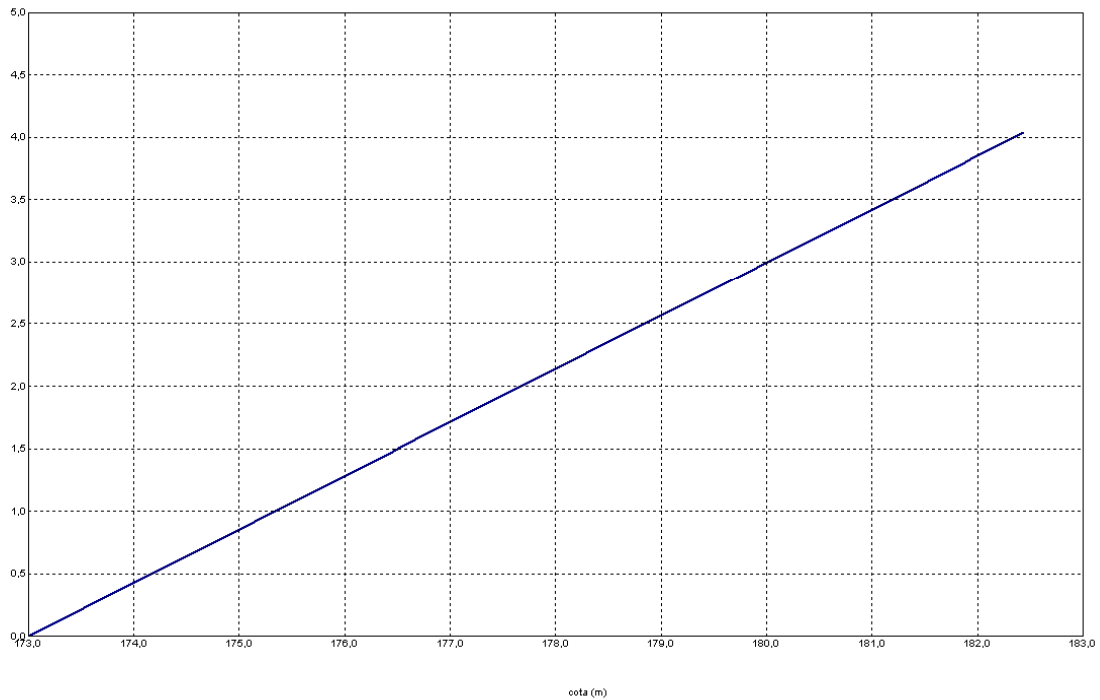


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV2

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coeficiente	Período de Ajuste
Ln(tiempo)	0,67409	20/03/2004 al 22/03/2007
1-1/Ln(tiempo)	0,000	Nº de datos: 1026
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC	4,07709	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^2	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
HC^3	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4368347
sen(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,201859
cos(PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,9458313
sen(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,127034
cos(2*PT)	0,000	
TD-TDC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	Nº de datos: 634
sen(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3669958
cos(PT)*HC^2	0,000	Error Máximo positivo: 0,959137
LL	0,000	Error Máximo negativo: -0,6914978
LLMM	0,000	Índice de Tolerancia: 100 %
T. independiente	151,8741	

Tabla. Resumen de resultados

PCV3

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV3

Unidades

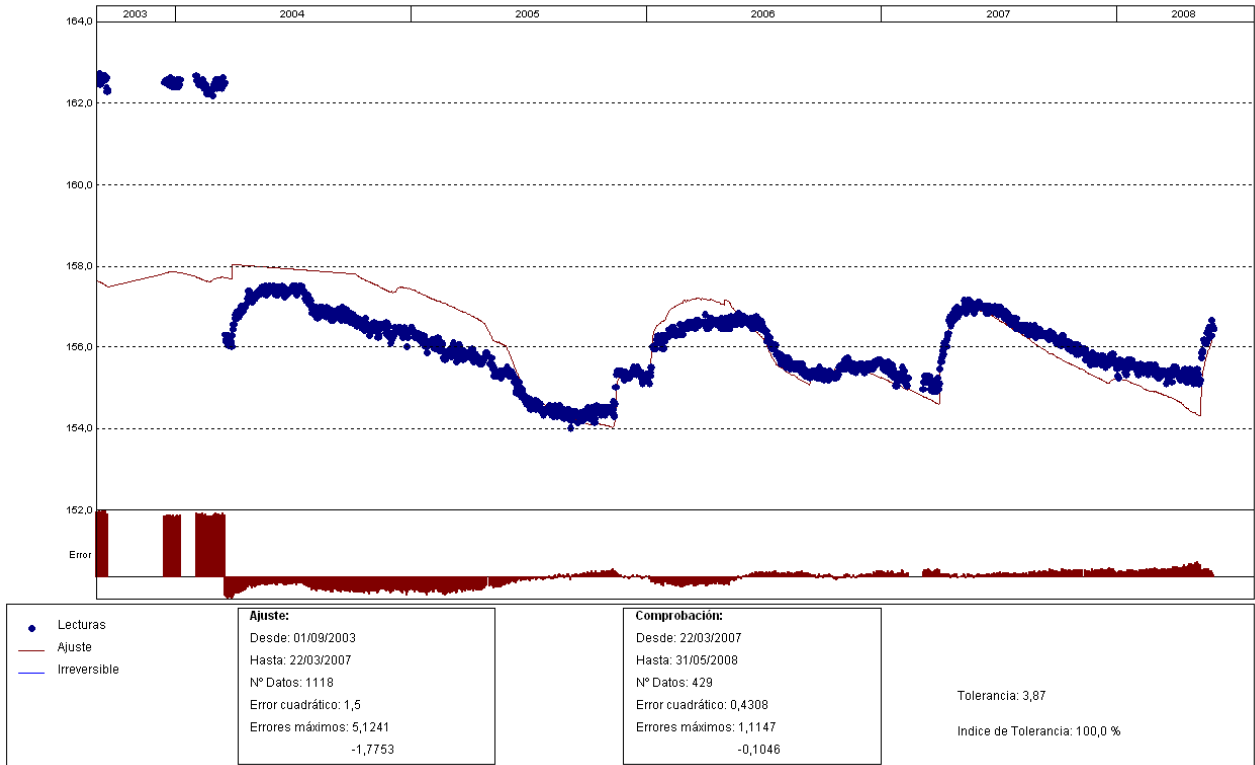


Gráfico. Ajuste estadístico

Por la inconsistencia y discontinuidad de los datos entre 01-09-2003 y 20-03-2004, se realiza un nuevo ajuste estadístico exceptuando este período, el nuevo modelo se presenta a continuación.

PCV3 (Serie corregida)

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV3

Unidades

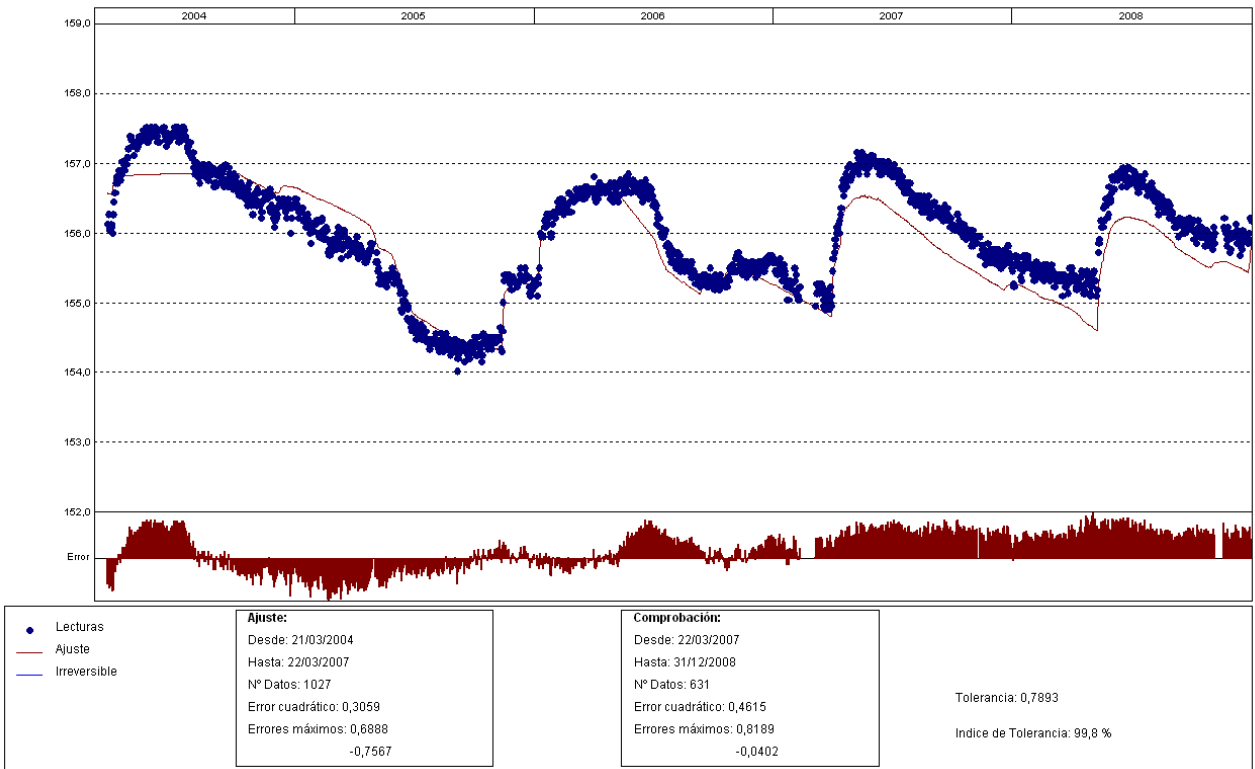
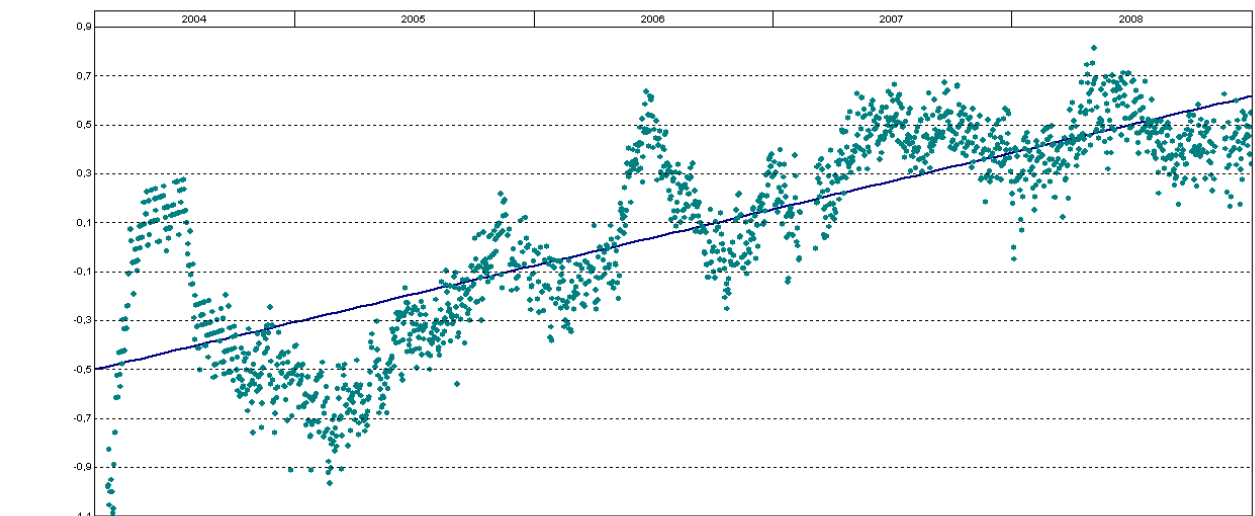


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PCV3

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // cor = 0,8 // media = 0,0612 // nº datos = 1657 // y99 = 0,619 // pendiente media = 0,2309

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV3

Unidades

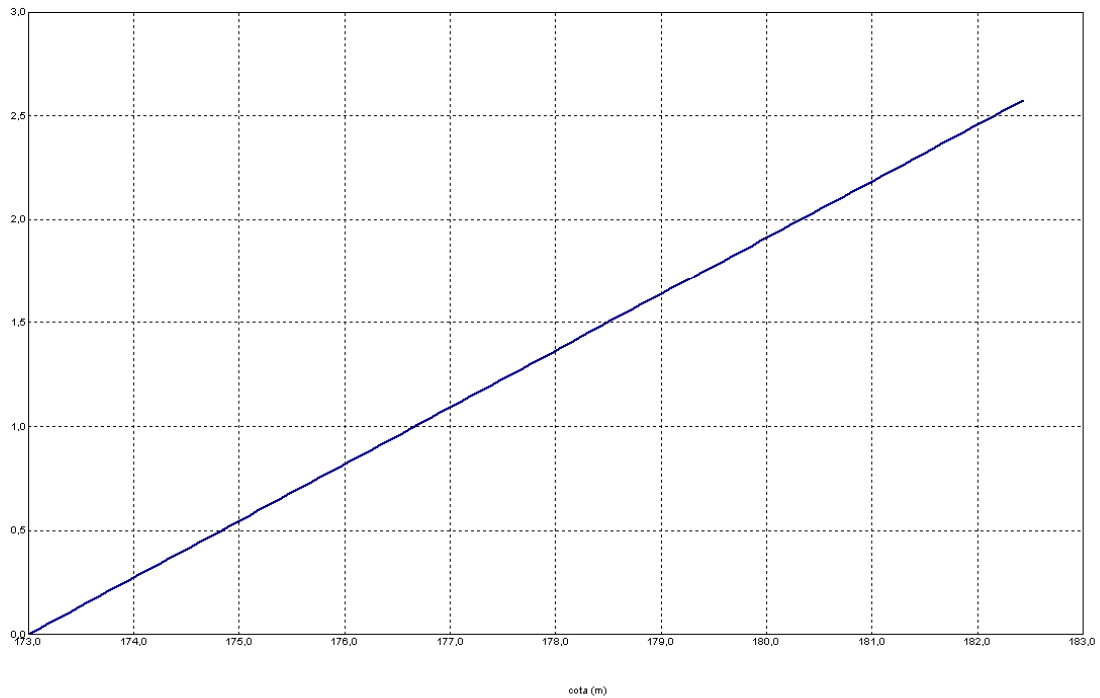


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV3

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	21/03/2004 al 22/03/2007
1-e^(-tiempo/365)	2,53698	Nº de datos: 1027
HC	2,92611	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,3059479
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,6888275
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,7566681
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7893456
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 631
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4614919
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8188629
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,020691E-02
T. independiente	151,8795	Índice de Tolerancia: 99,84152 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV4

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV4

Unidades

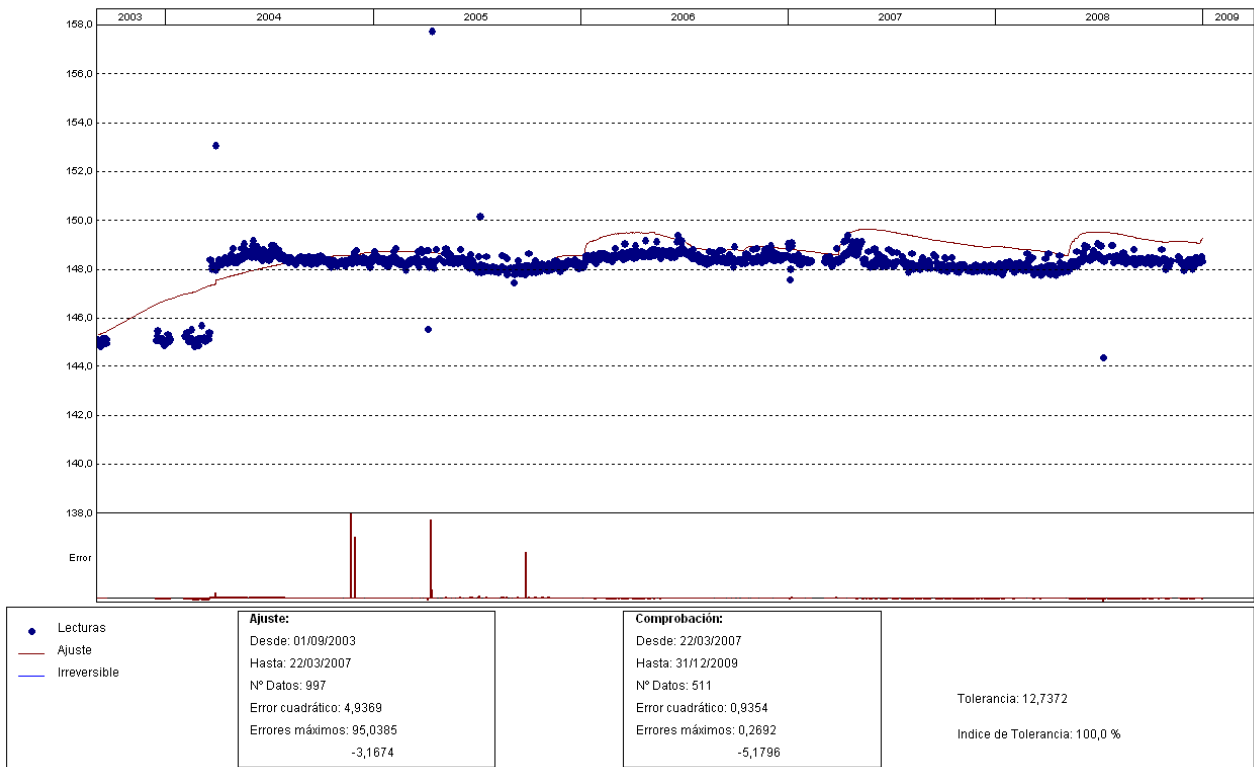


Gráfico. Ajuste estadístico

Por la inconsistencia y discontinuidad de los datos entre 01-09-2003 y 20-03-2004, se realiza un nuevo ajuste estadístico exceptuando este período, el modelo mencionado se presenta a continuación.

PCV4 (Serie corregida)

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV4

Unidades

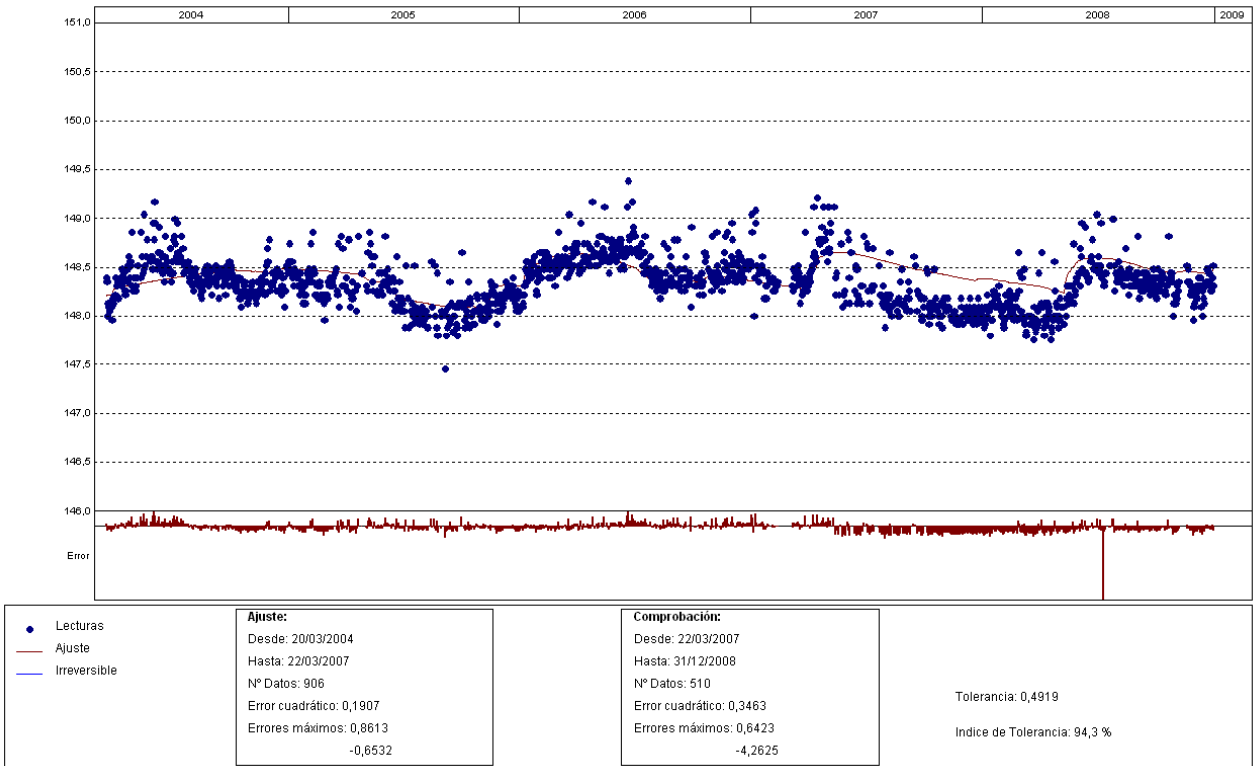


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV4

Unidades

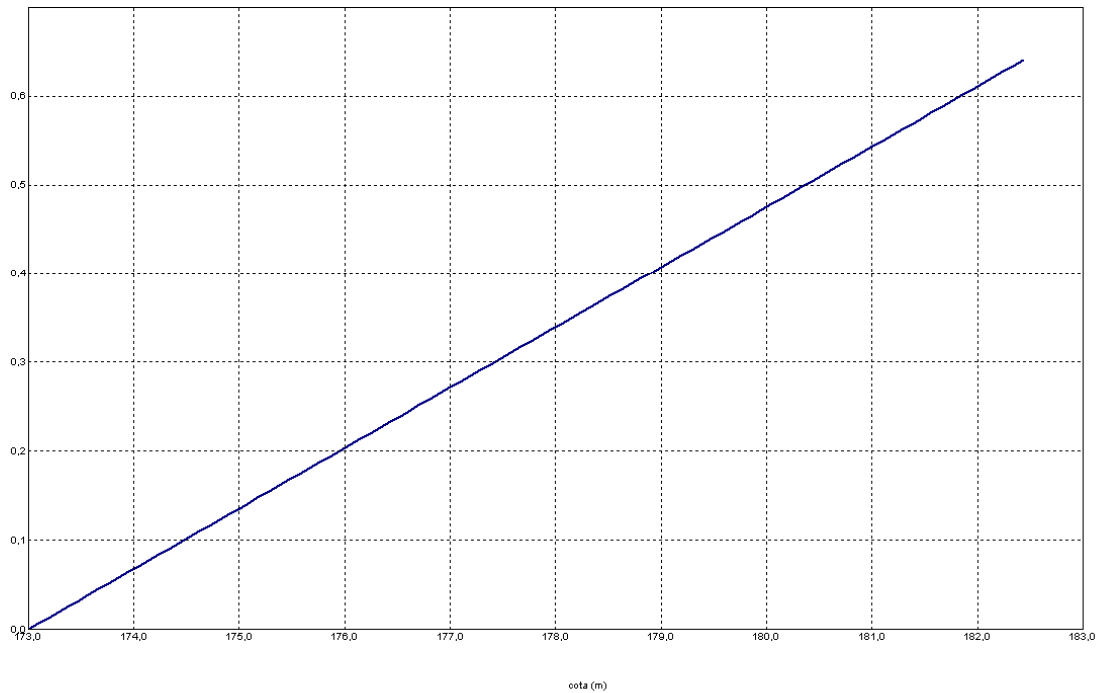


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV4

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	2,77764	Nº de datos: 906
HC	0,647	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,1906699
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,8613281
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,6531677
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,4919283
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 510
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,346322
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,6423492
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -4,262466
T. independiente	145,4269	Índice de Tolerancia: 94,31373 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV5

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV5

Unidades

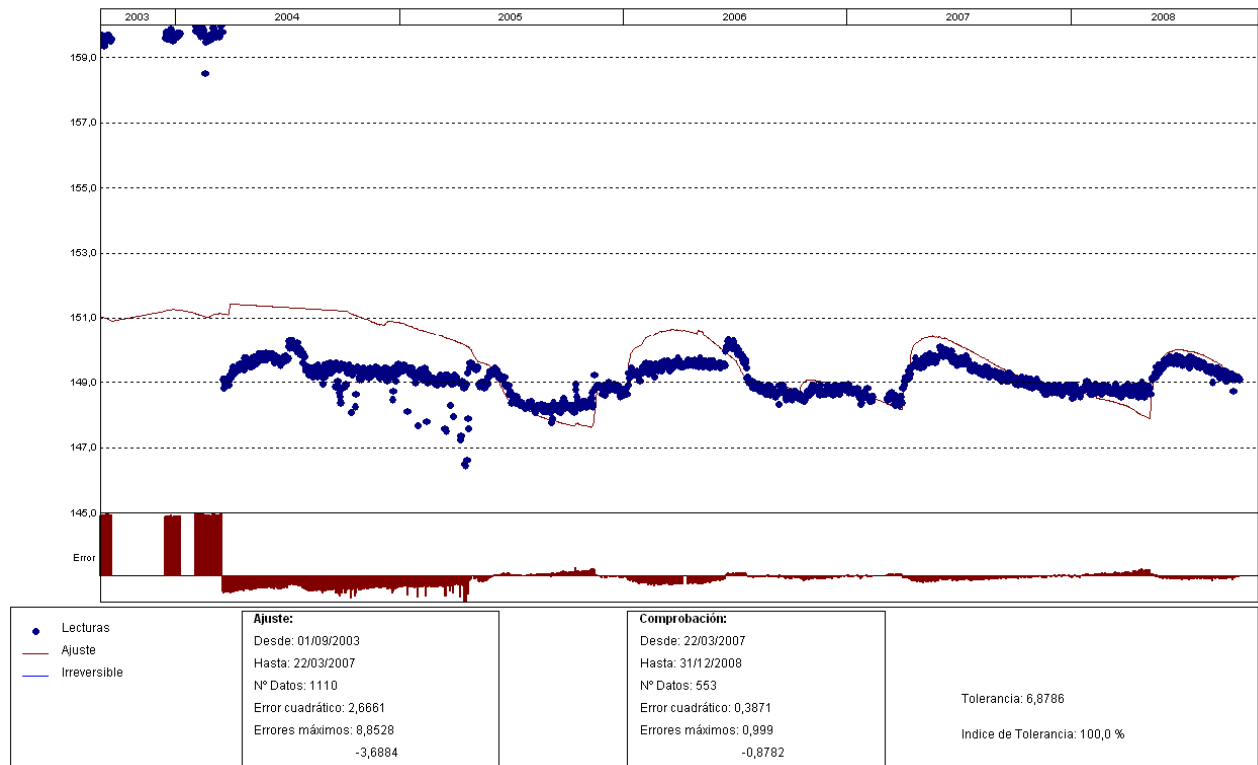


Gráfico. Ajuste estadístico

Debido a la inconsistencia y discontinuidad de los datos entre 01-09-2003 y 20-03-2004, se realiza un nuevo ajuste estadístico exceptuando este período, el modelo mencionado se presenta a continuación.

PCV5 (Serie corregida)

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV5

Unidades

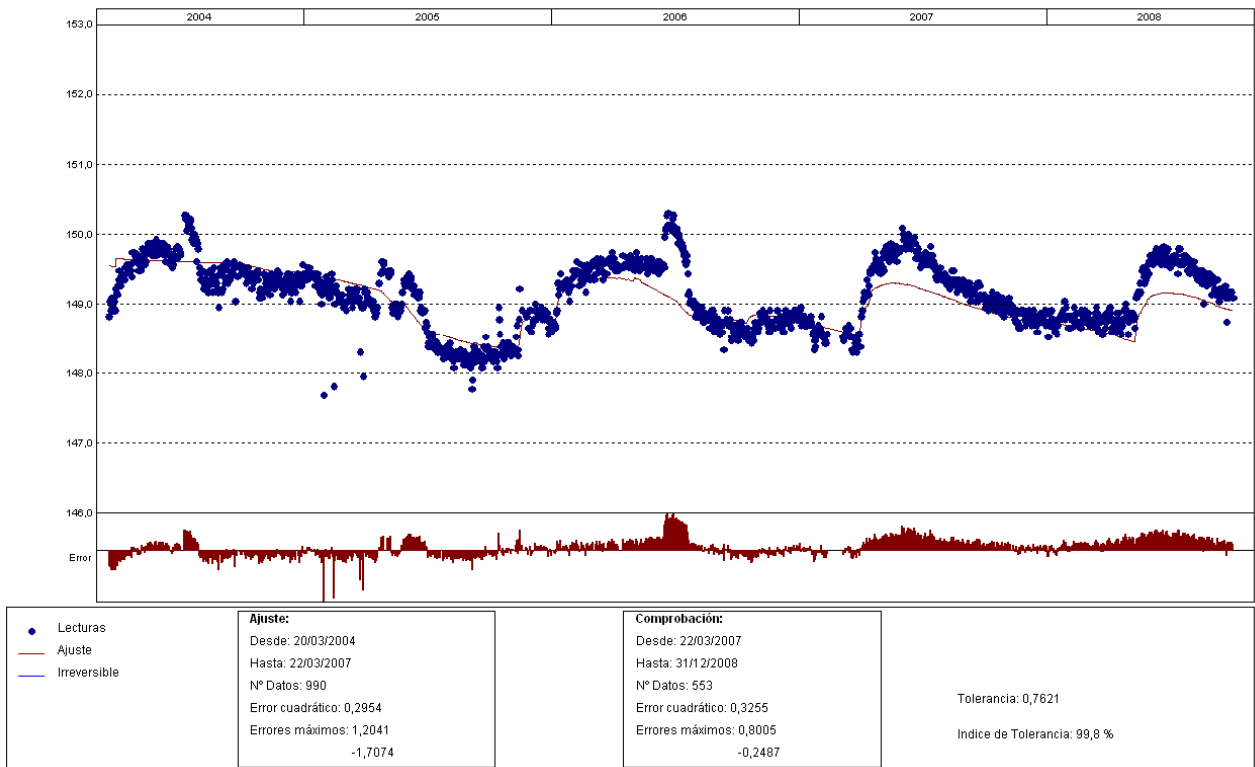


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV5

Unidades

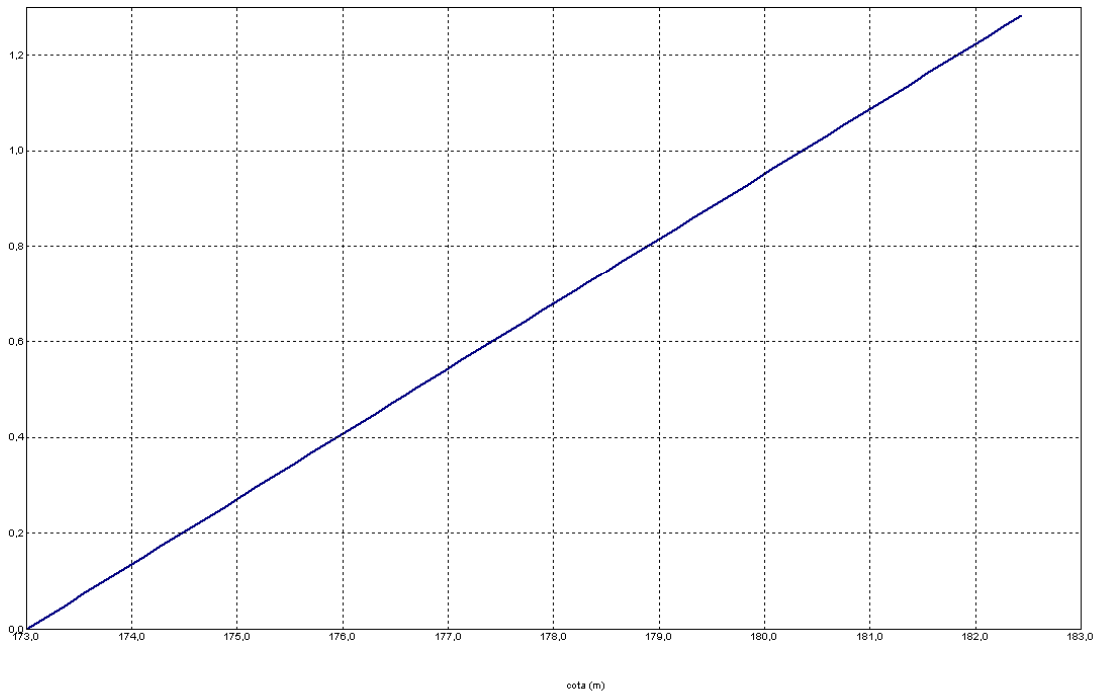


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV5

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e^(-tiempo/365)	0,000	Nº de datos: 990
HC	1,29541	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,29539
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,204102
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,707413
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7621061
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 553
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3255141
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8004608
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,2487183
T. independiente	148,3557	Índice de Tolerancia: 99,81917 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV6

A continuación se muestra el mejor modelo estadístico conseguido para el piezómetro PCV-6, es curioso observar la dependencia de la temperatura que presenta el propio instrumento, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante. Por esta razón se decide mostrar, además del mejor ajuste estadístico (que contempla la influencia de la carga hidrostática y de la temperatura), el modelo que no tiene coeficientes térmicos.

Modelo estadístico con dependencia de la carga hidrostática y temperatura

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV6

Unidades

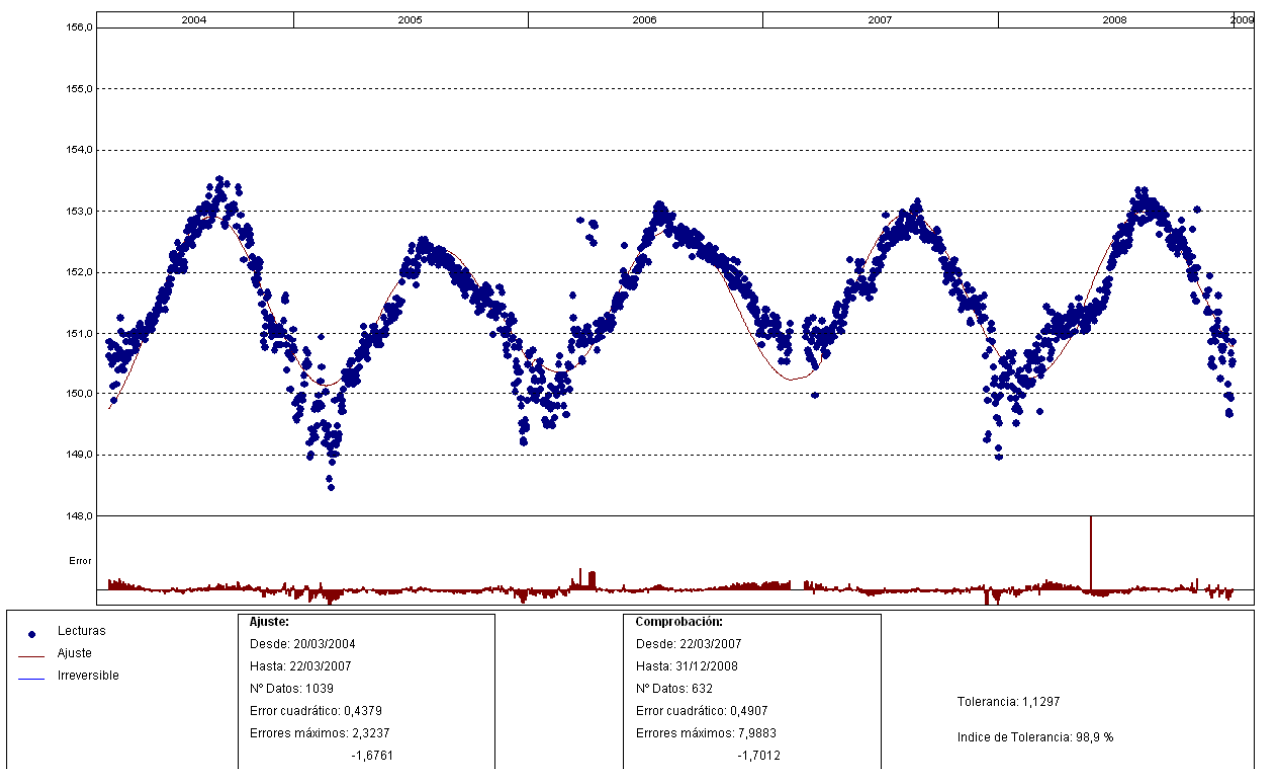


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV6

Unidades

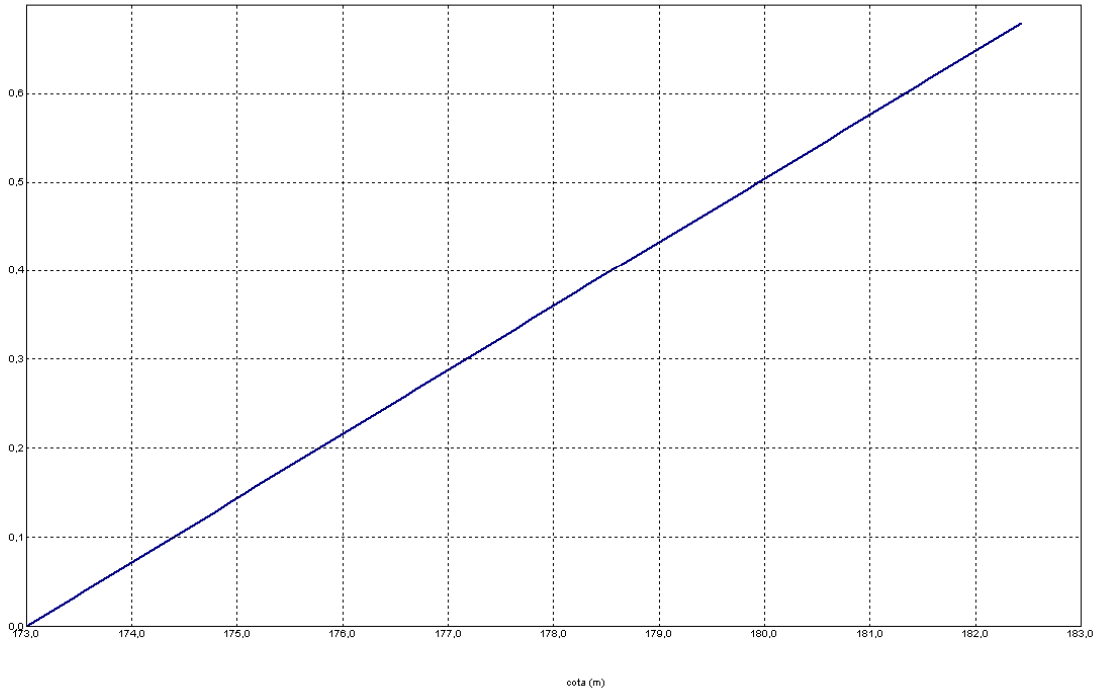


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

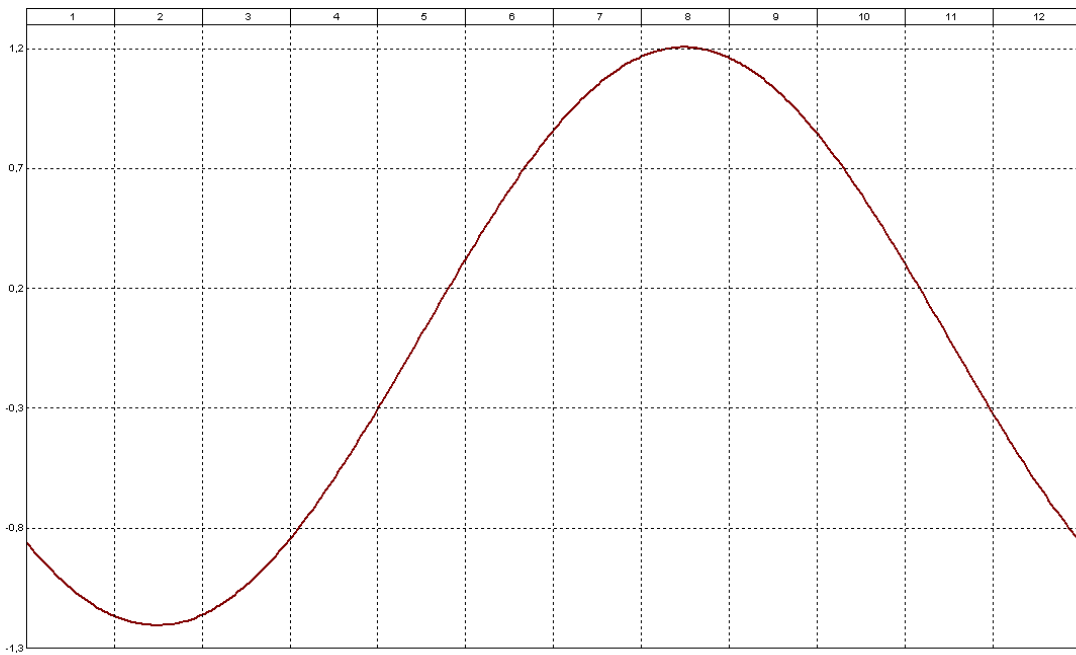


Gráfico. Efecto de térmico sobre la variable de control

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV6

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	4,08866	Nº de datos: 1039
HC	0,68629	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,84459	Error cuadrático: 0,4378563
cos(PT)	-0,85917	Error Máximo positivo: 2,32373
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,676117
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,129669
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	-0,40369	Nº de datos: 632
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,4906653
LL	0,000	Error Máximo positivo: 7,988327
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,701187
T. independiente	147,242	Índice de Tolerancia: 98,8924 %

Tabla. Resumen de resultados

Modelo estadístico con influencia únicamente del nivel de embalse

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV6

Unidades

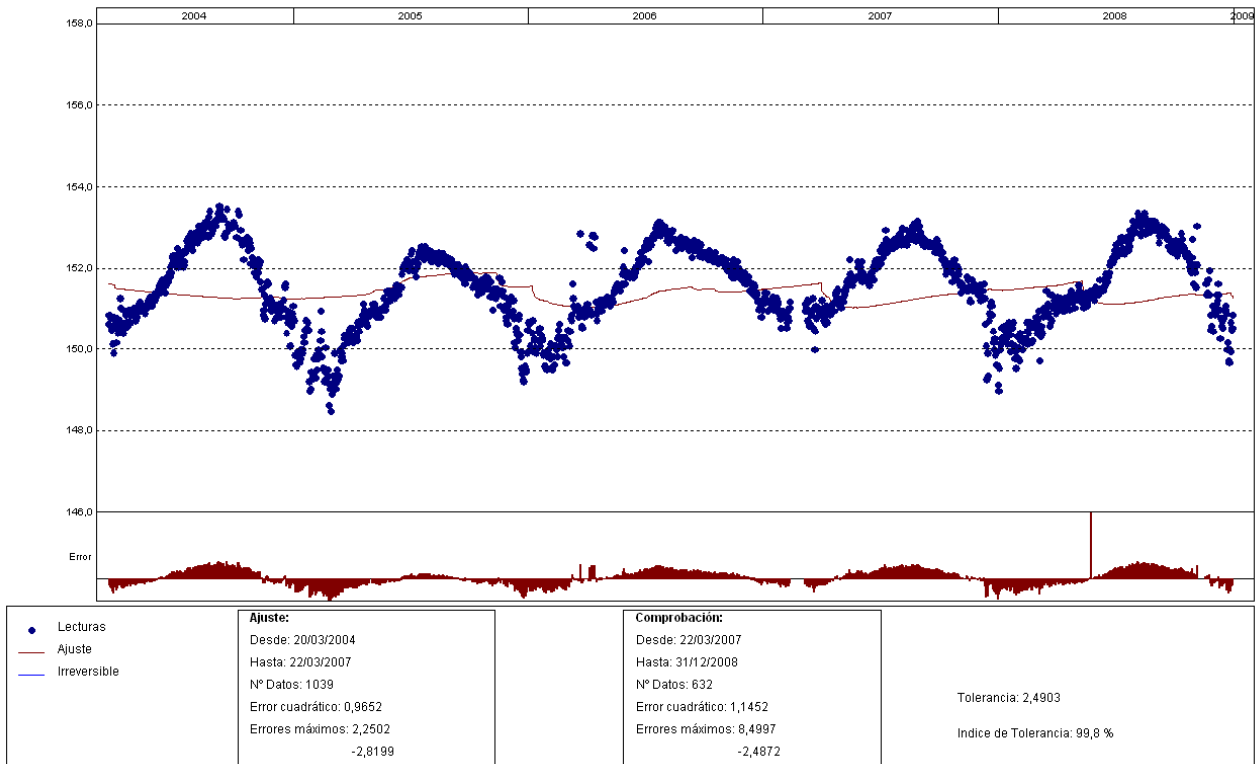


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV6

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e ^(-tiempo/365)	-3,78716	Nº de datos: 1039
HC	-1,01082	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,9652382
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 2,250229
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,819946
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,490314
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	22/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 632
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 1,145177
LL	0,000	Error Máximo positivo: 8,49968
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -2,487152
T. independiente	155,5263	Indice de Tolerancia: 99,84177 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV7

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV7

Unidades

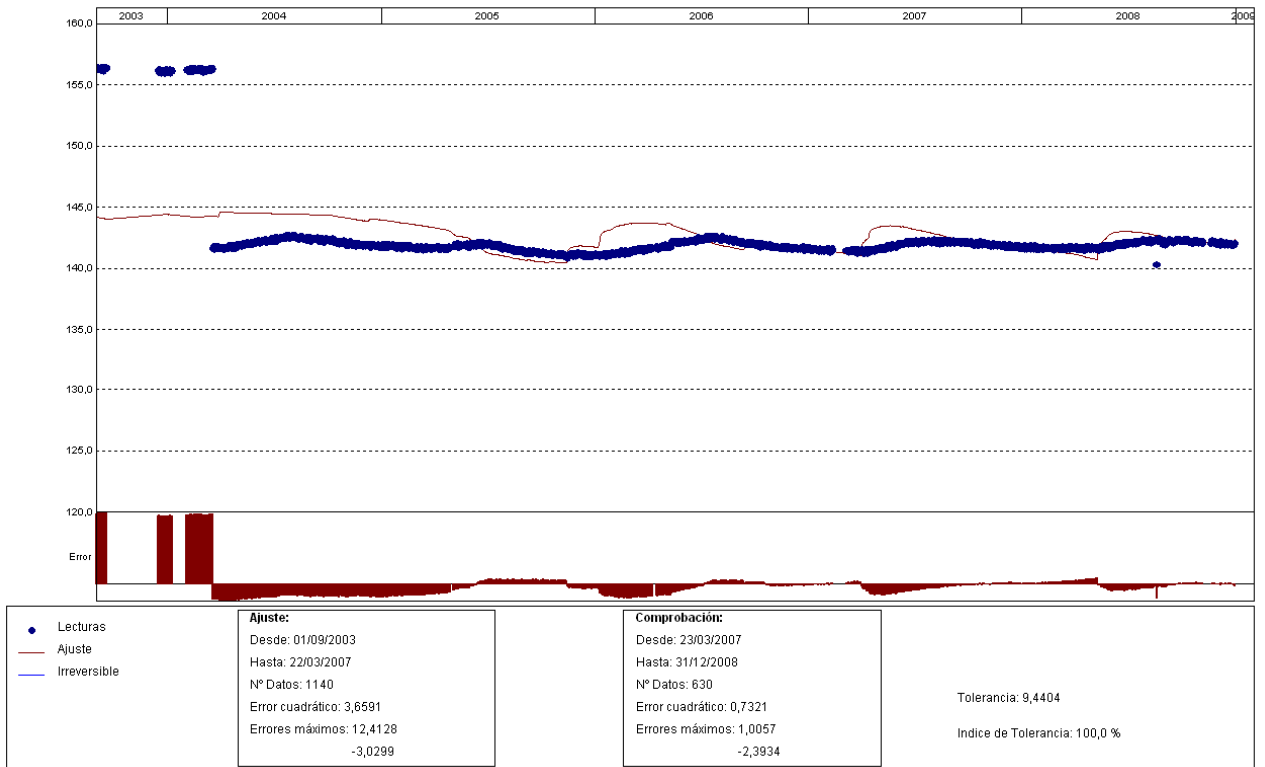


Gráfico. Ajuste estadístico

Debido a la inconsistencia de los datos entre 01-09-2003 y 20-03-2004, se realiza un nuevo ajuste estadístico exceptuando este período, el modelo mencionado se presenta a continuación.

PCV7 (Serie corregida)

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV7

Unidades

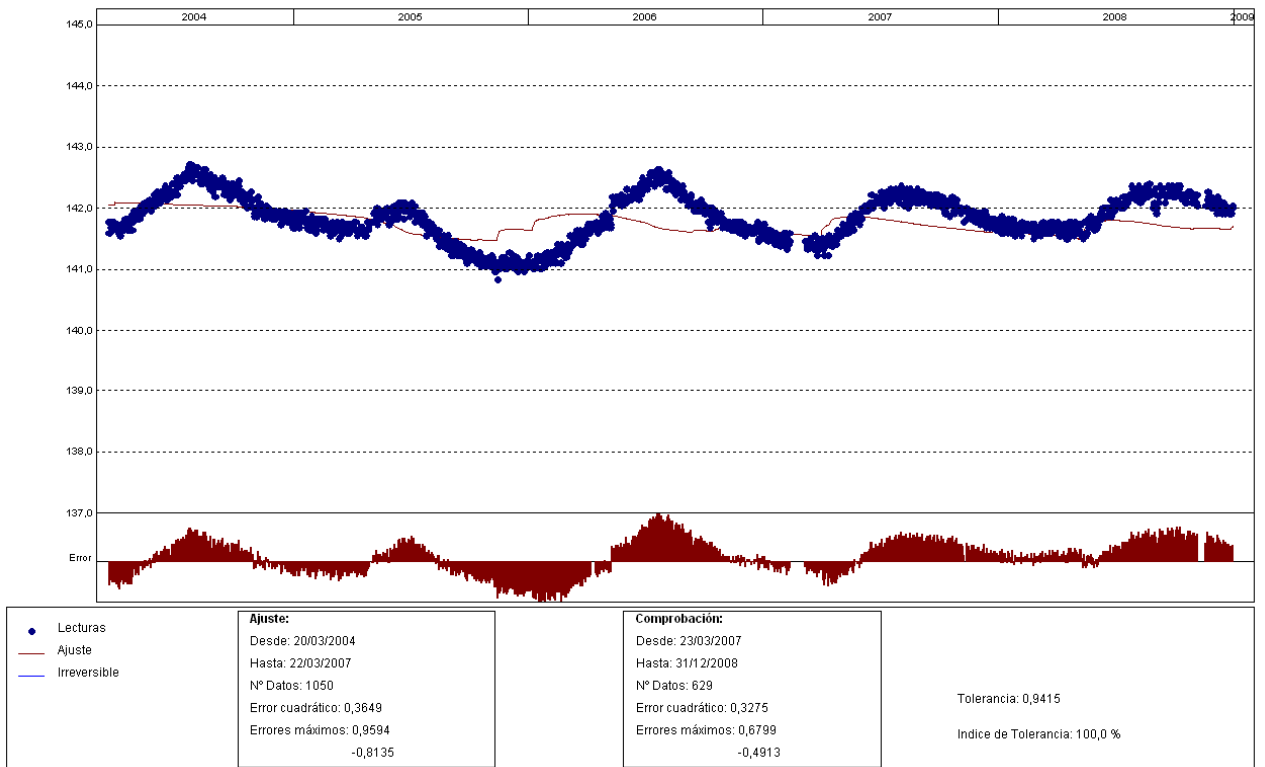


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV7

Unidades

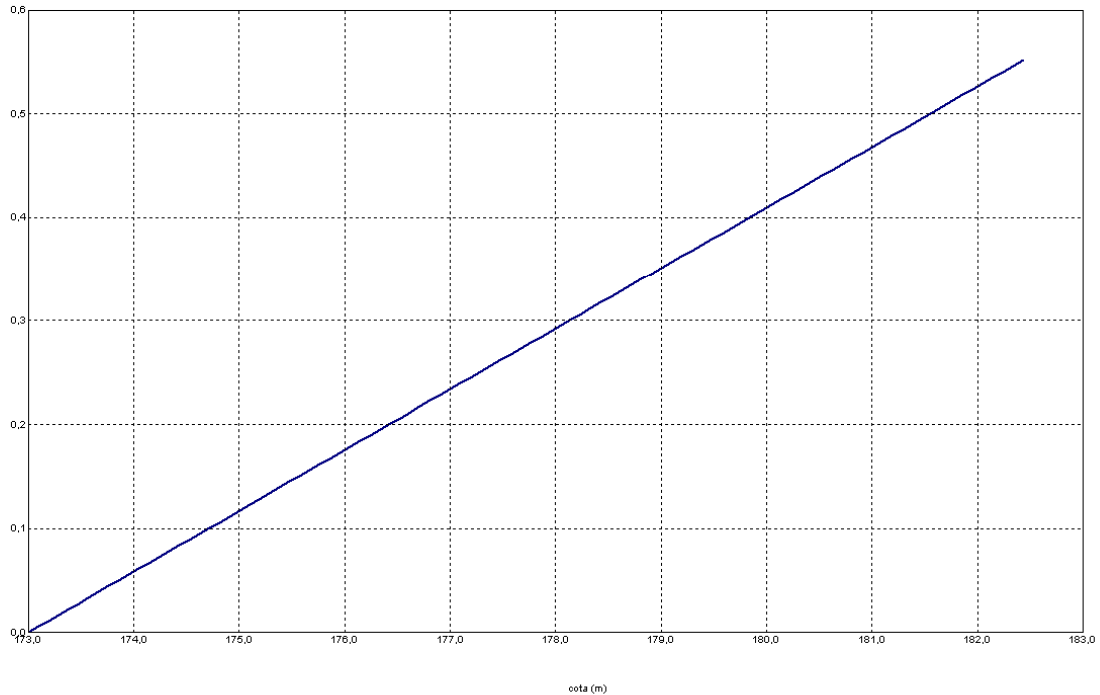


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV7

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e ^{-(tiempo/365)}	0,000	Nº de datos: 1050
HC	0,60962	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,3653395
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 0,9502716
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,8309479
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,9425759
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	23/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 630
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,3195795
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,6617126
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,490173
T. independiente	141,4501	Índice de Tolerancia: 99,84127 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV8

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV8

Unidades

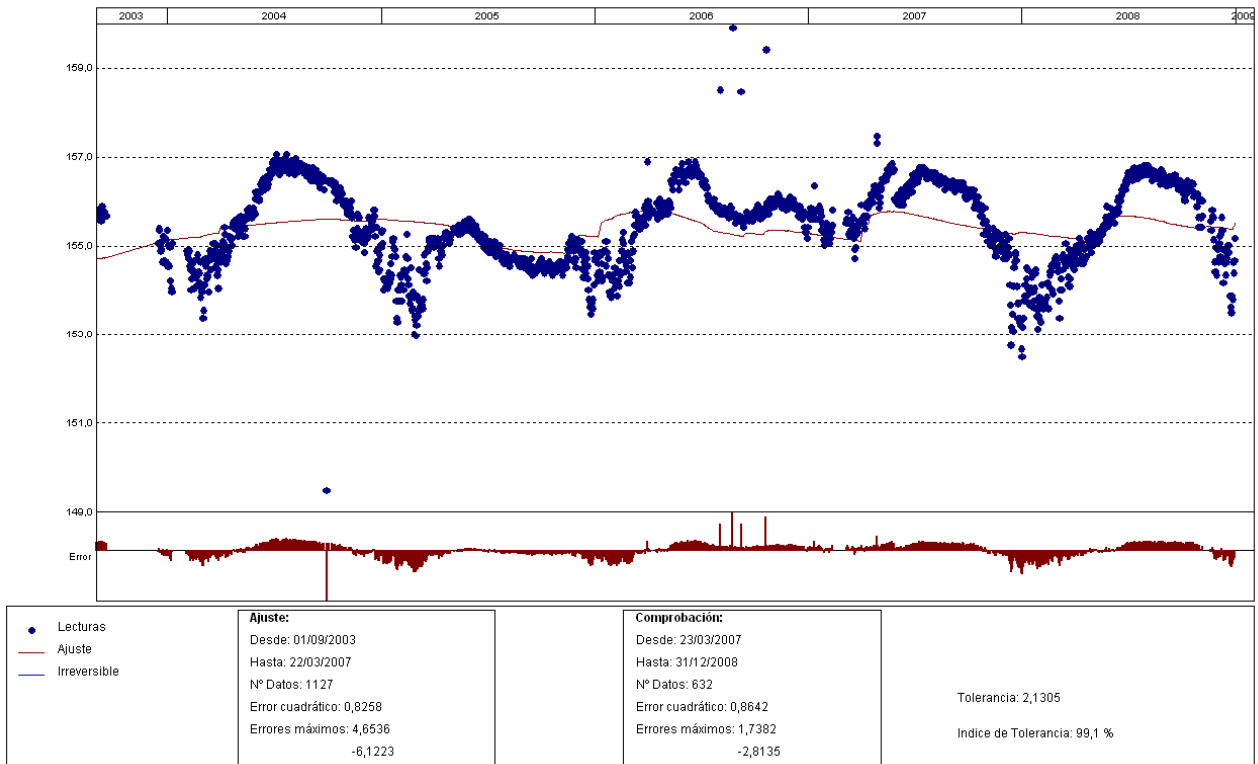


Gráfico. Ajuste estadístico

Debido a la inconsistencia y dispersión de varios datos registrados por el piezómetro PCV-8, se calcula un nuevo modelo estadístico realizando previamente una depuración de las lecturas consideradas erradas, el nuevo ajuste con la serie corregida se presenta a continuación.

En este piezómetro ocurre el mismo fenómeno que en el PCV-6, es decir, el ajuste estadístico mejora considerablemente con la incorporación del efecto térmico, por esta razón se muestran dos modelos, uno con influencia térmica y del nivel de embalse, y el otro con dependencia únicamente de la carga hidrostática.

PCV8 (Serie corregida)

Modelo estadístico dependiente de la carga hidrostática y de la temperatura

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV8.1

Unidades

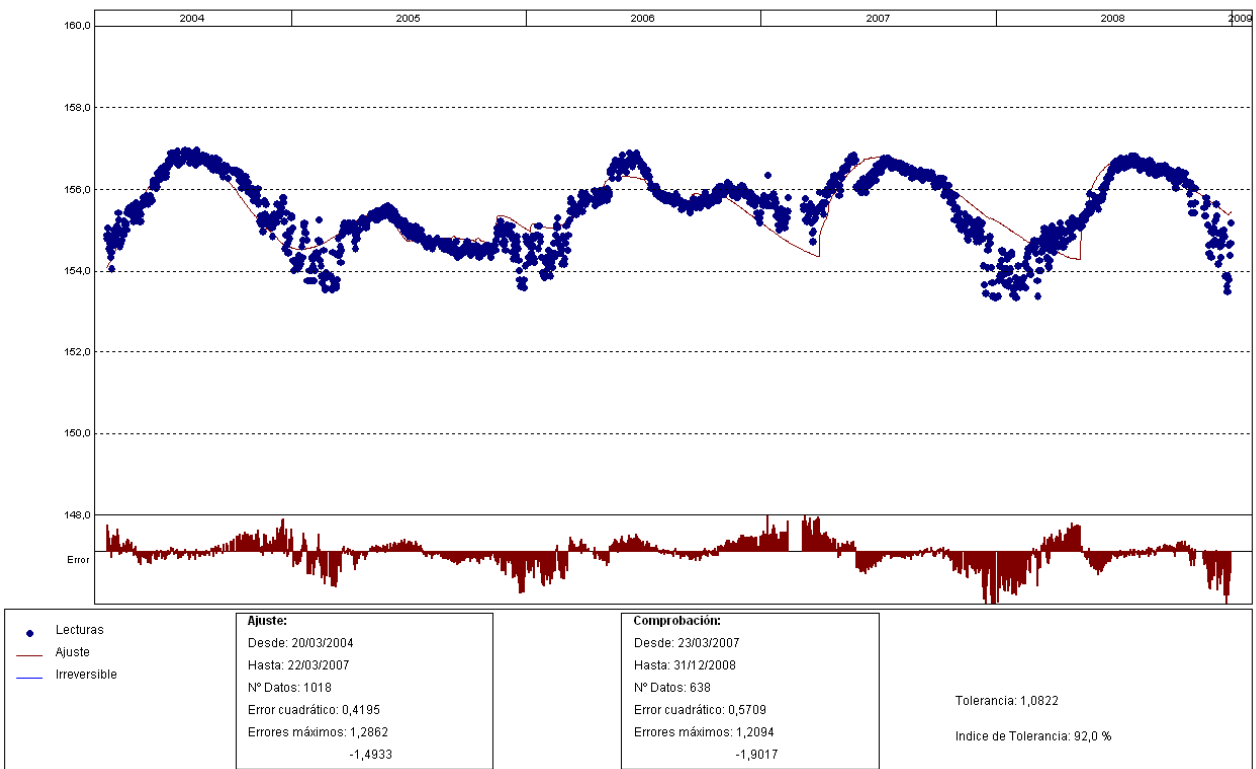
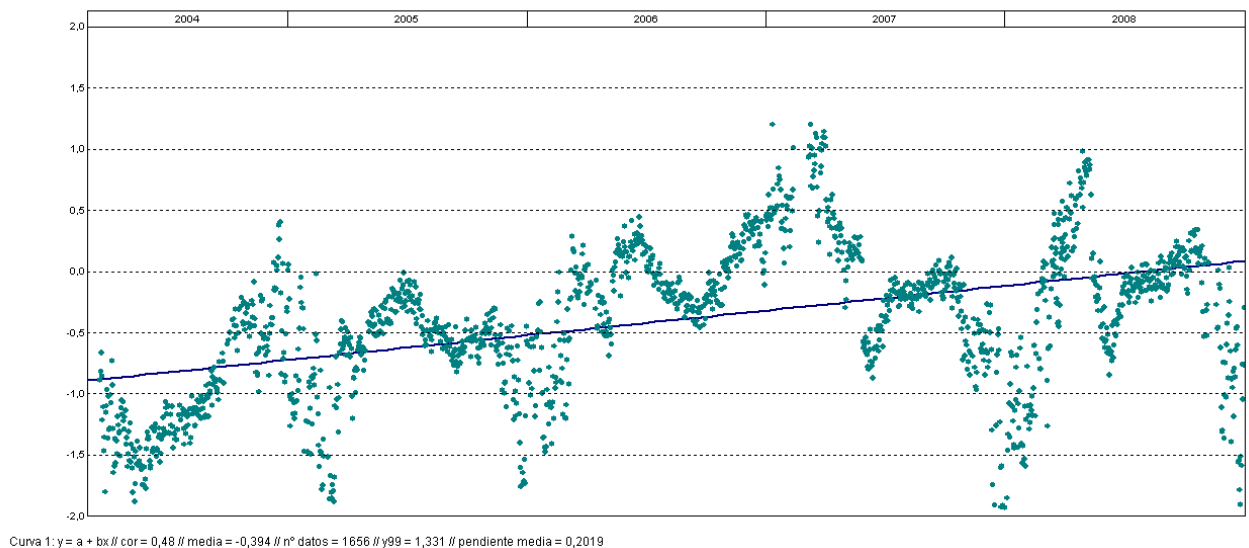


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PCV8.1

Unidades



Curva 1: $y = a + bx$ // cor = 0,48 // media = -0,394 // nº datos = 1656 // y99 = 1,331 // pendiente media = 0,2019

Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

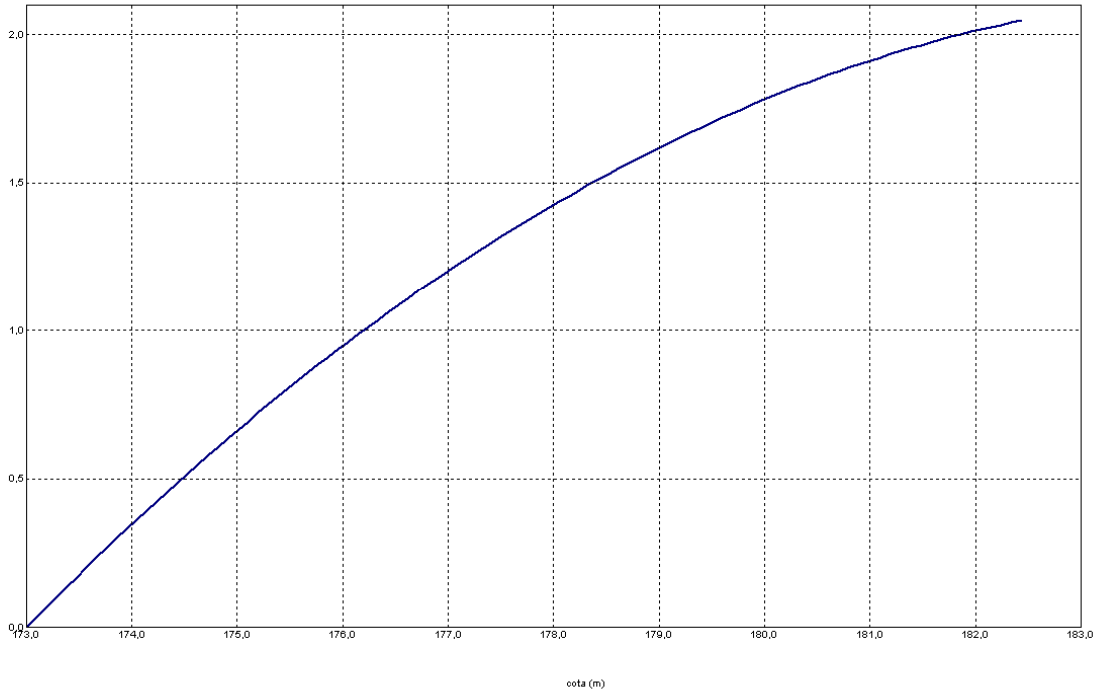


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

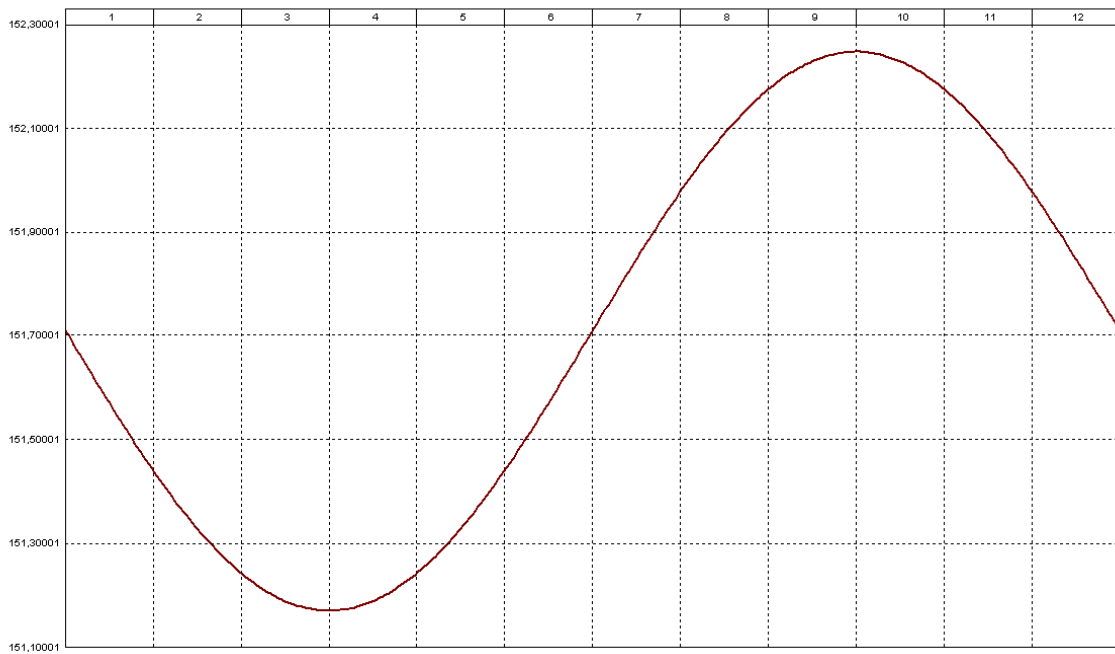


Gráfico. Efecto térmico sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV8.1

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2003

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	2,795	Nº de datos: 1018
HC	3,44899	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	-1,3952	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	-0,53883	Error cuadrático: 0,4194594
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,286179
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,493256
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,082205
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	23/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 638
cos(PT)*HC ²	-1,54698	Error cuadrático: 0,570875
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,209366
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,901749
T. independiente	151,7094	Indice de Tolerancia: 92,00627 %

Tabla. Resumen de resultados

Modelo estadístico con influencia únicamente del nivel de embalse

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV8.1

Unidades

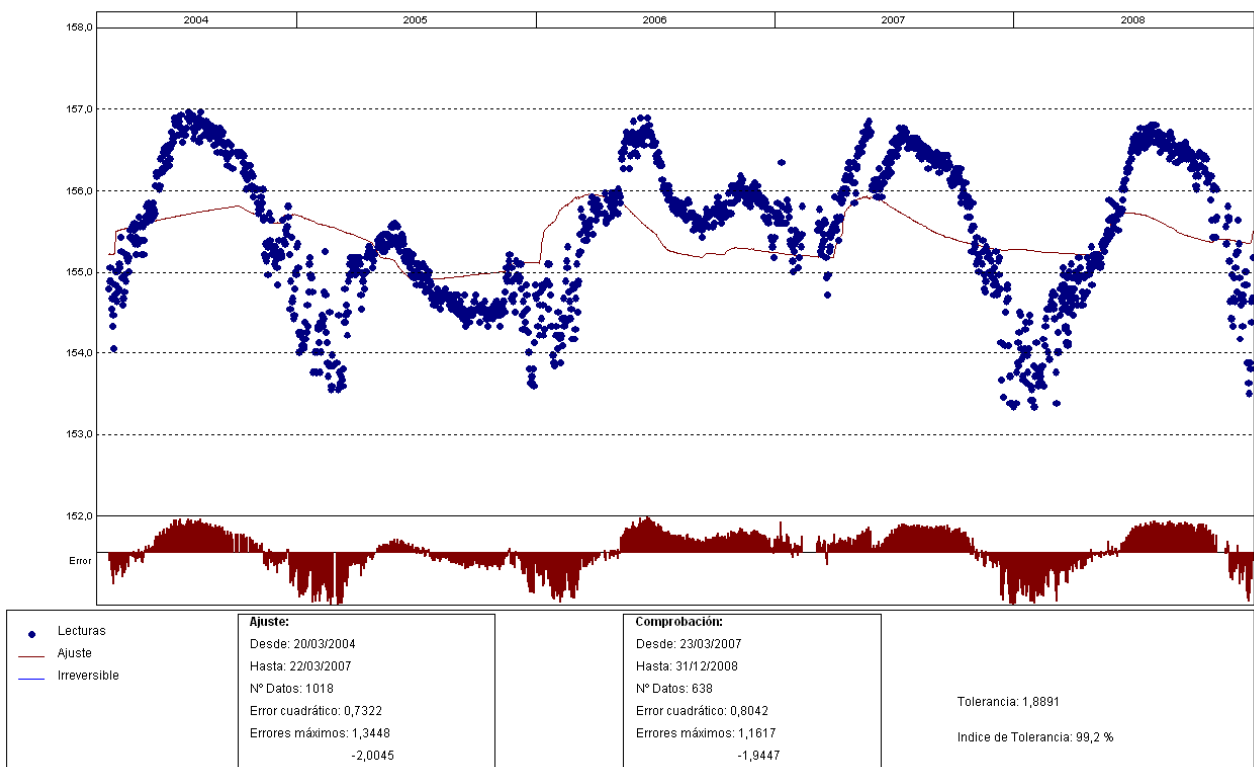


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV8.1

Unidades

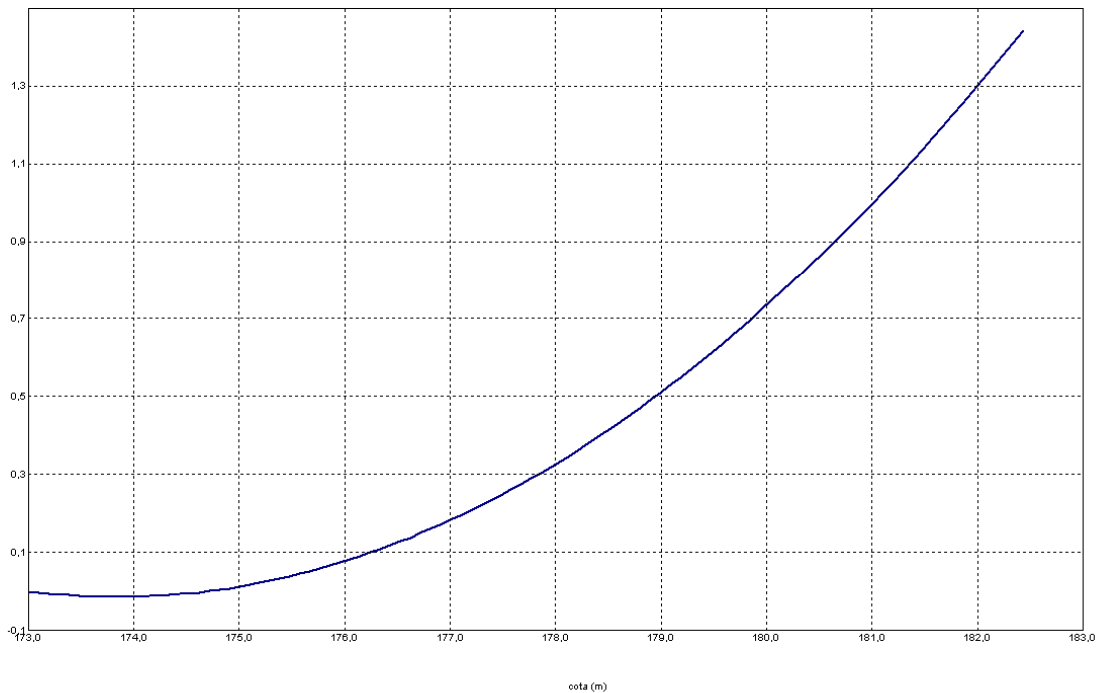


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV8.1

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2003

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	20/03/2004 al 22/03/2007
1-e ^{-tiempo/365}	2,17802	Nº de datos: 1018
HC	-0,31744	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	1,79284	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,7321932
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,344833
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -2,004501
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,889059
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	23/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 638
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,8042136
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,161743
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -1,944687
T. independiente	153,0714	Índice de Tolerancia: 99,2163 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV9

Los modelos estadísticos de este piezómetro reciben el mismo tratamiento que los PCV-6 y PCV-8, por presentar una clara dependencia térmica en sus lecturas.

Modelo estadístico dependiente de la carga hidrostática y de la temperatura

PRESA: Guiamets
MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV9

Unidades

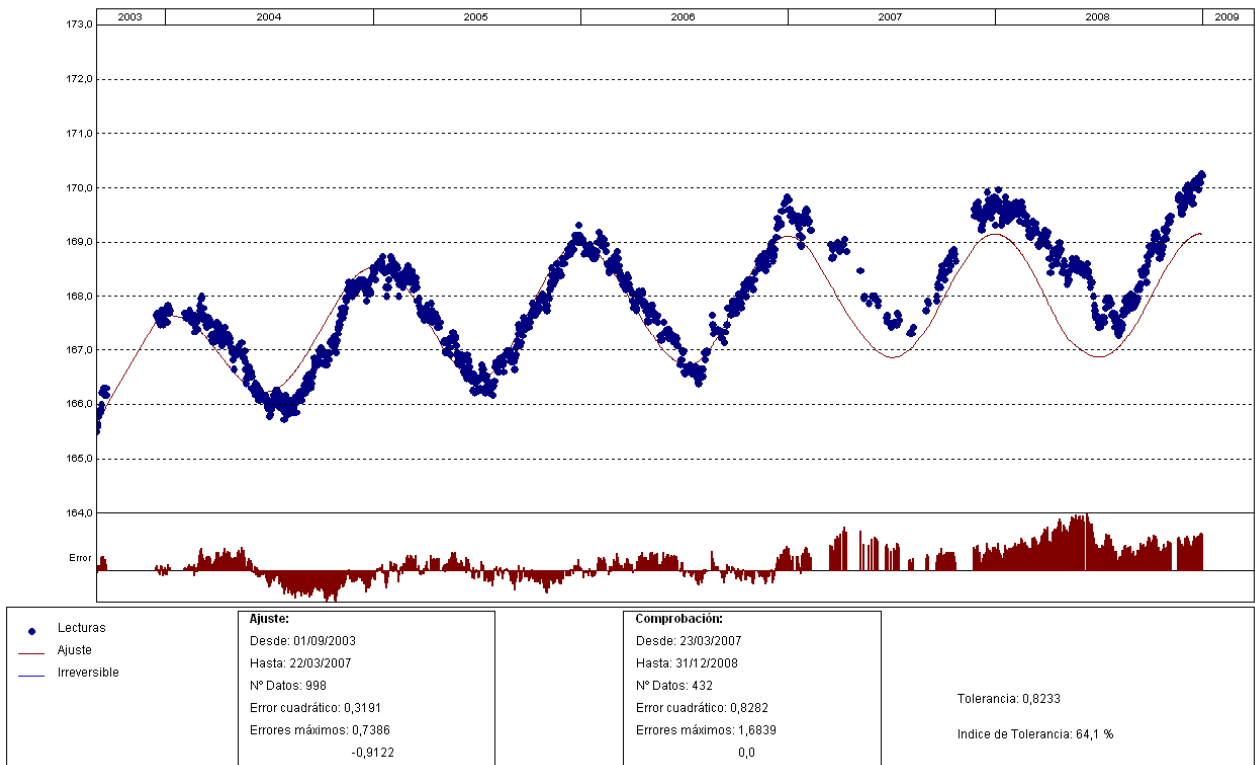


Gráfico. Ajuste estadístico

Unidades

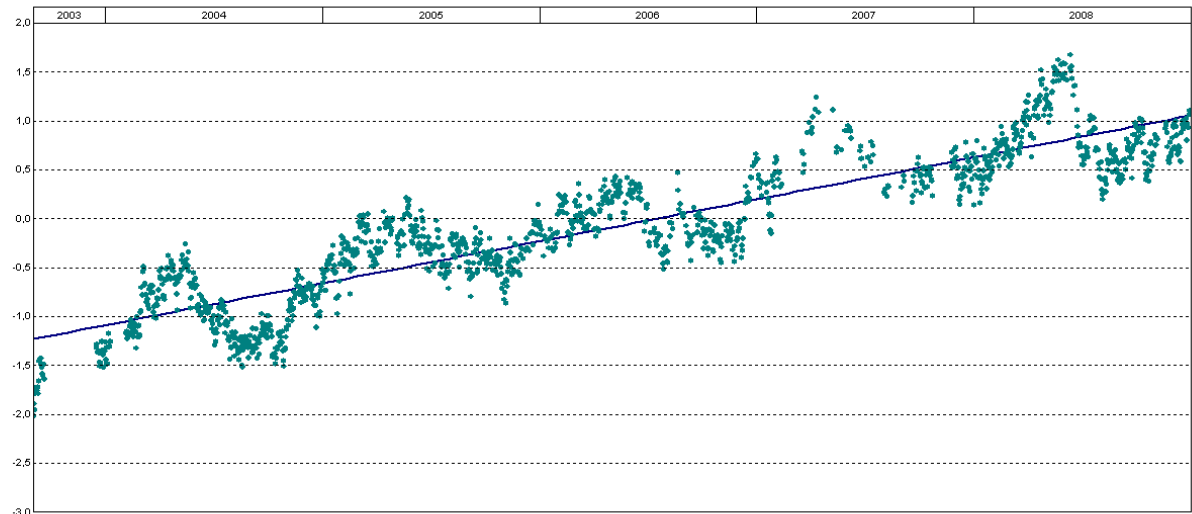


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo.

PRESA: Guiamets. EFECTO CARGA HIDROSTÁTICA SOBRE LA VARIABLE: PCV9

Unidades

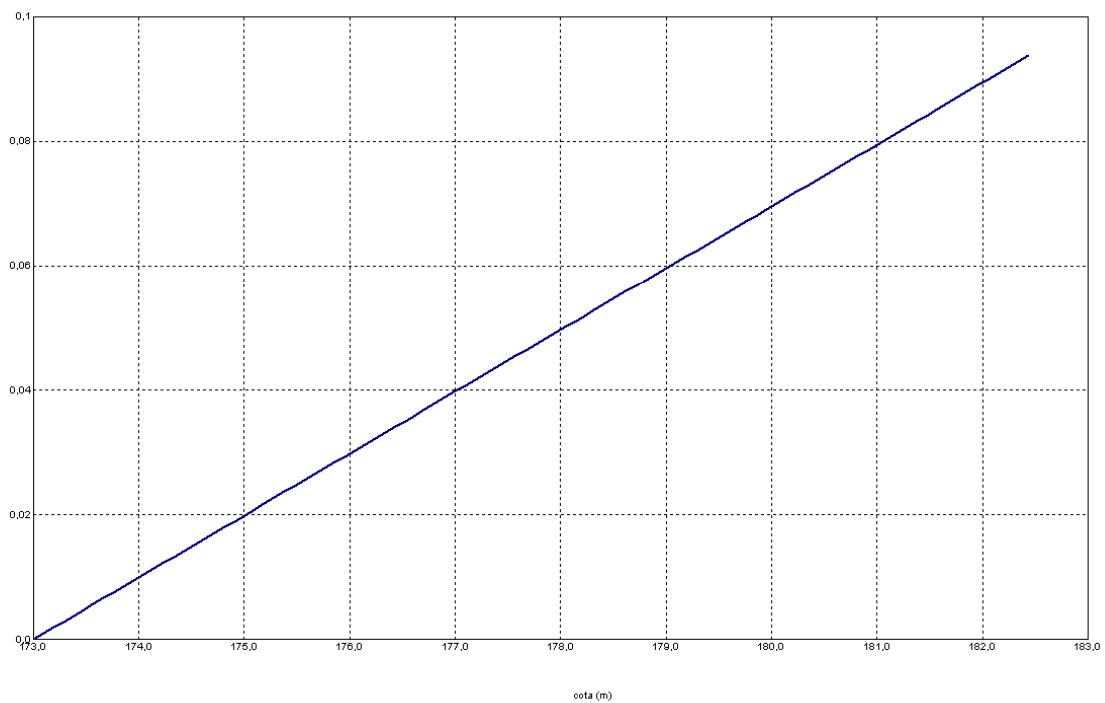


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guíamets. EFECTO TÉRMICO SOBRE LA VARIABLE: PCV9

Unidades

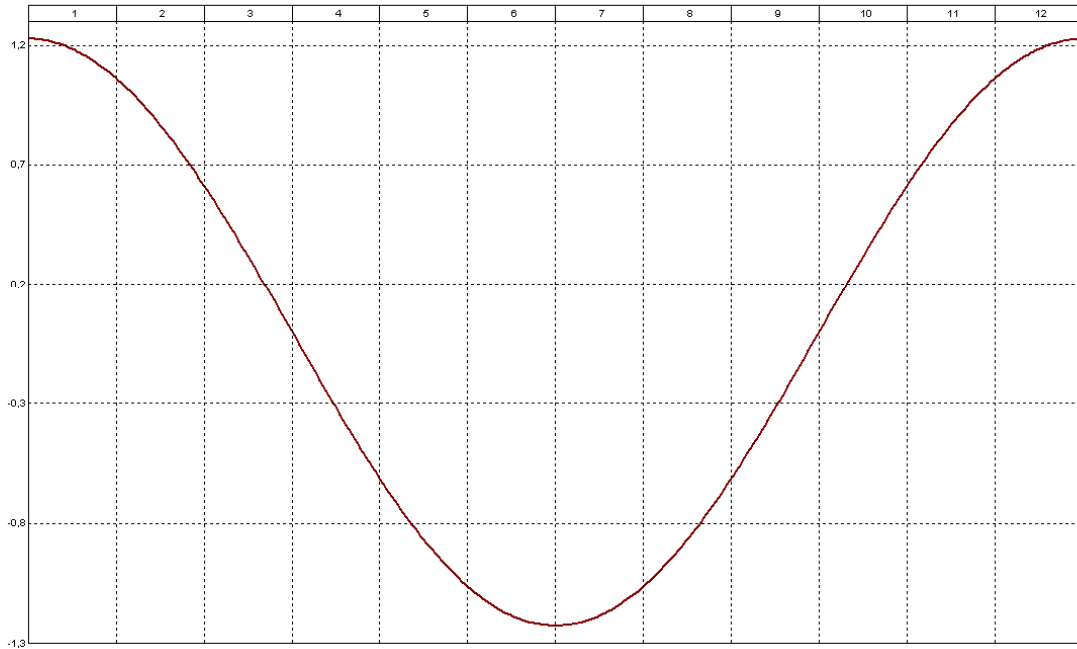


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

PRESA: Guíamets. MODELIZACIÓN DE: PCV9

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/09/2003 al 22/03/2007
1-e [^] (-tiempo/365)	5,23329	Nº de datos: 998
HC	0,09469	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,3191206
cos(PT)	1,22653	Error Máximo positivo: 0,7385864
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,9121857
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,8233312
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	23/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 432
cos(PT)*HC ²	-0,27658	Error cuadrático: 0,8281785
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,683929
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: 0
T. independiente	162,7113	Índice de Tolerancia: 64,12037 %

Tabla. Resumen de resultados

Modelo estadístico con influencia únicamente del nivel de embalse

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV9

Unidades

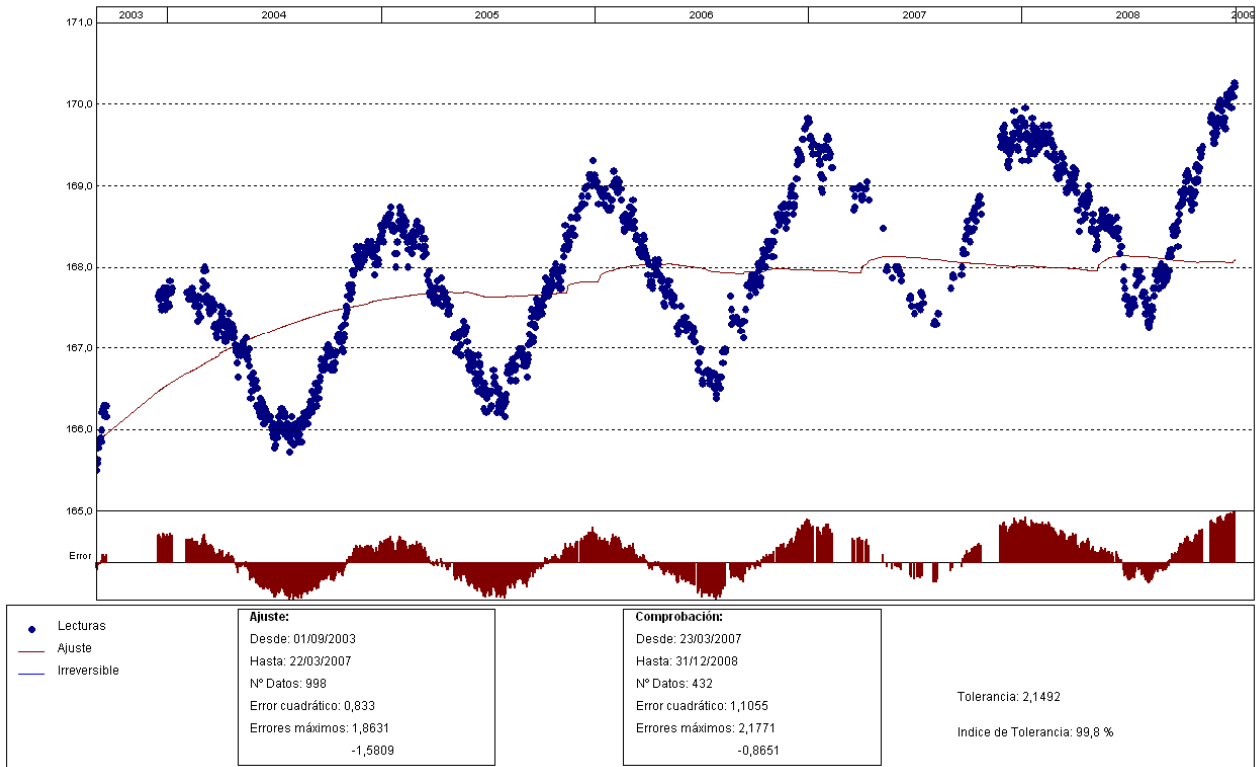


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV9

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	01/09/2003 al 22/03/2007
1-e^(-tiempo/365)	6,53702	Nº de datos: 998
HC	0,33279	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,8330247
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,863083
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,580887
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 2,149204
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	23/03/2007 al 31/12/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 432
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 1,105473
LL	0,000	Error Máximo positivo: 2,177063
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,8650665
T. independiente	161,4143	Índice de Tolerancia: 99,76852 %

Tabla. Resumen de resultados

PCV10

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV10

Unidades

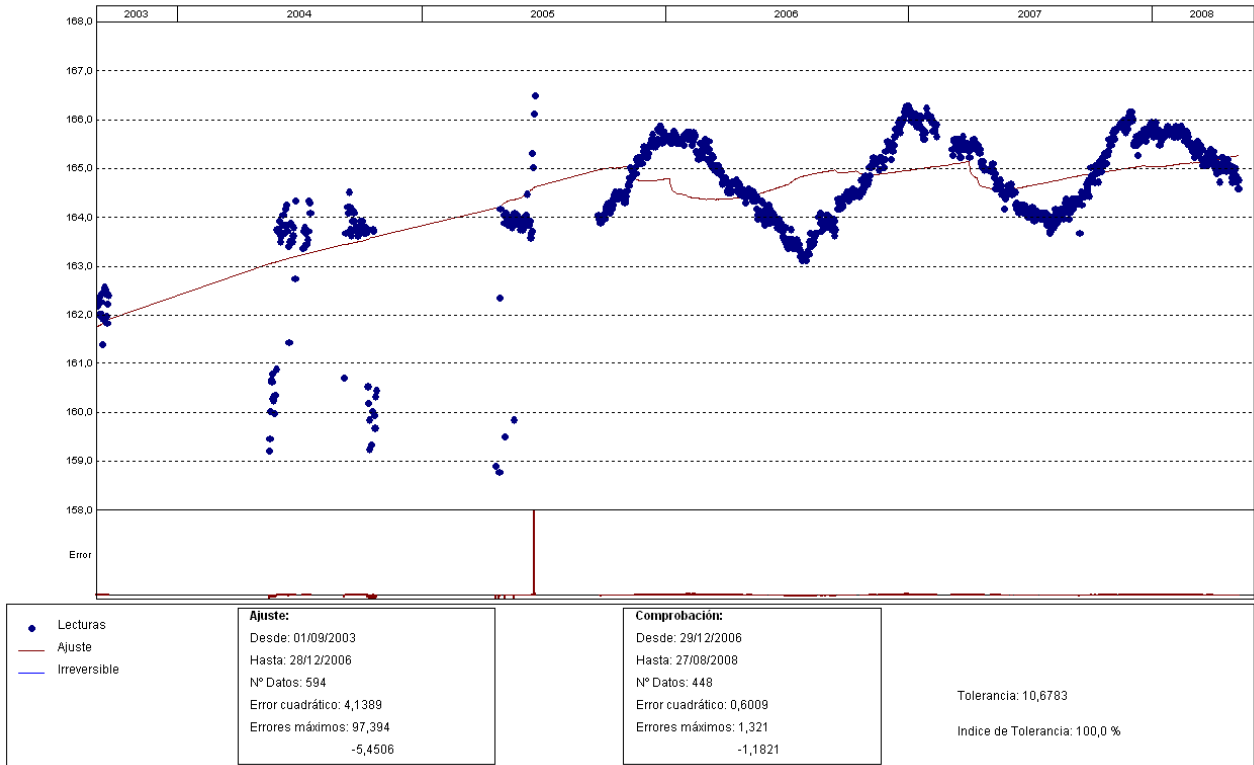


Gráfico. Ajuste estadístico

Debido a la inconsistencia y dispersión en las lecturas realizadas por el piezómetro PCV-10, se calcula un nuevo modelo estadístico realizando previamente una depuración en los datos considerados errados, el nuevo ajuste con la serie corregida se presenta a continuación.

A este piezómetro se le realiza el mismo tratamiento que a los PCV-6, PCV-8 y PCV-9.

PCV10 (Serie corregida)

Modelo estadístico dependiente de la carga hidrostática y de la temperatura

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV10

Unidades

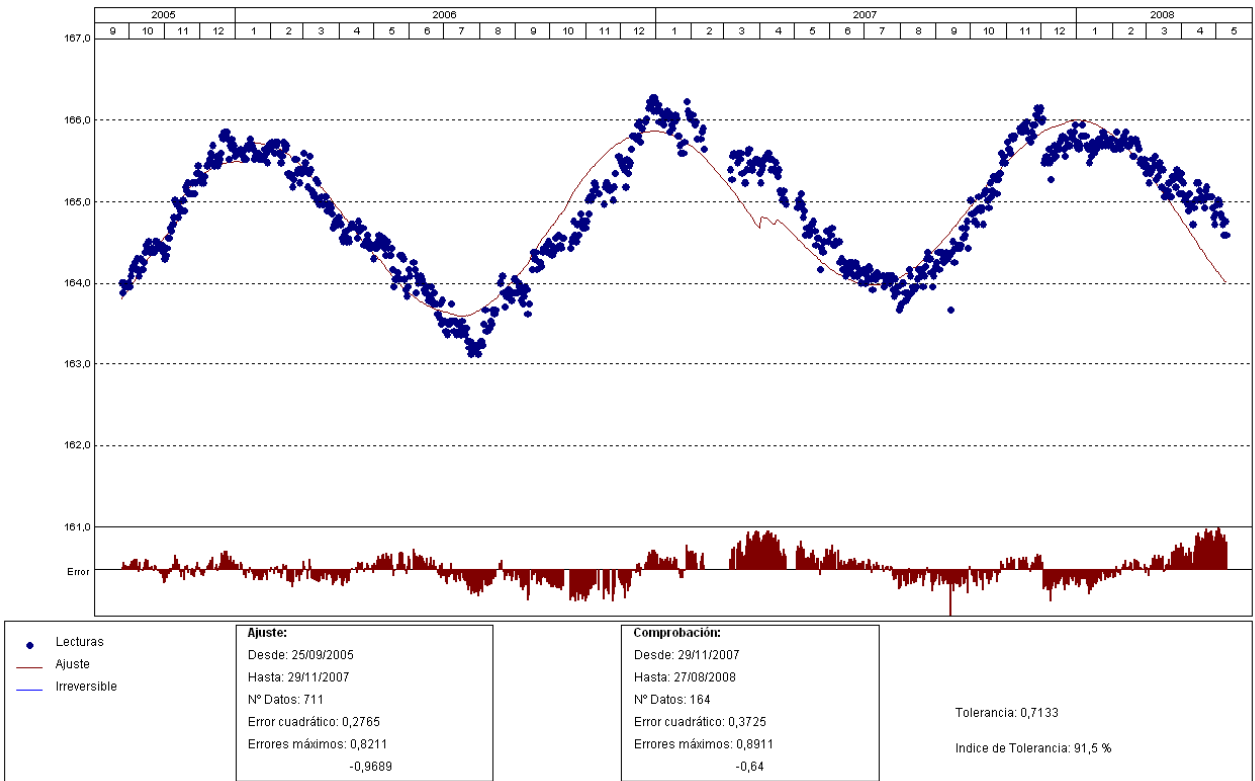


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets
 TENDENCIA DE ACUMULADOS EN EL TIEMPO DE: PCV10

Unidades

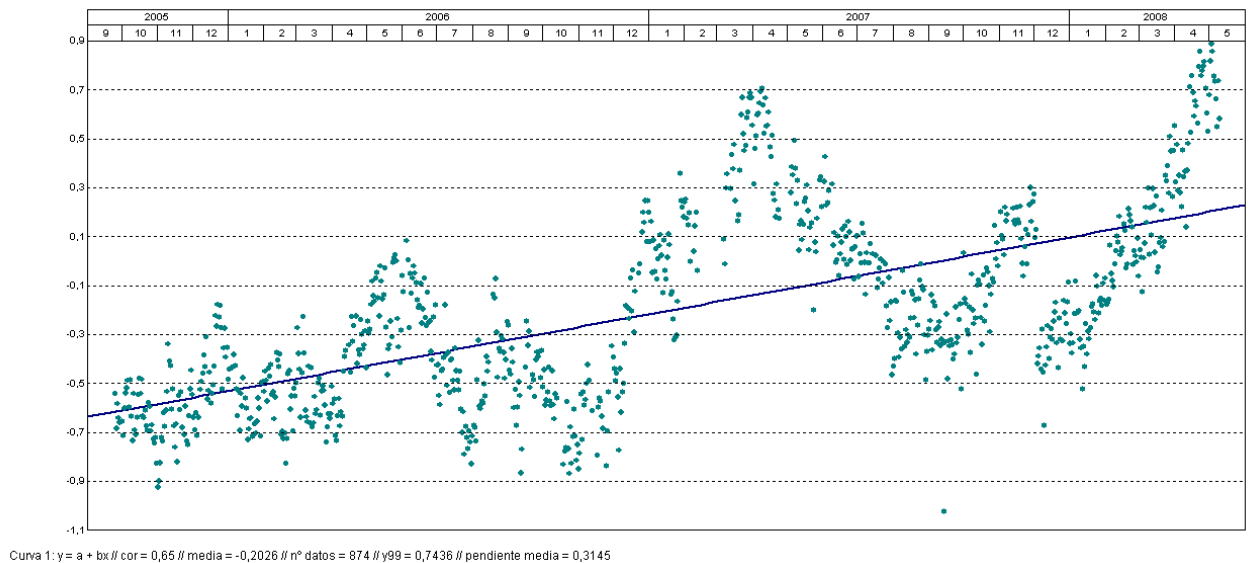


Gráfico. Tendencia de acumulados en el tiempo

Unidades

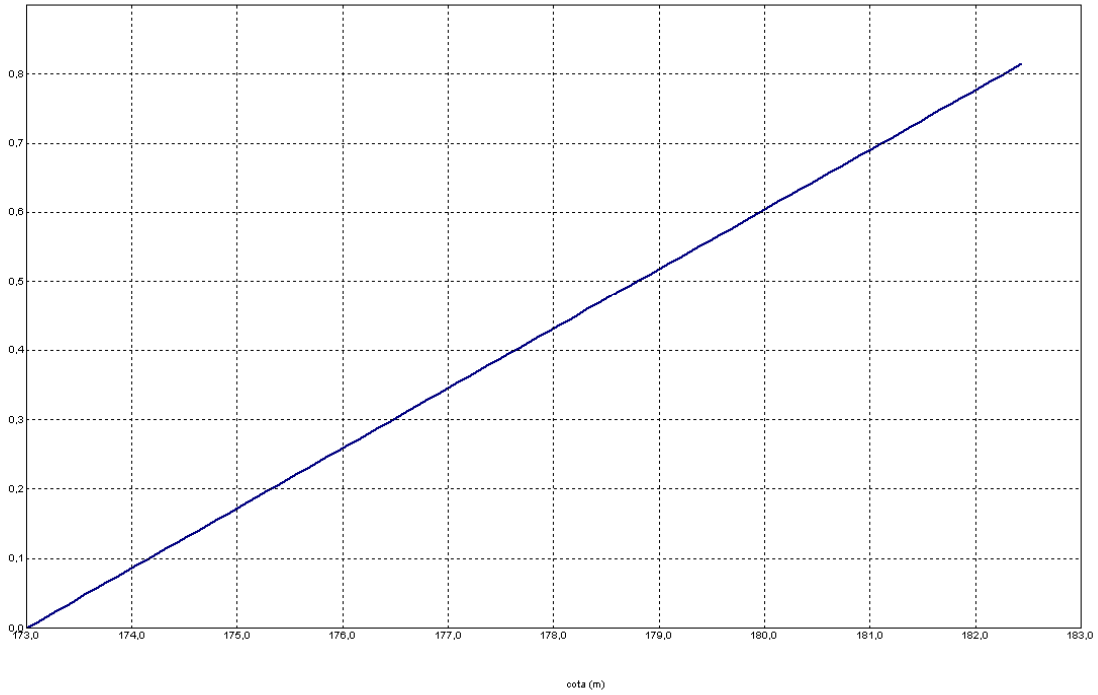


Gráfico. Efecto de la carga hidrostática sobre la variable

Unidades

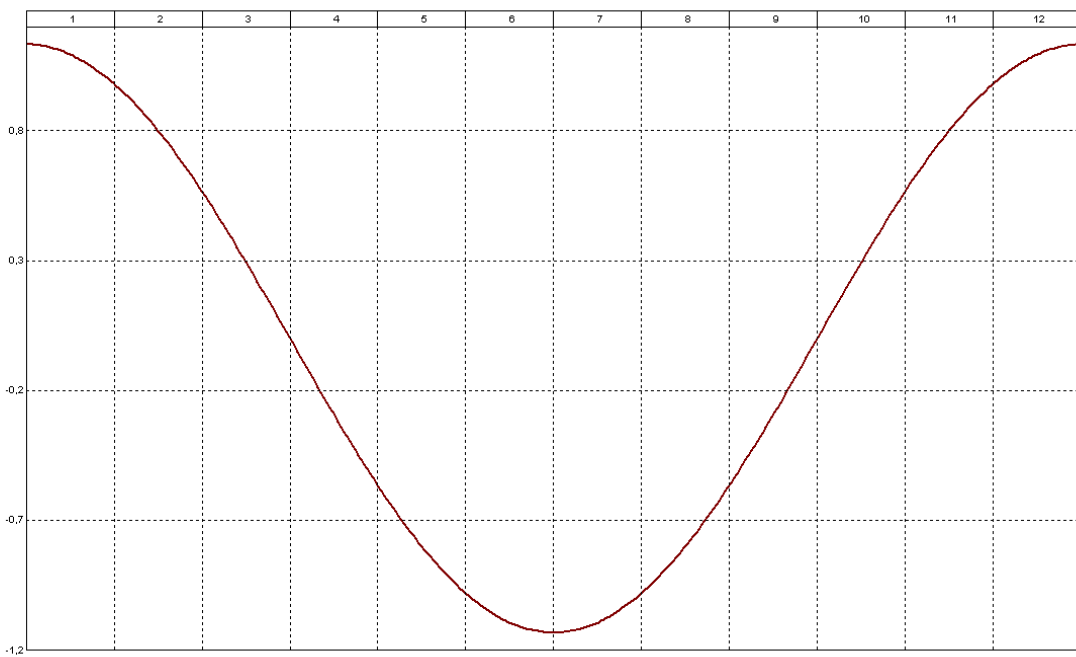


Gráfico. Efecto de la temperatura sobre la variable

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV10

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	25/09/2005 al 29/11/2007
1-e^(-tiempo/365)	17,03901	Nº de datos: 711
HC	0,8224	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC^2	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC^3	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC^2	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,276457
cos(PT)	1,13225	Error Máximo positivo: 0,8211212
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -0,9688873
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 0,7132592
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	29/11/2007 al 27/08/2008
sen(PT)*HC^2	0,000	Nº de datos: 164
cos(PT)*HC^2	0,000	Error cuadrático: 0,3725207
LL	0,000	Error Máximo positivo: 0,8911438
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,6399689
T. independiente	147,6678	Índice de Tolerancia: 91,46342 %

Tabla. Resumen de resultados

Modelo estadístico con influencia únicamente del nivel de embalse

PRESA: Guiamets
 MODELO ESTADÍSTICO DEL EQUIPO: PCV10

Unidades

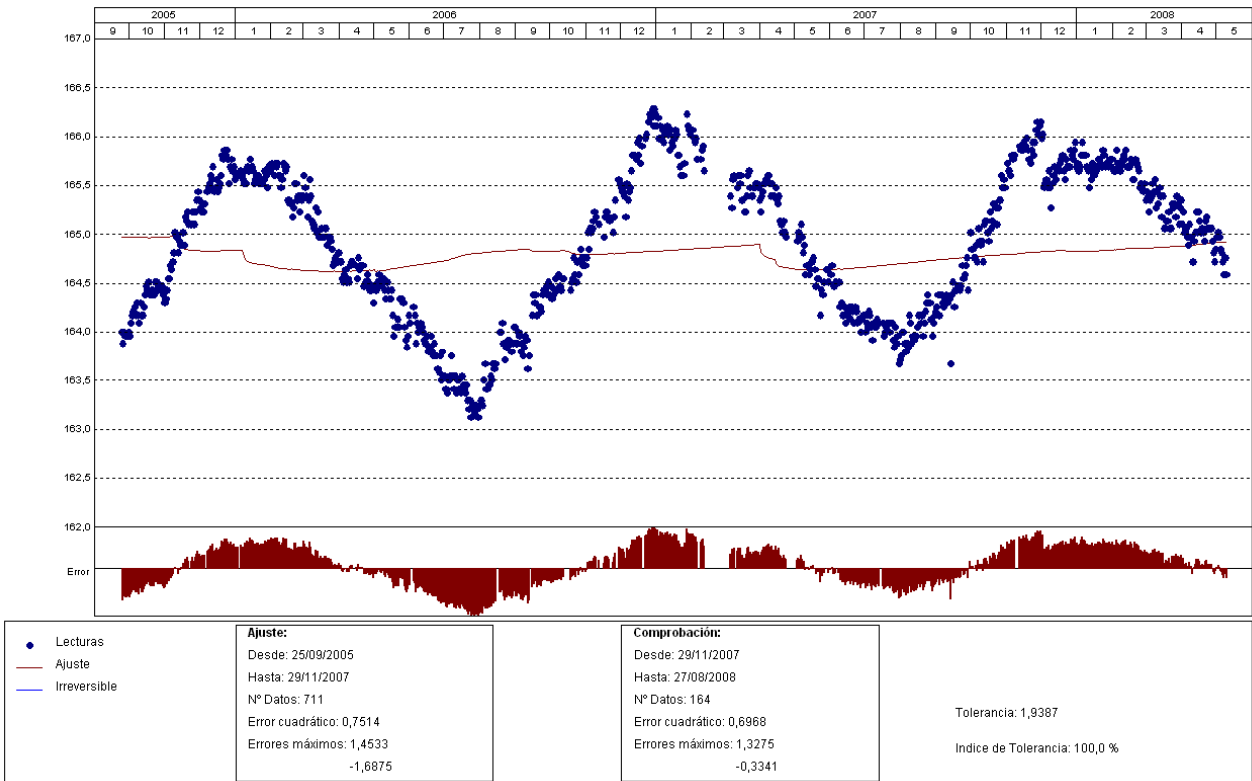


Gráfico. Ajuste estadístico

PRESA: Guiamets. MODELIZACIÓN DE: PCV10

Fecha Origen de cálculo: 01/09/2002

Función de Ajuste	Coefficiente	
Ln(tiempo)	0,000	Período de Ajuste
1-1/Ln(tiempo)	0,000	25/09/2005 al 29/11/2007
1-e ^(-tiempo/365)	-0,64548	Nº de datos: 711
HC	-0,43947	Nivel embalse mínimo: 173,00
HC ²	0,000	Nivel embalse máximo: 182,53
HC ³	0,000	Tiempo de media móvil (días): 30
(HC-HCA)*HC ²	0,000	Tiempo de efecto diferido (días): 3
sen(PT)	0,000	Error cuadrático: 0,7514357
cos(PT)	0,000	Error Máximo positivo: 1,453339
sen(2*PT)	0,000	Error Máximo negativo: -1,6875
cos(2*PT)	0,000	Tolerancia: 1,938704
TD-TDC	0,000	
TMM-TMMC	0,000	Período de Comprobación
TMM-TMMCA+TMM-TMMC	0,000	29/11/2007 al 27/08/2008
sen(PT)*HC ²	0,000	Nº de datos: 164
cos(PT)*HC ²	0,000	Error cuadrático: 0,6967779
LL	0,000	Error Máximo positivo: 1,327545
LLMM	0,000	Error Máximo negativo: -0,3340759
T. independiente	165,5983	Índice de Tolerancia: 100 %

Tabla. Resumen de resultados

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Respecto de los resultados obtenidos cabe mencionar algunos factores de especial relevancia:

- El análisis estadístico del comportamiento auscultado ha permitido constatar la gran influencia del empuje hidrostático y en algunos casos de la temperatura del ambiente, sobre las distintas variables explicativas de la presa, así como caracterizar la robustez y consistencia de los datos de auscultación.
- Se ha conseguido un mejor ajuste estadístico con los datos de lecturas del aforador AF2 que con los del AF1, la tabla siguiente presenta los errores tanto en el período de cálculo como de comprobación en ambos aforadores.

Aforador	% Error cuadrático	
	Fase de cálculo	Fase de comprobación
AF1	4,44	4,89
AF2	1,62	0,54

Tabla. Resultados de ajustes estadísticos

- En general, las filtraciones registradas en la margen izquierda, las cuales oscilan entre 6 y 20 l/min., son inferiores a las medidas en la margen derecha que varían entre 10 y 50 l/min.
- El comportamiento de los aforadores está influenciado únicamente por el nivel del embalse.
- Ninguno de los aforadores analizados presenta efecto irreversible acumulado en el tiempo.
- El piezómetro PCV-1 registra datos inconsistentes y muy dispersos, por esta razón no se tiene en cuenta para el análisis del comportamiento de la presa.
- En general, se obtuvieron modelos estadísticos bastante robustos de las lecturas de los diferentes piezómetros situados en la cimentación de la presa. La siguiente tabla presenta

los errores cuadráticos obtenidos en el ajuste estadístico, para el período de cálculo y comprobación.

Piezómetro	% Error cuadrático	
	Fase de cálculo	Fase de comprobación
PCV2	0,43	0,37
PCV3	0,30	0,46
PCV4	0,19	0,34
PCV5	0,29	0,32
PCV6	0,43	0,49
PCV7	0,36	0,32
PCV8	0,42	0,57
PCV9	0,32	0,83
PCV10	0,27	0,37

Tabla. Resultados de ajustes estadísticos

- El comportamiento de los piezómetros PCV-2, PCV-3, PCV-4, PCV-5 y PCV-7, tienen influencia únicamente de la carga hidrostática.
- Los modelos estadísticos de los piezómetros PCV-6, PCV-8, PCV-9 y PCV-10 presentan una particular dependencia, además de la carga hidrostática, de la temperatura medioambiental, la cual parece ser producto de la sensibilidad del coeficiente térmico del material de la cuerda vibrante de los instrumentos. Para demostrar tan curiosa influencia térmica se realizaron dos modelos estadísticos a cada piezómetro, el primero calculando el mejor ajuste estadístico (con dependencia de la carga hidrostática y la temperatura) y el segundo solamente con influencia del nivel de embalse.
- Los piezómetros PCV2, PCV3, PCV8, PCV9 y PCV10 presentan efecto irreversible de acumulados en el tiempo, la siguiente tabla muestra dicho valor.

Piezómetro	Efecto irreversible (mca/año)
PCV2	0,24
PCV3	0,23
PCV8	0,20
PCV9	0,42
PCV10	0,31

Tabla. Tendencia de acumulados en el tiempo de los piezómetros

APÉNDICE 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MODELACIÓN ESTADÍSTICA

El siguiente apéndice se ha extraído del manual del programa de modelación estadística AUSMODEL.

A1.1 INTRODUCCIÓN.

AUSMODEL es un programa informático de modelización estadística de datos de auscultación enfocado fundamentalmente a presas desarrollado por OFITECO, y especialmente concebido para el tratamiento de los datos históricos, el control y la previsión de los fenómenos relacionados con las presas, donde la complejidad en el manejo de las variables que intervienen hace imprescindible el apoyo de las herramientas informáticas.

El modelo estadístico AUSMODEL permite obtener las ecuaciones empíricas que rigen el comportamiento de cada variable de control de la presa (movimientos, subpresiones, temperaturas del hormigón, deformaciones, filtraciones, etc.), en función del tiempo transcurrido desde una fecha origen, los niveles de embalse y las temperaturas de referencia medidas "in situ". Estas ecuaciones proporcionan un sistema de control de los distintos parámetros medidos en la presa, poniendo de manifiesto los fenómenos anómalos que produzcan desviaciones respecto de lo esperado.

Como apoyo a la modelización de las variables de control, AUSMODEL permite aislar los distintos efectos que intervienen en la modelización, esto es: efecto térmico, efecto del nivel de embalse y efecto temporal o irreversible.

AUSMODEL también permite aislar los fenómenos que dependen exclusivamente del tiempo y de los sucesos no contemplados en la modelización, realizando un tratamiento específico de los mismos, consistente en la obtención de las tendencias que siguen las variables de control por estos motivos.

Además, AUSMODEL permite visualizar e imprimir los gráficos generados por las ecuaciones deducidas, así como los resultados numéricos obtenidos en el cálculo.

A1.2 DATOS

Para el funcionamiento del programa son necesarios dos tipos de datos:

- De variables exteriores
- De variables de control

El fichero de variables exteriores será común a todos los aparatos de una misma presa, cuyos datos se van a modelizar. Este fichero contendrá los siguientes datos:

- Fecha de toma de datos
- Cota del nivel del embalse (m) en la fecha correspondiente
- Temperatura ambiente (°C)
- Precipitación (mm)

En el caso de no disponer de alguna de las variables indicadas, se podrá prescindir de ella, sustituyéndola por una ficticia.

AUSMODEL toma estos datos mediante la importación de ficheros ASCII, ficheros DAMDATA, ficheros de versiones anteriores de Ausmodel, o por el procedimiento de cortar y pegar, desde cualquier aplicación Windows estándar, como puede ser Excel, Access, Word u otros editores de datos o texto.

Para modelizar los datos de la variable de control obtenidos mediante uno de los aparatos de auscultación de la presa, es preciso introducir un fichero que contenga la siguiente información:

- Fecha de toma de datos.
- Valor de la variable de control medida en la fecha correspondiente.

La estructura y el procedimiento para este tipo de ficheros son los mismos que los explicados para las variables exteriores.

A1.3 JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

El proceso de localización de comportamientos anormales en una presa exige conocer las leyes de respuesta de la misma frente a las acciones exteriores. Estas leyes se pueden obtener fundamentalmente por dos vías:

- Efectuando los cálculos teóricos para determinar la respuesta de la presa a las acciones exteriores, supuestas conocidas las características mecánicas y geológicas de los materiales. Es lo que se conoce como "modelo determinista".
- Basándose en las observaciones realizadas sobre los distintos parámetros características del comportamiento de la presa y obteniendo de ellas un "modelo estadístico".

Esta segunda opción puede resultar más razonable cuando se dispere de una amplia información sobre la historia de la presa, puesto que basa los resultados del modelo sobre datos reales, eliminando así la posibilidad de utilizar hipótesis erróneas, incluyendo además factores que podrían considerarse despreciables en un modelo determinista.

El objetivo del modelo estadístico será, en consecuencia, encontrar una relación suficientemente estable y precisa entre las variables exteriores y las variables de control registradas durante la historia pasada de la presa, permitiendo realizar una interpretación de la misma que, de otra forma podría tener un carácter especulativo, intuitivo o incluso erróneo.

La metodología seguida por AUSMODEL se fundamenta, como en otros modelos estadísticos, sobre la consideración de tres componentes básicas aditivas en la variable de control.

- La correspondiente a la parte irreversible derivada de las deformaciones y otros fenómenos progresivos debidos a la evolución de las propiedades del hormigón, cimentación, etc. o a fenómenos más o menos bruscos de acomodación, función todo ello del tiempo cronológico transcurrido desde una fecha origen.
- La correspondiente al efecto del nivel de embalse, que podría llamarse "componente elástica" en el caso de tratarse de los movimientos sufridos por la presa de obra de fábrica, aunque esta componente también afecta a otro tipo de fenómenos, tales como caudales drenados, temperaturas del hormigón, etc.

- La correspondiente al efecto del ciclo térmico anual

El proceso de obtención de un modelo estadístico es habitualmente el siguiente:

- Creación del modelo
- Identificación de los coeficientes
- Contraste del modelo
- Establecimiento de tolerancias y análisis del modelo

Además AUSMODEL añade un paso nuevo a este proceso:

- Obtención de tendencias en valores acumulados en el tiempo

A1.3.1 Creación del modelo

La expresión general del modelo estadístico es la siguiente:

$$V(t, H, T) = a_1 + \sum a_i \cdot f_i(t) + \sum a_j \cdot f_j(H) + \sum a_k \cdot f_k(t, T) + \sum a_l \cdot f_l(t, H)$$

Donde:

* a_1 : Término independiente

* $f_i(t)$: Funciones del tiempo cronológico (t). Dentro de éstas se incluyen:

$\ln(t)$

$1 - 1/\ln(t)$

$1 - 1/e^{(t/365)}$

$\text{sen}(PT)$

$\text{cos}(PT)$

$\text{sen}(2PT)$

$\text{cos}(2PT)$

Las 3 primeras tratan de representar el efecto irreversible sobre la variable de control, y las 4 siguientes el efecto del ciclo térmico anual. En estas últimas, $PT (2\pi/365)$ es el ángulo equivalente al tiempo transcurrido del año para cada fecha.

* $f_j (H)$: Funciones de la cota del nivel del embalse (H). En ellas quedan encuadradas las siguientes funciones:

HC

HC²

HC³

$(HC - HCA) \cdot HC^2$

Donde $HC = (H - H_o)/(H_M - H_o)$

Siendo H_o la cota mínima establecida para el nivel de embalse y H_M la máxima, por lo tanto, siempre que H quede entre los límites H_o y H_M , HC podrá variar entre 0 y 1.

La suma de las 3 primeras funciones constituye un polinomio que representa el efecto del nivel de embalse sobre la variable de control, mientras que la última incluye también el valor que toma HC en una fecha anterior a la considerada (HCA), contemplando así la repercusión de las variaciones del nivel de embalse sobre la variable de control.

* $f_k (t,T)$: Funciones del tiempo cronológico (t) y la temperatura ambiente (T). Estas funciones son:

TD - TDC

TMM - TMMC

TMMA - TMMCA + TMM - TMMC

Son el resultado de añadir a las funciones térmicas ya descritas, el efecto de las temperaturas reales medidas en la zona presa. Su importancia reside en que la onda térmica real y con mayor motivo los datos puntuales (diarios) difieren de los valores de la onda térmica calculada.

Existen dos ondas térmicas teóricas que se calculan con los datos aportados correspondientes a las temperaturas ambientales medidas:

$$TDC = C1 \text{ Sen (PT)} + C2 \text{ Cos (PT)} + C3 \text{ Sen (2PT)} + C4 \text{ Cos (2PT)}$$

$$TMMC = C5 \text{ Sen (PT)} + C6 \text{ Cos (PT)} + C7 \text{ Sen (2PT)} + C8 \text{ Cos (2PT)}$$

Donde los valores de C_i son los de los coeficientes obtenidos para las ondas térmicas y PT tiene el mismo significado explicado anteriormente.

TDC representa la onda térmica media anual y TMMC la onda térmica media anual calculada con las medias móviles de n días, siendo n el número de días especificado para el cálculo de dichas medias móviles.

TD es la temperatura media ambiental en cada fecha.

TMM es la temperatura media móvil de n días en cada fecha.

TMMA es la temperatura media móvil de n días en una fecha anterior a la considerada, distante de ésta n días y TMMCA es el valor de TMMC en la misma fecha anterior.

* $f_l(t,H)$ son las funciones que dependen del tiempo cronológico (t) y la cota de la lámina del embalse (H). Están incluidas:

$$\text{Sen (PT)} * HC^2$$

$$\text{Cos (PT)} * HC^2$$

En ellas, PT y HC tienen el mismo significado que ya se ha expuesto.

Son las funciones denominadas de "corrección embalse-térmico", resultantes de condicionar el efecto del ciclo térmico sobre la variable de control a través del nivel del embalse. Tratan de reflejar la influencia del efecto de variación térmica del agua del embalse, que hace variar la acción de la temperatura ambiente sobre la presa.

* a_i, a_j, a_k, a_l son los coeficientes que multiplican a las funciones descritas.

A1.3.2 Identificación de los coeficientes

Esta parte de la modelización se lleva a cabo por medio de un ajuste por el método de los mínimos cuadrados, de los coeficientes de las funciones. Si llamamos ahora f_{ij} a los valores de las funciones definidas para la modelización y para la fecha j , VC_j al valor real obtenido mediante la medida de la variable de control en la fecha j y a_i a los coeficientes de las funciones f_i , tenemos que el error cometido en la fecha j , será:

$$E_j = \sum a_i f_{ij} - VC_j$$

Por lo tanto, habrá que minimizar el valor:

$$\sum E_j^2 = \sum (\sum a_i f_{ij} - VC_j)^2$$

Así pues, para obtener los coeficientes "ai" buscados es necesario resolver el sistema de ecuaciones:

$$\sum (\sum a_i f_{ij} - VC_j) \cdot f_{ij} = 0$$

A1.3.3 Contraste del modelo y obtención del índice de tolerancia

Una vez obtenidos los coeficientes de las funciones de ajuste según la secuencia descrita, se debe proceder a la comprobación del funcionamiento del modelo adoptado utilizando tanto los datos considerados como pertenecientes al período de ajuste como los que se incluyen en el período de contraste.

Para llevar a cabo el contraste se procede de la siguiente manera:

- Aplicación del modelo para los períodos de ajuste y de contraste.
- Obtención de las desviaciones cuadráticas medias producidas en cada uno de los 2 períodos.
- Contraste de las desviaciones cuadráticas obtenidas para ambos casos mediante la relación R:

$$R=Sc/Sa$$

Siendo:

Sc = Desviación cuadrática media del período de contrastación.

Sa = Desviación cuadrática media del período de ajuste.

- Obtención de la banda definida por:

$$d = \pm 2,58 SA \text{ (banda de tolerancia)}$$

Este valor resulta de adoptar la hipótesis de que los errores cometidos (diferencia entre las previsiones del modelo y las medidas reales) se distribuyen aleatoriamente según una función normal con desviación típica igual a la del período de ajuste (SA) y media cero. El valor $\pm 2,58$ es el que corresponde al intervalo que contiene con probabilidad del 99% los valores del error, según esta función de distribución.

- Obtención del índice de tolerancia. Este índice es el porcentaje de valores del error comprendidos dentro de la banda anterior, para el período de contraste.

En resumen, cuando las desviaciones cuadráticas sean lo suficientemente pequeñas en ambos períodos (del orden del 10% o menores de la diferencia entre los valores máximos y mínimos de la variable de control) y la relación R definida sea cercana o inferior a 1, normalmente se podrá decir que el modelo conseguido es óptimo.

Como complemento, el índice de tolerancia aporta otra forma de medir la bondad del ajuste. Siempre que se cumplan las relaciones anteriores, un índice de tolerancia alto confirma la bondad del ajuste.

Al analizar este índice debe tenerse en cuenta la posibilidad de que existan situaciones excepcionales o infrecuentes que, sin ser alarmantes, responden a circunstancias que no han sido consideradas durante el período de ajuste por no haberse producido con la suficiente frecuencia durante éste o incluso a errores en la toma de datos.

Un índice de tolerancia cercano al 100% pone de manifiesto una respuesta de la variable de control durante el período de comprobación muy similar a la que tenía durante el período de ajuste y por tanto se puede decir que durante este período de comprobación el modelo es igualmente válido.

A1.3.4 Estudio de tendencias

Como complemento a la modelización, o cuando no es posible llegar a conseguir a un modelo adecuado, es conveniente el estudio de la tendencia en los valores acumulados en el tiempo.

Llamamos valores acumulados en el tiempo al resultado de restar a cada valor de la variable de control, el resultado de aplicar el modelo obtenido, exceptuando las funciones correspondientes al efecto irreversible.

Para el estudio de la tendencia se realiza un análisis de regresión lineal de la nube de puntos tomando varios intervalos de tiempo en los que se aprecia una tendencia estable o un único intervalo si dicha tendencia es uniforme en todo el período de tiempo.

Si llamamos t al tiempo cronológico transcurrido, correspondiente al valor acumulado en el tiempo en la fecha i desde la fecha origen, y P a dicho valor, la recta de regresión correspondiente al intervalo considerado será:

$$P = LRA + LRB \cdot t$$

Donde:

$$LRB = (n \cdot \sum P_i T_i - \sum P_i \sum T_i) / (n \cdot \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2)$$

$$LRA = (\sum P - LRB \cdot \sum T_i) / n$$

$$n = N^{\circ} \text{ de datos del intervalo}$$

De aquí se obtiene también el coeficiente de correlación (CC) que oscila entre 0 y 1 y nos indica la mayor o menor influencia del paso del tiempo sobre los valores acumulados en el tiempo, según este sea mayor o menor. Su expresión es:

$$CC = (n \cdot \sum P_i T_i - \sum P_i \cdot \sum T_i) / (n \cdot \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2 \cdot n \cdot \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2)$$

Y el valor de X_{99} , definido como la semiapertura del intervalo que contiene con una probabilidad del 99% los puntos de la nube, el cual permite detectar fácilmente desviaciones importantes en el comportamiento de la variable de control.

$$X_{99} = 2,58 \cdot DT + M$$

Donde M es el valor medio de las diferencias entre los valores de las ordenadas de los puntos de la nube (P_i) y el valor de la recta en la abscisa correspondiente (T_i). Es decir, este valor de X_{99} es el que resulta de considerar la diferencia entre la recta y los puntos como una variable aleatoria que sigue una distribución normal de media M y desviación típica DT .

Por último, la deriva o tendencia buscada es la pendiente de la recta, es decir, el valor LRB , que expresado en unidades/año resulta:

$$\text{Deriva} = LRB \cdot n / 365 \text{ (uds/año)}$$

Anejo 7: VISITA A LA PRESA DE GUIAMETS

VISITA A LA PRESA DE GUIAMETS (12.09.2008)

ASISTENTES

Sr. Ignacio Escuder Bueno

Sr. Luis García Kabbabe

Sr. Carlos Riera Planells

Sr. José Daniel Rosales Maniglia

Encargado de la presa: Sr. Joan Carreté.

DATOS DE INTERÉS

Tipo: presa de gravedad de planta recta y hormigón en masa convencional, de 189,20 m. de longitud de coronación

Fecha de finalización de construcción: 1970.

Nivel Máximo Normal (N.M.N.): 184,87 m.s.n.m.

Nivel de embalse día de la visita: 177,43 m.s.n.m.

Para un mayor entendimiento de lo expuesto a continuación, se ha realizado el Anejo Nº 4, denominado Documentación Fotográfica.

SISTEMA DE AUSCULTACIÓN EXISTENTE

Variables exteriores:

- Nivel de embalse, se mide mediante un limnógrafo eléctrico y manualmente al acotar la altura de agua en un agujero existente en coronación.

Variables de control:

- Control topográfico de movimientos en coronación.
- Control de desplazamientos horizontales absolutos mediante un conjunto de péndulos directo e invertido.
- Control de movimientos de juntas mediante 10 medidores tridimensionales.
- Control de filtraciones mediante 2 aforadores
- Control de subpresiones mediante 10 piezómetros de cuerda vibrante.

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS DEL ENCARGADO

- Al recorrer la coronación de la presa y observar el nivel del embalse se detectó que las cotas de nivel máximo normal y de coronación están erradas en el Documento XYZT y en los planos anexos al mismo; siendo el nivel máximo normal correcto de 184,87 m.s.n.m.
- En el año 2000 la empresa Gines y Navarro realiza inyecciones de hormigón en la coronación de la presa.
- Existen sectores en los cuales se observa que el paramento aguas abajo se encuentra abombado y con coqueras, pero bastante seco, es probable que estos daños fueron causados antes de las inyecciones.
- Se observó una zona húmeda en el paramento aguas abajo de la presa y cerca de la coronación.
- La presa ha aliviado en dos ocasiones, año 1971 (antes de comenzar su explotación) y en el año 2004.
- En la parte inferior del estribo derecho se observa una filtración a través de la roca hacia aguas abajo.

- Los estribos de la presa están recubiertos de concreto.
- Se observa arrastre de sedimentos en el estribo derecho, siendo éste de color oscuro (negro y marrón), probablemente materia orgánica o carbonos.
- El estribo izquierdo se encuentra en mejor estado que el derecho y más seco.
- Se observaron drenes rezumando en la galería inferior.
- El contacto perimetral de las galerías no tiene iluminación.
- La galería superior no se afora.
- En la galería superior, cerca del estribo izquierdo, existe una escalera ciega que no conduce a ningún sitio.
- La galería superior presenta menos arrastre de sedimentos que la inferior.
- En el año 2006 se modernizó el sistema de distribución para riego, pasando de ser canal abierto a tubería a presión.

Anejo N° 8: DOCUMENTACIÓN RELATIVA A LA AUSCULTACIÓN

DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE

1. Normas de Explotación de la Presa de Guiamets. UTE INCLAM/SURGE.
Diciembre de 2003
2. Documento XYZT de la Presa de Guiamets. UTE INCLAM/SURGE.