



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TITULO:**

AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO,  
PERIODO 1988-2016

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Bach. WILLIAM HERIBERTO TARRILLO BUSTAMANTE  
Bach. SANTOS VILCABANA BERNILLA

**ASESOR:**

ING. MARCO CERNA VASQUEZ

**LINEA DE INVESTIGACION:**

DISEÑO DE OBRAS HIDRAULICAS Y SANEAMIENTO

CHICLAYO – PERÚ

2017

**“AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO,  
PERIODO 1988-2016”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. William Heriberto Tarrillo Bustamante

Bach. Santos Vilcabana Bernilla

**APROBADO POR:**



---

**Ing. PAZ MURO HANSEL GILBERTO  
PRESIDENTE**



---

**Ing. PATAZCA ROJAS PEDRO RAMON  
SECRETARIO**



---

**Ing. TEPE GASTULO CARLOS MANUEL  
VOCAL**

# DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi esposa Lupita y  
a mis hijos William Manuel y Analucia

A mis padres y hermanos con inmensa  
gratitud por su soporte en el impulso de  
esta profesión

A mi amigo y compañero de tesis,  
por su persistencia e interés de  
desarrollarnos en el basto campo  
de la Ingeniería Civil

***William Heriberto Tarrillo Bustamante***

# **DEDICATORIA**

## **A DIOS**

Quien me guía en esta vida, por darme la  
fortaleza para concluir este proyecto y  
por la oportunidad de servir a los demás.

## **EN ESPECIAL A MI FAMILIA**

Por su apoyo incondicional brindado en  
todo momento de mi formación  
profesional en esta carrera.

***Santos Vilcabana Bernilla***

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad César Vallejo, alma mater y a sus Docentes, por sus enseñanzas y experiencia que influyeron en la consolidación de este trabajo.

Nuestro agradecimiento al asesor de tesis, ingeniero Marco Cerna Vásquez por el apoyo absoluto con sus conocimientos que orientaron el camino a la elaboración y afianzamiento de la presente Tesis.

Al personal profesional y técnico del Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña (PEJEZA).

A nuestros amigos y compañeros de trabajo de la empresa Operación y Mantenimiento OPEMA-JEQUETEPEQUE y Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Jequetepeque (JUSHJ), que nos apoyaron con el acceso a la información, elemento base para la elaboración de este estudio.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, William Heriberto Tarrillo Bustamante con DNI N° 27422561 y Santos Vilcabana Bernilla con DNI N° 41431780, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes considerada en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la información que se acompaña es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la actual tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 07 de Julio del año 2017

  
.....  
William Heriberto Tarrillo Bustamante

  
.....  
Santos Vilcabana Bernilla

# PRESENTACION

Los ríos de la costa peruana son de régimen irregular por tal motivo se han venido construyendo presas en los diferentes valles, con la finalidad de almacenar el agua proveniente de la sierra en épocas lluviosas, para luego ser utilizada en periodos de sequía, es el caso típico en el valle Jequetepeque que entre los años 1982 a 1987 se construyó la presa Gallito Ciego, con la finalidad de almacenar 638.10 Hm<sup>3</sup> para atender a 32,000 hectáreas (ha) y ampliar la frontera agrícola hasta 64,000 ha.

En nuestro país actualmente existen 25 grandes presas, cuya función no solamente son para atender con agua en la agricultura sino también para generar energía limpia, es decir se han construido centrales eléctricas que aprovechan la energía potencial del agua.

En el norte de la costa peruana se han construido tres grandes presas de tierra: Poechos (Piura) con capacidad total de 980 Hm<sup>3</sup>, Tinajones (Lambayeque) con 320 Hm<sup>3</sup> y Gallito Ciego (Cajamarca) con 638.10 Hm<sup>3</sup>, éstos reservorios han requerido la construcción de grandes diques ya sea en longitud o altura para poder almacenar el mayor volumen de agua posible para asegurar las campañas agrícolas en sus respectivos valles.

Paralelo a la construcción de los grandes diques de tierra en especial nos referimos a Gallito Ciego se ha tenido en consideración la Seguridad de Presas, para tal fin desde la fase de su construcción se ha instalado una serie de sensores electrónicos internamente y también accesorios externos de control, los cuales nos están permitiendo evaluar el comportamiento del cuerpo de la presa, actividad que es de exigencia primordial a nivel nacional y mundial en estas grandes estructuras desde su diseño, construcción y operación con la finalidad de conocer su comportamiento estructural con el pasar de los años durante su vida útil, de allí es que nace nuestro trabajo de tesis denominado "AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016".

# INDICE

|                                    | <b>PÁG.</b> |
|------------------------------------|-------------|
| CARÁTULA.....                      | I           |
| PÁGINA DEL JURADO .....            | II          |
| DEDICATORIA .....                  | III         |
| DEDICATORIA .....                  | IV          |
| AGRADECIMIENTO .....               | V           |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD ..... | VI          |
| PRESENTACIÓN .....                 | VII         |
| ÍNDICE .....                       | VIII        |
| <br>                               |             |
| <b>RESUMEN .....</b>               | <b>1</b>    |
| <b>SUMMARY .....</b>               | <b>2</b>    |

## CAPITULO I

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 4  |
| 1.1 Realidad Problemática.....   | 5  |
| 1.2 Trabajos Previos .....   | 6  |
| 1.3 Teorías Relacionadas al Tema .....   | 6  |
| 1.3.1 Presa .....  | 6  |
| 1.3.2 Definición de la Seguridad de la Presa .....   | 6  |
| 1.3.3 Causas del Deterioro y Falla de las Presas .....   | 7  |
| 1.3.4 Evaluación de la Seguridad de Presas.....  | 8  |
| 1.3.5 La Auscultación de Presas.....   | 9  |
| 1.3.6 La Auscultación en las Distintas Faces de las Presas.....  | 9  |
| 1.3.7 Criterios para la Instalación, Operación y Mantenimiento<br>de los Sistemas de Auscultación..... | 10 |
| 1.3.8 Magnitudes a Medir en la Auscultación.....   | 11 |
| 1.3.9 Instrumentación en el Cuerpo de Presas .....   | 12 |
| 1.3.10 Normas de Seguridad de Grandes Presas.....  | 13 |

|   |    |
|---|----|
| 1.3.11 Ley de Recursos Hídricos N° 29338 .....                      | 14 |
| 1.3.12 Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338..... | 14 |
| 1.4 Formulación del Problema .....                                  | 15 |
| 1.5 Justificación del Estudio.....                                  | 16 |
| 1.6 Hipótesis.....  | 16 |
| 1.7 Objetivos .....   | 16 |
| 1.7.1 Objetivo General.....   | 16 |
| 1.7.2 Objetivos Específicos.....                                    | 16 |

## **CAPITULO II**

|   |    |
|---|----|
| 2. METODO.....  | 18 |
| 2.1 Diseño de Investigación .....   | 18 |
| 2.2 Variables, Operacionalización .....   | 18 |
| 2.2.1 Variables.....  | 18 |
| 2.2.2 Operación de Variables.....   | 18 |
| 2.3 Población y Muestra.....  | 18 |
| 2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Validez y<br>Confiabilidad..... | 19 |
| 2.5 Métodos de Análisis de Datos .....  | 20 |
| 2.6 Aspectos Éticos.....  | 20 |

## **CAPITULO III**

|   |    |
|---|----|
| 3. RESULTADOS .....   | 22 |
| 3.1.- Características Generales de la Zona de Estudio ..... | 22 |
| 3.1.1.- El Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña .....        | 22 |
| 3.1.2.- La Cuenca del Río Jequetepeque .....                | 22 |
| 3.1.3.- Embalse y Presa Gallito Ciego .....                 | 27 |
| 3.1.4.- Obras Conexas o Complementarias.....                | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2. Sistema de Auscultación de la Presa Gallito Ciego .....                 | 36 |
| 3.2.1.- Equipos para las Mediciones de Auscultación .....                    | 37 |
| 3.2.2.- Instrumentación Interna Instalada en la Presa.....                   | 39 |
| 3.2.3.- Instrumentación Externa Instalada en la Presa.....                   | 45 |
| 3.2.4.- Instrumentos Instalados Fuera de la Presa.....                       | 46 |
| 3.3.- Evaluación de los Equipos de Auscultación .....                        | 49 |
| 3.3.1.-Evaluación del Estado Actual de los Equipos de Medición.....          | 49 |
| 3.3.2 Evaluación del Estado Actual de los Sensores de<br>Auscultación .....  | 50 |
| 3.4.- Evaluación de las Variables de Control de la Presa Gallito Ciego ..... | 51 |
| 3.4.1.- Evaluación de las Variables Hidráulicas de 1988 a 1990 .....         | 52 |
| 3.4.2.- Evaluación de las variables hidráulicas de 1998 al 2016 .....        | 52 |
| 3.4.3.- Evaluación de las Variables Deformacionales .....                    | 70 |

## **CAPITULO IV**

|  |    |
|--|----|
| 4. DISCUSION .....   | 77 |
| 4.1.- Evaluación del Sistema de Auscultación .....                           | 77 |
| 4.1.1 Evaluación del Estado Actual de los Equipos de Medición.....           | 77 |
| 4.1.2 Evaluación del estado actual de los sensores de auscultación.....      | 77 |
| 4.2.- Evaluación de las Variables de Control de la Presa Gallito Ciego ..... | 78 |
| 4.2.1.- Evaluación de las Variables Hidráulicas de 1998 al 2016 .....        | 78 |
| 4.2.2.- Evaluación de las Variables Deformacionales .....                    | 80 |

## **CAPITULO V**

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 5. CONCLUSIONES ..... | 84 |
|-----------------------|----|

## **CAPITULO VI**

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 6. RECOMENDACIONES..... | 86 |
|-------------------------|----|

## **CAPITULO VII**

|    |                                      |    |
|----|--------------------------------------|----|
| 7. | REFERENCIAS .....                    | 88 |
|    | 7.1. Referencias Bibliográficas..... | 88 |
|    | 7.2. Linkcografía .....              | 89 |

## **CAPITULO VIII**

|    |              |    |
|----|--------------|----|
| 8. | ANEXOS ..... | 91 |
|----|--------------|----|

## ÍNDICE DE ANEXO

|                                   | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------|-------------|
| ANEXO I Cuadros .....             | XIII        |
| ANEXO II Gráficos .....           | XIV         |
| ANEXO III Panel Fotográfico ..... | XXI         |
| ANEXO IV Planos .....             | XXII        |

## ÍNDICE DE ANEXO I – CUADROS

Pág.

### CUADRO N°:

|  |     |
|--|-----|
| 1. Caudal Medio Mensual del Rio Jequetepeque 1980-2016. ....   | 93  |
| 2. Masa Mensual del Rio Jequetepeque 1980-2016. ....   | 94  |
| 3. Sedimentos en Suspensión Retenidos en el Embalse Gallito<br>Ciego 1987-2016 .....                     | 95  |
| 4. Reservorio Gallito Ciego Batimetrías 1991-2016 .....  | 96  |
| 5. Reservorio Gallito Ciego Nivel de Embalse vs Volumen<br>Total – Área – Batimetría 2013. ....          | 97  |
| 6. Precipitación Estación Gallito Ciego 1996-2016. ....  | 98  |
| 7. Instrumentos de Auscultación Instalados en Presa Gallito<br>Ciego 1982-1987. ....                     | 99  |
| 8. Celdas de Presión de Poros o Piezómetros de Cuerda Vibrante. ....                                     | 100 |
| 9. Celdas de Presión Total. ....   | 102 |
| 10. Extensómetros de Cuerda Vibrante. ....   | 104 |
| 11. Equipos de Medición en la Auscultación de la Presa Gallito<br>Ciego – Evaluación al Año 2016. ....   | 105 |
| 12. Instrumentos Instalados en la Presa Gallito Ciego-situación<br>Actual a Diciembre del Año 2016. .... | 106 |
| 13. Nivelación Precisa de Puntos de Control de Deformación – Diciembre<br>2016. ....                     | 107 |
| 14. Triangulación de Puntos de Control de Deformación – Presa<br>Gallito Ciego Noviembre 2016. ....      | 108 |

## ÍNDICE DE ANEXO II – GRAFICOS

Pág.

### GRAFICO N°:

|   |     |
|---|-----|
| 1. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 110 |
| 2. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 111 |
| 3. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 112 |
| 4. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 113 |
| 5. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 114 |
| 6. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 115 |
| 7. Comportamiento de la Presión de Poros en Base de la Presa Gallito<br>Ciego 1987-1990 ..... | 116 |
| 8. Comportamiento de la Presión de Poros-Nivel 345.00 msnm 1987-1990 .....                    | 117 |
| 9. Comportamiento de la Presión de Poros-Nivel 374.00 msnm 1987-1990 .....                    | 118 |
| 10. Comportamiento de la Presión de Poros-Nivel 374.00 msnm 1987-1990. ....                   | 118 |
| 11. Comportamiento de la Presión de Poros-Nivel 374.00 msnm 1987-1990. ....                   | 120 |
| 12. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+100 1985-1990. ....                        | 121 |
| 13. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+200 1985-1990. ....                        | 122 |
| 14. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+300 1985-1990. ....                        | 123 |
| 15. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+400 1985-1990. ....                        | 124 |
| 16. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+500 1985-1990. ....                        | 125 |
| 17. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+600 1985-1990. ....                        | 126 |
| 18. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Sección 0+700 1985-1990. ....                        | 127 |
| 19. Asentamientos en Corona Presa Gallito Ciego 1985-1990. ....                               | 128 |

|  |     |
|--|-----|
| 20. Piezómetros-Fluctuaciones de Niveles Freáticos 1988. ....  | 129 |
| 21. Piezómetros-Fluctuaciones de Niveles Freáticos 1989. ....  | 130 |
| 22. Piezómetros-Fluctuaciones de Niveles Freáticos 1990. ....  | 131 |
| 23. Caudales de Drenaje en Pie de Presa Gallito Ciego 1987-1990. ....  | 132 |
| 24. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+100 – 345.0 msnm .....         | 133 |
| 25. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+100 – 374.0 msnm .....         | 134 |
| 26. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 313.0 msnm .....         | 135 |
| 27. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm .....         | 136 |
| 28. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 374.0 msnm .....         | 137 |
| 29. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 397.0 msnm .....         | 138 |
| 30. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+215 – 309.0 msnm .....         | 139 |
| 31. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+300 – 307.0 msnm .....         | 140 |
| 32. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+300 – 307.0 msnm .....         | 141 |
| 33. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+300 – 345.0 msnm. ....         | 142 |
| 34. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+300 – 374.0 msnm. ....         | 143 |
| 35. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 307.0 msnm. ....         | 144 |
| 36. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 301.0 y 307.0 msnm. .... | 145 |
| 37. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 307.0 msnm. ....         | 146 |
| 38. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito   |     |

|  |     |
|--|-----|
| Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....           | 147 |
| 39. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+400 – 374.0 msnm. ....           | 148 |
| 40. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+400 – 396.0 msnm. ....           | 149 |
| 41. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+500 – 307.0 msnm. ....           | 150 |
| 42. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+500 – 300.0 y 307.0 msnm. ....   | 151 |
| 43. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+500 – 345.0 msnm. ....           | 152 |
| 44. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+500 – 374.0 msnm. ....           | 153 |
| 45. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+500 – 396.0 msnm. ....           | 154 |
| 46. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+600 – 300.0 y 308.0 msnm. ....   | 155 |
| 47. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....           | 156 |
| 48. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+600 – 374.0 msnm. ....           | 157 |
| 49. Comportamiento de Presiones De Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+600 – 303.0 y 308.0 msnm. ....   | 158 |
| 50. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+600 – 396.0 msnm. ....           | 159 |
| 51. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+700 – 345.0 msnm. ....           | 160 |
| 52. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+700 – 374.0 msnm. ....           | 161 |
| 53. Comportamiento de Presiones de Poros Presa Gallito |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+700 – 336.0 msnm. ....           | 162 |
| 54. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito  |     |
| Ciego 1998-2016, km 0+100 – 345.0 msnm. ....           | 163 |

|   |     |
|---|-----|
| 55. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 307.0 y 309.0 msnm. .... | 164 |
| 56. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 313.0 msnm. ....         | 165 |
| 57. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....         | 166 |
| 58. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....         | 167 |
| 59. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....         | 168 |
| 60. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....         | 169 |
| 61. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 307.0 msnm. ....         | 170 |
| 62. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 311.0 y 312.0 msnm. .... | 171 |
| 63. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....         | 172 |
| 64. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....         | 173 |
| 65. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....         | 174 |
| 66. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....         | 175 |
| 67. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 307.0 y 311.0 msnm. .... | 176 |
| 68. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 308.0 msnm. ....         | 177 |
| 69. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....         | 178 |
| 70. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....         | 179 |

|   |     |
|---|-----|
| 71. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....         | 180 |
| 72. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....         | 181 |
| 73. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 303.0 y 308.0 msnm. .... | 182 |
| 74. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+700 – 345.0 msnm. ....         | 183 |
| 75. Comportamiento de Presiones Totales Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+700 – 336.0 msnm. ....         | 184 |
| 76. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+100 – 345.0 msnm. ....             | 185 |
| 77. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+100 – 374.0 msnm. ....             | 186 |
| 78. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 313.0 msnm. ....             | 187 |
| 79. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....             | 188 |
| 80. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+200 – 345.0 msnm. ....             | 189 |
| 81. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+100 – 374.0 msnm. ....             | 190 |
| 82. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 307.0 msnm. ....             | 191 |
| 83. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....             | 192 |
| 84. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 345.0 msnm. ....             | 193 |
| 85. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+400 – 374.0 msnm. ....             | 194 |
| 86. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 308.0 msnm. ....             | 195 |

|  |     |
|--|-----|
| 87. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....              | 196 |
| 88. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 345.0 msnm. ....              | 197 |
| 89. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+600 – 374.0 msnm. ....              | 198 |
| 90. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+700 – 345.0 msnm. ....              | 199 |
| 91. Comportamiento de Extensómetros Presa Gallito<br>Ciego 1998-2016, km 0+700 – 374.0 msnm. ....              | 200 |
| 92. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 100. ....              | 201 |
| 93. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 200. ....              | 202 |
| 94. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 300. ....              | 203 |
| 95. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 400. ....              | 204 |
| 96. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 500. ....              | 205 |
| 97. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 600. ....              | 206 |
| 98. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 600 Eje de Presa. .... | 207 |
| 99. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Corona de Presa – Maihak 700. ....              | 208 |
| 100. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 100. ....                   | 209 |
| 101. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 200. ....                   | 210 |
| 102. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 300. ....                   | 211 |

|  |     |
|--|-----|
| 103. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 400. ....                                 | 212 |
| 104. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 500. ....                                 | 213 |
| 105. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 600. ....                                 | 214 |
| 106. Asentamientos en Presa Gallito Ciego Periodo 1998-2016,<br>Berma 375 – Maihak 700. ....                                 | 215 |
| 107. Comportamiento de Filtraciones en Vertederos Pie de Presa<br>Gallito Ciego, Enero 1998 – Diciembre del 2016. ....       | 216 |
| 108. Comportamiento de Filtraciones en Vertederos Pie de Presa<br>Gallito Ciego, Enero 1998 – Diciembre del 2016. ....       | 217 |
| 109. Fluctuaciones del Nivel Freático en Piezómetros en Pie de Presa<br>Gallito Ciego, Enero 1998 – Diciembre del 2016. .... | 218 |
| 110. Fluctuaciones del Nivel Freático en Piezómetros en Pie de Presa<br>Gallito Ciego, Enero 1998 – Diciembre del 2016. .... | 219 |
| 111. Fluctuaciones del Nivel Freático en Piezómetros en Pie de Presa<br>Gallito Ciego, Enero 1998 – Diciembre Del 2016. .... | 220 |

## ÍNDICE DE ANEXO III – PANEL FOTOGRÁFICO

Pág.

### FOTOGRAFIA N°:

|   |     |
|---|-----|
| 1. Presa Gallito Ciego - Vista desde Margen Derecha .....   | 222 |
| 2. Presa Gallito Ciego- Vista desde Aguas Abajo .....   | 222 |
| 3. Presa Gallito Ciego- Vista desde Margen Izquierda.....   | 223 |
| 4. Presa Gallito Ciego - Vista desde Margen Derecha .....   | 223 |
| 5. Presa Gallito Ciego - Vista de Casetas de Auscultación<br>en Berma 375 .....   | 224 |
| 6. Puntos Topográficos de Referencia de Control de Deformaciones .....  | 224 |
| 7. Tubos Limnímetros de Asentamientos.....  | 225 |
| 8. Dren Pie de Presa .....  | 225 |
| 9. Vertedero Triangular para Control de Filtraciones .....  | 226 |
| 10. Inclinómetro Maihak Tipo MDS 85 .....   | 226 |
| 11. Medición de Presión de Poros, Presiones Totales y Extensómetros.....  | 227 |
| 12. Equipo Maihak - MDS 910 .....   | 227 |
| 13. Medición de Asentamientos .....   | 228 |
| 14. Equipos Maihak: Receptor - RPS 400 y Transmisor RPS 420 .....   | 228 |
| 15. Calibración de Equipos para la Medición de Asentamientos:<br>Receptor - RPS 400 y Transmisor RPS 420 con Carrete de 120 m. .... | 229 |
| 16. Medición del Nivel Freático en Piezómetros Simples con<br>Sonda Luminosa OTT .....  | 229 |
| 17. Medición del Nivel de Embalse en Limnímetros del Carril de Izaje .....  | 230 |
| 18. Pluviómetro .....   | 230 |
| 19. Nivel de Ingeniero y Placa Plano Paralela - Wild para Nivelación<br>Precisa .....   | 231 |
| 20. Teodolito y Tarjeta de Puntería Marca Wild para Triangulación<br>Topográfica .....  | 231 |
| 21. Ejecución de Nivelación Precisa en Berma 375 de Presa.....  | 232 |

## ÍNDICE DE ANEXO IV – PLANOS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>PLANO N°:</b>   |             |
| 1. Ubicación de la Infraestructura en Estudio. ....                                    | 234         |
| 2. Reservorio Gallito Ciego – Vista en Planta. ....                                    | 235         |
| 3. Presa Gallito Ciego y Obras Conexas. ....   | 236         |
| 4. Presa Gallito Ciego – Proceso Constructivo 1982-1987 .....                          | 237         |
| 5. Presa Gallito Ciego – Proceso Constructivo: Trabajos de<br>Impermeabilización.....  | 238         |
| 6. Presa Gallito Ciego – Perforaciones e Inyecciones. ....                             | 239         |
| 7. Presa Gallito Ciego – Secciones Típicas del Diafragma .....                         | 240         |
| 8. Presa Gallito Ciego – Proceso Constructivo: Fase de Relleno. ....                   | 241         |
| 9. Presa Gallito Ciego – Proceso Constructivo: Fase de Relleno. ....                   | 242         |
| 10. Presa Gallito Ciego – Sección Típica. ....   | 243         |
| 11. Presa Gallito Ciego – Secciones Para la Instrumentación .....                      | 244         |
| 12. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 100. .... | 245         |
| 13. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 200. .... | 246         |
| 14. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 300. .... | 247         |
| 15. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 400. .... | 248         |
| 16. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 500. .... | 249         |
| 17. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 600.....  | 250         |
| 18. Presa Gallito Ciego – Ubicación de Sensores de Medición –<br>Sección 0 + 700.....  | 251         |
| 19. Ubicación de los Puntos de Control de Deformación. ....                            | 252         |

|  |     |
|--|-----|
| 20. Ubicación de los Puntos de Referencia .....  | 253 |
| 21. Ubicación de los Puntos de Control de Deformación-Corona<br>y Berma 375. ....                | 254 |
| 22. Ubicación de los Puntos de Control de Deformación-<br>Berma Aguas Arriba y Aguas Abajo. .... | 255 |
| 23. Ubicación de los tubos Limnímetros de Asentamientos. ....                                    | 256 |
| 24. Limnímetros de Asentamientos Sección 0+100 y 0+200 .....                                     | 257 |
| 25. Limnímetros de Asentamientos Sección 0+300 y 0+400 .....                                     | 258 |
| 26. Limnímetros de Asentamientos Sección 0+500 y 0+600 .....                                     | 259 |
| 27. Limnímetros de Asentamientos Sección 0+700. ....   | 260 |
| 28. Ubicación de Piezómetros en Pie de Presa .....   | 261 |
| 29. Ubicación de Puntos de Control de Filtraciones. ....   | 262 |
| 30. Ubicación de los Limnímetros para la Medición de los<br>Niveles de Embalse. ....             | 263 |

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis está referido a la realización de la evaluación del Sistema de Auscultación de la presa Gallito Ciego, lo que significó efectuar dos peritajes muy importantes, el primero consistió en realizar observaciones y pruebas de mediciones en campo con los equipos de control para evaluar su operatividad, el segundo estuvo referido a la metodología de recopilación detallada del universo de los registros de datos de los controles de campo ejecutados desde 1988 hasta el año 2016, información que conforma las variables hidráulicas y deformacionales de inspección contenidas en la Auscultación de presas. Se ha concluido que el 80 % de los equipos están operativos y el 88 % de los sensores están funcionando normalmente; asimismo de manera general se puede indicar que el análisis de los parámetros de la data histórica de auscultación determinó que las condiciones de estabilidad y seguridad de la presa Gallito Ciego son aceptables.

**Palabras claves:** Auscultación, Presa.

## **ABSTRACT**

This thesis is based on the implementation of the evaluation System Auscultation of the dam Gallito Ciego, which meant making two important surveys, the first was to conduct observations and testing of field measurements with control equipment evaluate its operation, the second was based on the methodology detailed compilation of the universe of data records field controls executed from 1988 to 2016, information that makes up the hydraulic variables and deformational inspection contained in the auscultation of dams. It was found that 80% of the equipment are operational and 88% of the sensors are operating normally; also generally it can indicate that the analysis of historical data parameters auscultation determined that conditions of stability and security Gallito Ciego dam are acceptable.

**Keywords:** Auscultation, Dam.

# **CAPITULO I**

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 1982 se inicia la construcción de la Presa Gallito Ciego hasta octubre de 1987, año que entró en su primera fase de embalse o llenado, para luego seguir operando como infraestructura de riego e hidroenergética hasta la actualidad.

La presa Gallito Ciego, está construida en el lecho del río Jequetepeque, constituida por un imponente dique de tierra zonificada de sección trapezoidal que tiene una altura de 105 m y permite almacenar un total de 638.10 Hm<sup>3</sup>.

En la fase de diseño y construcción de la presa Gallito Ciego no solamente se ha dado interés al aspecto técnico referido a la geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos, también se dió mucha importancia a un tema muy sustancial que está contenido dentro del concepto denominado **Seguridad de Presas**, nos estamos refiriendo a la **Auscultación de Presas**, que consiste en una actividad real muy técnica, que se inició desde la fase de construcción, continuó con la etapa de llenado y se ha prolongado durante su operación hasta la actualidad y continuará hasta culminar su vida útil, calculada para 50 años aproximadamente.

La presente investigación referida a la “Auscultación de la Presa Gallito Ciego” ha consistido en evaluar la operatividad de los equipos y accesorios de medición, luego se recopiló la información de los registros históricos obtenidos de las mediciones de campo desde 1982 al 2016 para ser analizados, variables que nos darán a conocer el comportamiento interno y externo de su dique, con la finalidad de determinar si son normales o aceptables las condiciones de estabilidad y seguridad de la presa Gallito Ciego.

## 1.1 REALIDAD PROBLEMATICA

### **En el Mundo:**

La historia de la construcción de las presas en el mundo se remonta en la antigüedad en las primeras civilizaciones a 2,600 años a.c, en Egipto se construyó la presa Kaffara, con un dique de roca de 14 metros de altura; debido a los materiales usados y falta de conocimientos técnicos éstas eran pequeñas.

En la actualidad el crecimiento y expansión poblacional con necesidades mayores del uso de agua, para consumo, agricultura, producir energía, para la industria, se ve obligada a construir grandes presas que generan embalses para el almacenamiento del agua y su distribución regulada.

Tal es el caso de la presa de Las Tres Gargantas construida en China en el río Yang Tse, de 185 m de altura, 2,335 m de longitud y que almacena 39,300 Hm<sup>3</sup>, luego le sigue la presa de Itaipú ubicada en el río Paraná, entre Brasil y Paraguay, tiene una capacidad de 29,000 Hm<sup>3</sup>.<sup>(22)</sup>

### **En el Perú:**

La población en el Perú crece a un ritmo acelerado y se prevé que para el año 2050 aumente a 42.8 millones de personas, ante ello es necesario comenzar a planificar construcciones de grandes presas para evitar serios problemas económicos.

La edificación de nuevas presas y el mantenimiento de las existentes deben ir a la velocidad del crecimiento de la economía peruana para asegurar que la misma continúe en esa tendencia.

Buscando aprovechar el agua de forma permanente, en los últimos 50 años se han construido entre 53 y 54 presas que permiten regular escasamente entre 2,000 y 3,000 Hm<sup>3</sup> al año.<sup>(7)</sup>

En el norte del Perú se construyó la presa Poechos, en el río Chira, la más larga en la actualidad, tiene un dique de 48 m de altura, 11 km de longitud y su vaso una capacidad total de embalse de 980 Hm<sup>3</sup>, seguido del reservorio Gallito Ciego que tiene un dique más alto de

105 m de altura, 797 m de longitud y una capacidad total de embalse de 638.10 Hm<sup>3</sup>.

## **1.2 TRABAJOS PREVIOS**

**LOPEZ, J. y CORDOVA, J. (2006).** En su tesis Diagnóstico del Comportamiento de la Presa y Proceso de Sedimentación del Reservorio Gallito Ciego. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú. En sus recomendaciones mencionan que se debe continuar con el monitoreo del comportamiento de la Presa, según los cronogramas establecidos en los manuales de operación, asimismo recomienda revisar los equipos de medición en general e incluir el mantenimiento y calibración. <sup>(4)</sup>

## **1.3 TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA**

### **1.3.1 PRESAS**

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera fabricada o construida de material suelto, concreto o rocas que se constituye habitualmente en el lecho de un río, y tiene por finalidad almacenar el agua para su posterior utilización. <sup>(9)</sup>

#### **PRESAS DE CONCRETO**

Son presas cuyo material de construcción es el concreto.

#### **PRESAS DE MATERIALES SUELTOS**

Se consideran presas de materiales sueltos a aquellas cuyos elementos están compuestos por materiales distribuidos en forma gradual, de los suelos finos en el corazón, pasando por los filtros y transiciones a los enrocamientos y en general la sección es simétrica.

### **1.3.2 DEFINICIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA PRESA**

Se puede definir cuantitativamente la seguridad de una presa, como el margen entre las condiciones reales que existen en la presa construida y aquellas condiciones que llevan a su deterioro o destrucción. Para que una presa sea segura

debe disponer de un margen de reserva adecuado para hacer frente, no solo a todas las situaciones imaginables en su operación normal, sino también a otras situaciones excepcionales que puedan presentarse durante su vida operativa. <sup>(8)</sup>

### **1.3.3 CAUSAS DEL DETERIORO Y FALLA DE LAS PRESAS**

Según los informes de los organismos internacionales de seguridad de Presas sobre el “Deterioro de Presas y Embalses”, las causas principales de los accidentes y fallas ocurridos en todo el mundo son las siguientes: <sup>(10)</sup>

#### **EN PRESAS DE MATERIALES SUELTOS:**

- ❖ Rebose de agua sobre la coronación de la presa por falta de capacidad de los aliviaderos y estructuras de descarga, para la evacuación de las avenidas máximas.
- ❖ Erosión interna del cuerpo de la presa por mala impermeabilización de su contacto con el terreno de cimentación o los estribos y también, por inexistencia o inadecuación de filtros y drenes.
- ❖ Heterogeneidad de la cimentación con zonas débiles poco consolidadas o de alta permeabilidad y que sean potencialmente erosionables por el agua de percolación.
- ❖ Fugas de agua y sifonamiento provocado por filtraciones a través de agrietamientos producidos en el cuerpo de la presa o por caminos preferenciales abiertos en los estribos y el terreno de cimentación.
- ❖ Licuefacción de suelos no cohesivos existentes en la fundación o mal compactados en el cuerpo de la presa, por causa de sismos intensos.
- ❖ Deslizamiento de taludes por deficiencias en el diseño o uso de materiales inadecuados como relleno del cuerpo de la presa, que pueden ser socavados por el agua de la

lluvia, las filtraciones y el oleaje, así como resquebrajados por los movimientos sísmicos.

#### 1.3.4 EVALUACION DE LA SEGURIDAD DE PRESAS.

Las presas deben cumplir completamente todos los requerimientos que a seguridad se refieren <sup>(1)</sup>:

- ✓ La estabilidad y durabilidad de la estructura propiamente dicha deberá estar garantizada. A este requerimiento se le denomina “**seguridad estructural**”.
- ✓ Al buen comportamiento de la presa frente a caudales de pequeña probabilidad y baja frecuencia y por consiguiente, de elevada magnitud, se le denomina “**seguridad frente a avenidas**”.
- ✓ Al suministro controlado de los caudales necesarios para satisfacer las demandas y a la evacuación de los caudales excedentes producto de avenidas, provenientes de lluvias de alta frecuencia y probabilidad y por tanto, de pequeña magnitud, se designa como “**seguridad de operación**”.
- ✓ En cuanto al vaso o cuenco de almacenamiento de agua, debe asegurarse su impermeabilidad y capacidad útil durante toda su vida. Este aspecto se denomina “**seguridad funcional**”.

Estos diferentes requerimientos deben cumplirse a lo largo de toda la vida de la presa, es decir la seguridad no debe consistir únicamente en la definición de actividades sistemáticas, sino también todas las acciones que garanticen la permanencia de un índice adecuado de funcionamiento de la presa y el reservorio durante todo ese tiempo.

### **1.3.5 LA AUSCULTACION DE PRESAS**

Entendemos por Auscultación *“Al conjunto de actividades destinadas a conocer el comportamiento real de una Presa, durante toda su vida útil, que se llevan a cabo mediante técnicas especiales de mediciones con aparatos y 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”*, asimismo se incluyen en la auscultación la observación de determinados aspectos no medibles como: estados del terreno aguas abajo (vegetación, erosiones), humedad o fisuras en paramentos, color del agua filtrada, estado de conservación de los aparatos de auscultación, accesos, medios de comunicación etc. <sup>(8)</sup>

La auscultación de una presa y su cimiento debe tener como fin lo siguiente:

- Conocer desde una información real, el comportamiento satisfactorio o no de la presa construida o en explotación.
- Prevenir con suficiente antelación, y por tanto evitar, que una situación futura pueda acarrear roturas, accidentes e incidencias no deseadas.
- Controlar ciertos parámetros que tengan una influencia importante en el comportamiento y seguridad de una presa.

### **1.3.6 LA AUSCULTACION EN LAS DISTINTAS FACES DE LAS PRESAS**

La auscultación de una presa no debe ceñirse a una fase concreta de la obra, por el contrario debe incluir todo un periodo amplio, que va desde el momento que se inicia la construcción hasta que finaliza su vida activa. De esta forma las fases que siempre deben considerarse son las siguientes:

- Auscultación durante los estudios previos y el proyecto.
- Auscultación durante la construcción.
- Auscultación durante la puesta en carga.

- Auscultación durante la explotación.
- Auscultación durante el abandono.

En la puesta en carga de la presa, que puede ser la fase más delicada, el programa de llenado se ajusta partiendo de la información básica, suministrada por los equipos instalados así como de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en los materiales realmente colocados y en los ensayos de campo y por su puesto de los problemas generales de la presa y el nivel de riesgo aguas abajo.

Durante la explotación, toda la información anteriormente obtenida debe servir para fijar el comportamiento esperado en el tiempo, las magnitudes de control más importantes, los valores máximos admisibles, las velocidades estimadas de evolución, todo ello con el objeto de fijar los cuidados a tener durante esta fase.

### **1.3.7 CRITERIOS PARA LA INSTALACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACION**

El desarrollo de este análisis parte de las normas básicas siguientes: <sup>(16)</sup>

1. Cada Presa es un conjunto único e indisoluble constituida por su estructura y su cimiento.
2. La finalidad fundamental del sistema de auscultación es la seguridad de una Presa.
3. Cada sensor que se coloque debe suministrar datos que ayuden a la interpretación del conjunto y como tal debe preverse.
4. La altura de la Presa no es el único parámetro que fija la importancia de la auscultación, ésta debe venir regulada fundamentalmente por las características del cimiento, por la calidad de los materiales a usar y por el la experiencia obtenida del diseñador en precedentes similares.

5. Los sensores han de ser leídos inmediatamente después de ser colocados, con un programa previamente establecido, para luego procesar su información, analizarla e interpretarla para emitir un diagnóstico fiable sobre su comportamiento y estado de seguridad.
6. No se deben instalar sensores cuya función no este claramente definida.

### **1.3.8 MAGNITUDES A MEDIR EN LA AUSCULTACION**

Las magnitudes a medir se clasifican en variables de control interno y externo de una Presa. <sup>(8)</sup>

#### **1.3.8.1 VARIABLES DE CONTROL EXTERNO (MAGNITUDES DE CAUSA):**

En la planificación de los sistemas de auscultación de una presa se incluirán las principales variables externas:

##### **VARIABLES METEOROLOGICAS Y AMBIENTALES**

- Temperaturas del aire.
- Temperaturas del agua del embalse.
- Precipitaciones.
- Velocidad del viento.

##### **VARIABLES HIDRAULICAS E HIDROLOGICAS**

- Caudales entrantes y salientes al embalse
- Niveles de embalse

##### **DINAMICAS (SIMICIDAD INDUCIDA Y AMBIENTAL)**

- Velocidades (implementación de un sismógrafo).

#### **1.3.8.2 VARIABLES DE CONTROL INTERNO (MAGNITUDES DE EFECTO):**

En las presas de materiales sueltos las magnitudes que generalmente se miden son:

##### **VARIABLES HIDRAULICAS**

- Filtraciones aguas abajo de la presa.

- Presiones intersticiales en núcleos impermeables
- Niveles piezométricos aguas abajo de la presa.

#### **VARIABLES DE DEFORMACIONES**

- Desplazamientos horizontales y verticales
- Deformaciones diferenciales en el núcleo y espaldones

#### **VARIABLES DE CARGAS**

- Presiones totales en el núcleo

### **1.3.9 INSTRUMENTACION EN EL CUERPO DE PRESAS.**

En la construcción de las Presas se instalan una diversidad de instrumentos que van a ser sometidos a diferentes esfuerzos de grandes magnitudes, cuyo principio de medida pueden ser: tensión, desplazamientos, deformaciones, ángulo, presión, variables, para tal fin son necesarios la utilización de sensores o transductores simples en su operación pero de robusta construcción. <sup>(16)</sup>

La operación del sensor de cuerda vibrante (SCV) consiste en aplicar desde un equipo receptor una corriente eléctrica que va por un cable hacia el transductor el cual tiene un sistema compuesto de uno o dos electroimanes y una cuerda vibrante. El cable vibra dentro del campo magnético del electroimán recibiendo una oscilación eléctrica en una frecuencia que es transmitida a larga distancia hacia el mismo receptor para posteriormente y tras ser procesada obtener el valor de la medida. Este principio de medida es particularmente adecuado para medidas a larga distancia, siendo muy resistente para duras circunstancias en su entorno.

Los valores se registran en un equipo receptor de datos, la corriente alterna de operación es de 220v/60Hz y el consumo aproximado es de 25w.

## **VENTAJAS DE LOS SENSORES DE CUERDA VIBRANTE:**

Las ventajas son las siguientes: <sup>(16)</sup>

- ✓ Simple y de robusta construcción de los instrumentos.
- ✓ Listos para instalar, calibrados y transductores herméticos al agua.
- ✓ Amplia compensación en las condiciones de balance de temperatura.
- ✓ No precisa ajuste ni calibración.
- ✓ Alta estabilidad del ajuste a cero y gran precisión de medida.
- ✓ Alta sensibilidad de medida.
- ✓ Baja resistencia de aislamiento.
- ✓ Los transductores se pueden usar repetidamente sin afectar la medida de funcionamiento.
- ✓ Registro y medida totalmente automática.
- ✓ Combinación universal de diferentes variables en un equipo receptor.

### **1.3.10 NORMAS DE SEGURIDAD DE GRANDES PRESAS**

El Programa de Seguridad de Grandes Presas, asimila las orientaciones de varios organismos internacionales y nacionales; conformando nuevas directivas aplicables a nuestra realidad, dentro de las cuales se encuentran: las directivas del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD) así como las de sus Comités Nacionales, en especial las Normas de Seguridad de Presas de la Asociación Canadiense de Seguridad de Presas en lo que atañe a la operación y mantenimiento de las mismas, las “Normas para Inspección y Mantenimiento de Presas y Reservorios en Servicio” elaboradas por la desaparecida Dirección General de Aguas e Irrigación del Ministerio de Agricultura, aprobadas por el Decreto Supremo N° 253 – 72 – AG del 19.03.1972. <sup>(1)</sup>

### **1.3.11 LEY DE RECURSOS HIDRICOS N° 29338. <sup>(5)</sup>**

#### **TÍTULO PRELIMINAR**

##### **Artículo I.- Contenido**

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

##### **Artículo II.- Finalidad**

La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

### **1.3.12 REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HIDRICOS, LEY N° 29338. <sup>(5)</sup>**

#### **CAPÍTULO V: DE LOS OPERADORES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA PÚBLICA**

##### **Artículo 33°.- Los operadores de infraestructura hidráulica pública:**

**Numeral 33.1.-** Los operadores de infraestructura hidráulica pública son las entidades, públicas o privadas, que prestan alguno o todos los servicios públicos siguientes: Regulación, derivación o trasvase, conducción, distribución o abastecimiento de agua. Son responsables de la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura hidráulica a su cargo, con arreglo al Reglamento de Operadores de Infraestructura Hidráulica aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

##### **Artículo 34°.- Operación de la infraestructura hidráulica:**

**Numeral 34.1.-** La operación de infraestructura hidráulica mayor se refiere a la función que cumplen los operadores para la prestación de servicios de regulación, derivación y

conducción de agua desde una fuente natural hasta los sistemas de infraestructura hidráulica menor.

**Artículo 35º.- Responsabilidades de los operadores de infraestructura hidráulica:**

Son responsabilidades de los operadores de infraestructura hidráulica las siguientes:

**Numeral 35.1.-** Ejercer las actividades de captación, regulación, conducción, distribución y demás necesarias para prestar el servicio de suministro de agua en forma oportuna de acuerdo con planes y programas de distribución autorizados.

**Numeral 35.8.-** Conservar y mantener las obras de infraestructura hidráulica a su cargo en condiciones adecuadas para la operación eficiente, de acuerdo con lo previsto en el plan de operación, mantenimiento y desarrollo de infraestructura hidráulica en concordancia con el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca.

**Numeral 35.11.-** Cumplir con normas de seguridad relativas a la infraestructura hidráulica a su cargo y con las normas de seguridad y de conservación del ambiente que establece el sector correspondiente.

#### **1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA**

Este problema puede ser formulado mediante la siguiente pregunta:  
¿Cuál es el estado actual del Sistema de Auscultación de la Presa Gallito Ciego?.

## **1.5 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO**

Esta investigación pretende ser una herramienta útil para los profesionales y técnicos que asuman a su cargo la operación de grandes presas, porque les permitirá definir y establecer líneas base respecto a la composición de los sistemas de auscultación, los cuales están conformados por un conjunto de instrumentos y equipos, que requieren ser manejados por personal especializado, para obtener una evaluación real y actual del comportamiento estructural; labores obligatorias que garantizarán la operación eficiente y la seguridad de estas grandes estructuras hidráulicas.

## **1.6 HIPÓTESIS**

En el sistema de auscultación de la presa Gallito Ciego, periodo 1988-2016, se presentan deficiencias en el aspecto operativo, al no haber considerado la vida útil de los equipos, tecnologías actuales y capacitación constante del personal de planta.

## **1.7 OBJETIVO**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el sistema de auscultación de la presa Gallito Ciego, periodo 1988-2016, respecto a un marco referencial relacionado con la vida útil de los equipos que lo conforman, el uso de tecnología de punta y el empleo de personal calificado.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Verificar detalladamente la funcionabilidad de los equipos y sensores que conforman el sistema de auscultación de la presa Gallito Ciego.
- Obtener la información técnica de campo del periodo 1988 - 2016, de las variables hidráulicas y deformacionales de la presa Gallito Ciego.
- Realizar un análisis cuali-cuantitativo de las variables para identificar las causas de los problemas manifestados.

# **CAPITULO II**

## CAPITULO II

### 2. MÉTODO

#### 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACION

El presente trabajo corresponderá a una investigación del tipo Descriptiva.

#### 2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACION

##### 2.2.1 VARIABLES

**Variable Independiente (VI):** Auscultación de la Presa Gallito Ciego, Periodo 1988 – 2016.

##### 2.2.2 OPERACIÓN DE VARIABLES

En el presente cuadro se describe la operación de variables

| VARIABLE  | DEFINICION CONCEPTUAL  | DEFINICION OPERACIONAL  | DIMENSION                 | INDICADORES  | ESCALA DE MEDICION |
|---|--|---|---------------------------|--|--------------------|
| (VI)<br>AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | CONJUNTO DE ACTIVIDADES TECNICAS DE MEDICION Y CONTROL DESTINADAS A EVALUAR EL COMPORTAMIENTO REAL DE UNA PRESA LUEGO DE SU CONSTRUCCION | NORMAS Y PROTOCOLOS CONTENIDOS EN LOS MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AUSCULTACION DE PRESAS | EQUIPOS Y SENSORES        | - Evaluación funcional   | Cualitativa        |
|   |  |   | VARIABLES HIDRAULICAS     | - Niveles de Embalse<br>- Presión de Poros<br>- Presiones Totales<br>- Piezómetros<br>- Filtraciones             | Cuantitativa       |
|   |  |   | VARIABLES DEFORMACIONALES | - Extensómetros<br>- Asentamientos<br>- Desplazamientos horizontales<br>- Inclinationes<br>- Control Topográfico | Cuantitativa       |

##### 2.3 POBLACION Y MUESTRA

Se trabajó con el universo de datos que se presentaron en la investigación en base a los siguientes indicadores:

1. Evaluación funcional de los equipos y sensores que conforman el sistema de auscultación.

2. Recopilación de datos obtenidos en campo del conjunto de indicadores que conforman las variables hidráulicas y deformacionales contenidas en la definición conceptual, las cuales son:

- Medición de los niveles del embalse Gallito Ciego
- Medición de las presiones de poros
- Medición de las presiones totales
- Medición de los piezómetros
- Medición de las filtraciones
- Medición de los extensómetros
- Medición de los asentamientos
- Medición de los desplazamientos horizontales.
- Medición de las inclinaciones
- Medición de topografía.

## **2.4 TECNICAS E INSTRUMENTACION DE RECOLECCION DE DATOS VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

Dadas las características, propiedades o atributos de la variable, consideradas en la presente investigación para obtener los correspondientes datos de sus dominios se requerirá aplicar las siguientes técnicas e instrumentos recurriendo a los informantes y fuentes:

**2.4.1.-Técnica del análisis documental:** Aplicando instrumentos normativos, recurriendo como fuente a libros de diseño, normas de construcción, reglamento de construcción, manuales de operación entre otros que aplicaremos para obtener datos de los dominios de las variables: vida útil de equipos, tecnología de punta, personal calificado y experiencias exitosas.

**2.4.2.-Técnica de observaciones de campo:** Aplicado como instrumento guía de observación de campo, como las actividades de control de equipos, disponibilidad de recursos, los cuales utilizaremos para obtener datos de los dominios de las variables.

**2.4.3.-Análisis de la información:** obtenida mediante sus técnicas de los respectivos instrumentos, que se precisan en el numeral anterior, información que será incorporada en un programa computarizado de una hoja de cálculo: Excel-Windows 7, para su tabulación ellos serán ordenados, procesados y clasificados por variables.

## **2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos para el desarrollo de la investigación como: información básica de topografía, mecánica de suelos, geología y geotecnia, mediciones, manuales, informes y planos serán obtenidos del archivo técnico de las instituciones a cargo de la operación y mantenimiento de la presa Gallito Ciego que son dos:

- 1.- La Asociación Civil Operación y Mantenimiento OPEMA-JEQUETEPEQUE, empresa contratista que pertenece a la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Jequetepeque (JUSHJ).
- 2.- El Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña (PEJEZA), entidad estatal encargada de la supervisión.

La información obtenida de los archivos técnicos ha sido clasificada de acuerdo a las variables hidráulicas y deformacionales existentes.

## **2.6 ASPECTOS ETICOS**

Esta tesis será de mucha importancia para los profesionales y técnicos que estén inmersos en el campo del diseño, construcción y operación y mantenimiento de grandes presas, porque el presente trabajo se convertirá en un documento de referencia básica para conocer todo lo relacionado a la auscultación, argumento muy necesario para obras hidráulicas de gran magnitud, cuyo análisis de resultados nos permitirá realizar diagnósticos de su estado actual y evitar en su fase de operación que éstas fallen (rotura catastrófica de la obra) generando desastres que arrasan pueblos enteros con pérdidas de muchas vidas humanas, asimismo conlleven a gastos altísimos para el país en que fueron construidas.

# **CAPITULO III**

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 EL PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA

El Proyecto Especial Jequetepeque–Zaña, que se desarrolla en el norte del Perú en las regiones de Lambayeque, La Libertad y Cajamarca, tiene como objetivo principal el aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas de los ríos Jequetepeque y Zaña, afianzándose en las cuencas vecinas de Cajamarca y Namora de la vertiente oriental de los Andes Nor-Peruanos, para la producción agrícola en los valles de los ríos Jequetepeque y Zaña, en una superficie total de 66,000 ha; 48,000 ha en el Valle de Jequetepeque y 18,000 ha en el Valle de Zaña.

Por cuestiones de financiamiento para los estudios y construcción de las obras se planificó desarrollarlo en tres etapas:

**La Primera Etapa**, contempló la construcción de la presa para la conformación del embalse denominado Gallito Ciego, de 638.10 Hm<sup>3</sup> de capacidad total, de los cuales 426.80 Hm<sup>3</sup> es el volumen útil, el cual se ubica en el cauce del río Jequetepeque, así como las obras para el mejoramiento de los sistemas de riego y drenaje de las áreas agrícolas del valle Jequetepeque.

**La Segunda Etapa**, contempla el mejoramiento de riego en el valle Zaña, y la incorporación al riego de tierras eriazas, en ambos valles. Considerando que los recursos hídricos propios de los ríos que otorgan el nombre al Proyecto no serían suficientes, se consideró la alternativa de trasvasar a la cuenca del río Jequetepeque las aguas de los ríos Cajamarca y Namora, mediante la construcción de las obras hidráulicas correspondientes. Simultáneamente a las obras de riego se realizarían obras de drenaje sobre las tierras de cultivo bajas.

**La Tercera Etapa**, contempla la construcción de obras para el aprovechamiento del potencial hidroenergético, que se originaría con la infraestructura de las dos etapas precedentes, proyectándose dos centrales hidroeléctricas denominadas Gallito Ciego y San Juan. La primera fue construida en 1997 con una capacidad de 34 Mw.

La construcción de la presa Gallito Ciego, obra principal para la irrigación del valle Jequetepeque, se inició a fines del año 1982 culminándose e ingresando a su periodo de servicio en el año hidrológico 1987/88.

Culminada la construcción de la presa Gallito Ciego y sus obras conexas, se consideran dos aspectos muy importantes luego de la puesta en operación, las cuales requieren de una permanente evaluación y control, estas actividades están referidas a:

- ✓ Control y mediciones de la instrumentación de la Auscultación.
- ✓ Evaluación del proceso de sedimentación del embalse

### **3.1.2.- LA CUENCA DEL RÍO JEQUETEPEQUE**

La cuenca del río Jequetepeque está constituida por las cuencas de los ríos Jequetepeque y Chamán, por las planicies y vertientes intercuenas; limitando con aquellas los ríos Zaña y Chancay - Lambayeque al Norte, con el Llaucano y Cajamarca al Este, Chicama y Cupisnique al Sur y el Océano Pacífico al oeste.

La cuenca del Jequetepeque tiene como cauce principal al río del mismo nombre, el cual descarga sus aguas al océano Pacífico después de un recorrido de 150 Km de longitud bajando desde los 4,000 msnm en dirección Este-Oeste y en forma transversal a la Cordillera Occidental de los Andes; está conformada por una red de tributarios de más de 30 ramales

secundarios y por riachuelos y quebradas menores, con regímenes continuos, temporales, periódicos y ocasionales.

El marco fisiográfico de la cuenca del Jequetepeque está definido por el macizo central de la Cordillera Occidental entre los parajes El Gavilán, Porcón y Lagunas Compuerta; y los dos ramales de derivación hacia el Oeste; Yanahuanca, Pedregal, Livis y San Gregorio en el lado Norte; y el Salto, Contumazá y Trinidad en el lado Sur. Estos ramales se prolongan hacia la Costa descendiendo rápidamente, dando lugar a los espolones Conquis, Las Viejas, Horcón, y Cupisnique, que terminan en las planicies costeras, demarcando las cuencas bajas del Chamán y Cupisnique. En la cuenca del Jequetepeque se diferencian los tres sectores siguientes:

***Jequetepeque Bajo***, desde el litoral hasta Ventanillas, formado por taludes y planicies desérticas, con el río Jequetepeque como único lecho fluvial (0-225 msnm), esencialmente utilizado en la agricultura con riego intensivo.

***Jequetepeque Medio***, desde Ventanillas hasta Quindén, formado por los espolones andinos áridos y semi-áridos (225 a 600 msnm), ríos temporales Chausis, Pallac y numerosas quebradas secas de corto recorrido (225 a 1,800 msnm) en el cual se desarrolla un escaso uso agrícola bajo riego.

***Jequetepeque Alto***, desde Quindén hasta la divisoria, formado por el macizo de la Cordillera Occidental con climas desde semiárido hasta pluviales y periglaciales, con numerosos ríos continuos, riachuelos, y lagunas (600 a 4,88.40 msnm); dedicado principalmente a usos agropecuarios a secano, complementados con riego.

La cuenca del Chamán, es corta (74 Km) y estrecha, incluyendo áreas planas, colinosas y montes bajos que se elevan desde 0 a 1,800 msnm en la cima de los espolones, con bruscos ascensos en los vértices derechos en las nacientes que llegan hasta los 3,500 m.s.n.m. La cuenca es mayormente

desértica a excepción de las partes más altas que son sub-húmedas y una pequeña zona húmeda.

En la parte baja se presentan dos intercuencas, la de Pacasmayo-San Pedro-Pitura, formada por planicies y valles someros con intensa actividad eólica; y la otra es pequeña y está al Oeste de la cadena de cerros San Idelfonso-Facio. El extremo Norte de la parte baja, está formada por las pampas Chérrepe, Las Sandías, y Cerro Colorado.

### **UBICACIÓN Y EXTENSIÓN**

Las cuencas de los ríos Jequetepeque y Chamán, están ubicadas en la vertiente occidental de los Andes, extendiéndose desde 0.00 hasta los 4,188.00 msnm, geográficamente está comprendida entre las coordenadas 7° 00' a 7° 45' de Latitud Sur y 78° 00' a 79° 45' de Longitud Oeste, ver Plano N° 01 - Anexo IV: Ubicación de la Infraestructura en Estudio.

Políticamente se ubica en la región norte del Perú, abarcando los departamentos de La Libertad, Lambayeque y Cajamarca. Limita por el norte con las cuencas de los ríos Zaña y Chancay - Lambayeque; por el sur con la cuenca del río Chicama y la quebrada Cupisnique, por el este con las cuencas de los ríos Cajamarca y Llaucano y por el oeste con el Océano Pacífico.

La cuenca Jequetepeque-Chamán abarca las regiones naturales de la costa y sierra con un área total de 5,941.70 Km<sup>2</sup>, de las cuales 4,372.50 Km<sup>2</sup> corresponden al Jequetepeque y 1,569.20 Km<sup>2</sup> al Chamán.

Desde el punto de vista del aprovechamiento hídrico la cuenca del río Jequetepeque se divide en dos partes, la parte baja desde el dique del reservorio Gallito Ciego, hasta la línea de playa, con un área de 807.70 Km<sup>2</sup>, y la parte alta o cuenca húmeda, desde el dique del reservorio Gallito Ciego hasta la

línea divisoria con las cuencas vecinas, con un área de 3,564.80 km<sup>2</sup>. Ver Plano N° 01 - Anexo IV.

## **CLIMATOLOGIA**

Las precipitaciones relativamente escasas en la zona cercana a la Costa están influenciadas principalmente por la temperatura de las aguas marinas (corriente Peruana de Humbolt), mientras que las precipitaciones de la parte superior dependen, en parte, del clima de la cuenca del Amazonas y de la humedad proveniente del océano Pacífico.

La zona de la costa, conformada por planicies y colinas presenta condiciones climáticas definidas por: temperaturas relativamente altas, escasa precipitación y vientos fuertes que desarrollan campos de dunas activas. Así mismo, en toda la costa peruana la temperatura es más baja que la correspondiente a su latitud geográfica, debido a la influencia de la Corriente Peruana. En determinados años, las condiciones climáticas cambian a muy calurosas y lluviosas, conocidas como el fenómeno El Niño extremo.

El clima de la cuenca Jequetepeque - Chamán varía desde el típico árido y semicálido en el desierto costero (400 a 800 msnm) hasta el pluvial y frío en el páramo pluvial andino (4,000 msnm) La temperatura media anual varía desde los 23°C en el desierto costero hasta 3°C en el parámetro pluvial andino. El promedio de precipitación anual varía desde los 15 mm en el desierto costero hasta los 1,100 mm en el páramo pluvial andino. La evaporación varía desde los 800 mm en el valle hasta 1,200 a 1,500 mm en la zona andina de la cuenca; la humedad relativa varía entre 80 a 90 % en el valle a 60% en el parte alta. Los vientos del desierto costero son relativamente uniformes con predominancia del Norte (N) y Noreste (NE).

### 3.1.3.- EMBALSE Y PRESA GALLITO CIEGO

#### a) EMBALSE GALLITO CIEGO:

El embalse Gallito Ciego es una laguna artificial que se ha formado por el represamiento de las aguas del río Jequetepeque mediante la construcción de una represa terraplenada. El volumen total del vaso del embalse al inicio de su operación en el año 1987 era de 638.10 Hm<sup>3</sup> y a la actualidad con el levantamiento batimétrico realizado en el año 2013 el volumen es de 533.54 Hm<sup>3</sup>. Los espacios que comprende el embalse Gallito Ciego según el diseño son los siguientes:

**Volumen Muerto o Inactivo**, ocupa el espacio inferior del vaso entre los niveles 308.00 a 361.00 msnm, con una capacidad de 116.10 Hm<sup>3</sup>.

**Volumen Útil**, ocupa el espacio del vaso entre los niveles 361.00 a 404.00 msnm, con una capacidad de 426.80 Hm<sup>3</sup>.

**Volumen de Retención de Crecidas**, ocupa el espacio superior del vaso con una capacidad de 93.40 Hm<sup>3</sup>

Los espacios funcionales del embalse Gallito Ciego se detallan en el Cuadro N° 04 - Anexo I y Plano N° 10 - Anexo IV, en el cual se indica la capacidad total actual del indicado embalse.

#### b) UBICACIÓN DEL EMBALSE GALLITO CIEGO:

El embalse "Gallito Ciego", está ubicado en la costa norte del Perú, geográficamente pertenece al distrito Yonán, provincia de Contumazá, departamento de Cajamarca, en la coordenada 7° 13' de Latitud Sur y 79° 10' de Longitud Oeste. El dique que conforma el embalse es del tipo frontal, es decir que ha sido construido en el lecho o eje del río Jequetepeque, ver Planos N° 01 y 02 - Anexo IV.

### **c) CARACTERISTICAS DEL EMBALSE GALLITO CIEGO:**

El embalse Gallito Ciego, está formado por el represo de las aguas del río Jequetepeque generado por la construcción de un dique frontal ubicado en el estrechamiento por los cerros La Vieja y El Gato, que conforman un vaso natural de 12 km de longitud por 1 a 2 km de ancho. El diseño hidráulico y proceso constructivo ejecutado entre 1982 a 1987, han dado como resultado un embalse de 638.10 Hm<sup>3</sup>.

Los parámetros hidrológicos y geométricos del embalse son los siguientes:

|                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| ➤ Volumen Total                       | 638.10 Hm <sup>3</sup> .   |
| ➤ Volumen de Crecidas                 | 93.40 Hm <sup>3</sup> .    |
| ➤ Volumen Útil                        | 426.80 Hm <sup>3</sup> .   |
| ➤ Volumen Inactivo                    | 117.90 Hm <sup>3</sup> .   |
| ➤ Nivel máximo de crecidas            | 410.30 msnm.               |
| ➤ Nivel normal del embalse            | 404.00 msnm.               |
| ➤ Nivel de volumen inactivo           | 361.00 msnm.               |
| ➤ Área del embalse, nivel 404.00 msnm | 13.20 km <sup>2</sup> .    |
| ➤ Longitud máxima del embalse         | 12.00 km.                  |
| ➤ Volumen medio anual de escorrentía  | 830.00 Hm <sup>3</sup> .   |
| ➤ Área de la cuenca                   | 4,230.00 km <sup>2</sup> . |

### **d) VIAS DE ACCESO A LA PRESA:**

El acceso a la presa Gallito Ciego se realiza por el km 671.0 de la panamericana norte, donde se inicia la carretera de penetración a Cajamarca, luego se avanza de oeste a este 35 km, inmediatamente después del centro poblado de Pay Pay.

### **e) LA PRESA GALLITO CIEGO:**

La presa Gallito Ciego, es la obra hidráulica principal más grande considerada y construida en la planificación de las obras ejecutadas en la primera etapa de desarrollo del

Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña, y cuenta con sus estructuras de captación, aducción y de salida regulada del agua y también cuenta con una estructura de rebose o aliviadero de crecidas.

El dique o presa en sus inicios llegó a formar un embalse con una capacidad total máxima de 638.10 Hm<sup>3</sup>, de los cuales 426.80 Hm<sup>3</sup> corresponden al volumen útil que se utiliza en fines agrícolas, pecuarios y energéticos.

El área agrícola beneficiada es de aproximadamente 36,000 ha, asimismo se incorporaron a la agricultura 6,700 ha de tierras eriazas aptas para el cultivo y se generan 34 Megavatios (MW) de capacidad instalada por la central hidroeléctrica ubicada en pie de presa.

La construcción del dique se inició en el año 1982 y su embalse está diseñado para un periodo de vida útil de 50 años. <sup>(12)</sup>

La presa Gallito Ciego es una estructura de tierra zonificada de sección trapezoidal casi simétrica, en la parte central tiene un núcleo vertical de arcilla que empalma con zonas de transición que en sus taludes externos se apoyan los espaldones con taludes ligeramente variables, los cuales están protegidos por una capa de roca (Rip Rap).

En ambos taludes aguas arriba y aguas abajo existen bermas que permiten el acceso vehicular al personal para realizar los trabajos de operación de los equipos de auscultación y también para su mantenimiento.

Por su ubicación el dique en una zona de relleno aluvial y la presencia de roca fisuradas en los estribos fue necesario realizar la impermeabilización vertical del subsuelo en donde sería el eje de la presa con la construcción de un diafragma de concreto armado de 1.0 m de espesor por 451.0 m de longitud, con profundidades de hasta 32.0 m, llegando a anclarse en el basamento rocoso, asimismo se complementó

con la instalación de una pantalla subterránea de impermeabilización mediante perforaciones con inyecciones de cemento y bentonita, cubriendo la zona de los estribos incluyéndose la zona debajo del aliviadero o vertedero ubicado en el estribo derecho. <sup>(13)</sup>

Debido a la gran dimensión que tendría esta estructura desde su fase inicial de construcción y para su posterior puesta en servicio se instalaron un conjunto de instrumentos internos y externos de auscultación en el dique los cuales servirían para su control y evaluación.

**f) SECCION TIPICA DE LA PRESA:** <sup>(14)</sup>

La sección típica del dique es de tierra zonificada de configuración más o menos simétrica (trapezoidal) y consta de las siguientes partes:

- ❖ Un núcleo vertical de arcilla ubicado en la zona central con taludes 5:1 en ambos lados, componente que constituye el elemento principal de impermeabilización del cuerpo de la Presa.
- ❖ Zonas de transición con taludes externos 2:1.
- ❖ Los espaldones con taludes variables 1:2.25 y 1:1.95 aguas arriba y 1:1.9 y 1:1.85 aguas abajo.

Los taludes exteriores están protegidos por un enrocado (Rip Rap) para contrarrestar la acción erosiva del oleaje (aguas arriba) y otros agentes atmosféricos, tienen bermas de 3.0, 5.0, 14.0 y 21.0 m de ancho en ambos taludes (aguas arriba y aguas abajo), los cuales sirven para el desplazamiento personal y vehicular para el mantenimiento y también para aumentar progresivamente la inclinación de los taludes para fines de estabilidad.

La cresta o corona de 15 m de ancho que sirve como acceso o vía de vigilancia que comunica los dos estribos del dique, ver Plano N° 10 - Anexo IV.

#### **g) CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA PRESA:** <sup>(15)</sup>

Las características geométricas de la Presa Gallito Ciego son:

- Nivel mínimo de fundación del núcleo 301.00 msnm
- Nivel de fundación de los espaldones 308.00 msnm
- Nivel de coronación 413.00 msnm
- Altura de la Presa (base núcleo-corona) 112.00 m
- Altura de Presa (base espaldones-corona) 105.00 m
- Ancho de corona 15.00 m
- Longitud de corona 797.00 m
- Longitud de la base (Eje: 308.00 msnm) 405.00 m
- Ancho de la base (308.00 msnm) 473.00 m
- Talud aguas arriba entre 1:2.25 y 1:1.95
- Talud aguas abajo 1:1.90 y 1:1.85
- Volumen de excavación total 997,000.00 m<sup>3</sup>
- Volumen de relleno total del dique 13'788,000.00 m<sup>3</sup>

La sección típica de la presa se detalla en el Plano N° 10 - Anexo IV.

#### **3.1.4.- OBRAS CONEXAS O COMPLEMENTARIAS.** <sup>(15)</sup>

Está referido al conjunto de obras hidráulicas que complementan su óptima operación del reservorio Gallito Ciego, según se detallan en el Plano N° 03 - Anexo IV, éstas son las siguientes:

##### **1) Estructura de Servicio:**

Esta estructura sirve para realizar la atención normal a la demanda que el valle requiere para sus cultivos. Asimismo, la estructura de servicio permite en periodos de avenidas descargar volúmenes de agua excedentes, de manera de

lograr almacenamiento dentro del volumen útil, denominado volumen de espera para la atenuación de avenidas. La capacidad de descarga de la estructura de servicio a través de las válvulas Howell Bungler es de 140 m<sup>3</sup>/s, si a ello se suma la descarga por el túnel de aducción que alimenta a la central hidroeléctrica (40 m<sup>3</sup>/s) se totalizan 180 m<sup>3</sup>/s.

## **2) Captación de Servicio:**

Para la operación normal del embalse Gallito Ciego, en la cota 336.78 m.s.n.m. con pique de 15.0 m de longitud y diámetro interior de 3.0 m. que mediante tramos de transición, se conecta al túnel de descarga de diámetro interior de 7.50 m.

Posee una compuerta tipo vagón de 3.6 x 5.5 m, que se desliza por un carril de dos rieles sobre la base de concreto armado, entre la cota 336.78 a la 410.00 m.s.n.m. Sobre el ducto de ingreso se tiene una reja móvil tipo vagón de 4.3 x 5.9 m. El accionamiento de la compuerta de servicio y reja se efectúa desde la Casa de Máquinas ubicada en la cota 412.00 m.s.n.m., mediante un sistema de cabrestante electromecánico. Esta captación es utilizada para la toma de agua del reservorio cuando el nivel del Embalse se encuentra entre los 350.00 m.s.n.m. y 404.00 m.s.n.m.

## **3) Captación de Fondo:**

Esta captación tiene su borde inferior de operación en la cota 315.0 m.s.n.m., a través de un conducto de 1.20 m de diámetro y 42 m de longitud, ubicado al lado derecho del túnel de descarga empalmado con la tubería de presión que desemboca en el túnel.

Dispone de una compuerta tipo vagón de 1.8 x 1.8 m, que se desliza por un carril de dos rieles sobre la base de concreto armado entre la cota 315.0 y 350.0 m.s.n.m. En el ducto de ingreso se tiene una reja fija de 2.60 x 4.20 m que es

maniobrada desde la cota 350.00 m.s.n.m. con un cabrestante fijo de tambor de 1.20 m de diámetro, así como piezas transportables.

Esta captación se emplea para la evacuación parcial o completa del embalse cuando el nivel de agua esté por debajo de la cota 350.00 m.s.n.m.

#### **4) Conducto o Túnel de descarga**

Este conducto sirve para conducir el agua tomada en la captación de servicio y/o de fondo hacia el cauce del río aguas abajo, pasando por la estructura terminal, la poza disipadora para llegar finalmente al canal de descarga. Durante la construcción de la presa, el túnel fue utilizado para efectuar el desvío del río.

Entre el km 0+000 – 0+045 se conecta directamente con el pique vertical con codo a 90° siguiendo un embudo de empalme de 3.0m a 7.5m de diámetro; en este tramo desemboca el conducto de la captación de fondo. El túnel de descarga entre las progresivas Km 0+602.6 hasta Km 0+700 empalma con la estructura terminal mediante una junta de dilatación, en donde se han instalado dos tubos de presión para la entrega de agua a la poza disipadora, formando el sistema de regulación en la zona de salida.

En este tramo se desprende el túnel de aducción a la central hidroeléctrica Gallito Ciego que mueve dos turbinas con un caudal promedio de 40 m<sup>3</sup>/s para una potencia de 34 MW.

#### **5) Estructura Terminal**

Constituye la parte final del conducto de descarga. Dispone de dos ductos de 2 m. de diámetro que se inician en el tabique de choque, cada ducto dos válvulas de emergencia tipo mariposa y dos válvulas de servicio del tipo Howell Bunger con una capacidad de evacuación de 70 m<sup>3</sup>/s, estas son accionadas por

servomotores y dos grupos óleo hidráulicos separados para cada tipo, así como sus armarios de servicio, ubicados en la sala de maniobras dentro de la estructura terminal.

El vaciado del túnel o conducto de descarga para fines de mantenimiento e inspección, se facilita a través de la tubería de drenaje ubicada debajo de los dos ramales a presión. Vacío el túnel se ingresa por una puerta de presión ubicada encima del tabique de choque.

## **6) Aliviadero de Crecidas:**

Esta estructura presenta las siguientes características:

### **6.1) Vertedero de Cresta Ancha**

El vertedero de cresta ancha, excavado en roca, presenta una sección rectangular de 79.5 m. longitud y 62 m. de ancho, con 1.6% de pendiente en el fondo, en concreto armado, el umbral se ubica en el nivel máximo de operación, cota 404 m.s.n.m., y al inicio del vertedero, sobre el umbral, se encuentran cinco pilares distribuidos simétricamente, en los cuales se apoya el puente de concreto armado que permite el acceso a la Presa desde la carretera a Cajamarca. En su parte final dispone de 10 dados para dispersar la corriente, antes de su caída libre a la poza natural de disipación. Según los estudios de diseño la capacidad de descarga del vertedero es de 1,632.0 m<sup>3</sup>/s.

### **6.2) Caída vertical**

Una vez que el caudal abandona el vertedero, continua su caída en forma libre por una altura aproximada de 42 m. sobre la poza de disipación labrada en roca; así como por un tramo de rápida sin revestimiento de 76 m. longitud; prosiguiendo por una rápida en concreto armado de 179 m. con ancho variando desde 34 m.

hasta 60 m. con pendientes de 18 a 22%, terminando en un salto de ski, con 14 dados disipadores de 10 m de longitud, 2.0 m de ancho y 1.5 m de alto sobre la estructura terminal que facilitan la aireación del chorro de agua, reduciéndose la carga sobre el fondo de la poza de disipación.

### **6.3)Rápida**

Luego de disipar la energía del agua en la caída natural, continua el flujo por un tramo de rápida sin revestimiento de 76 m. de longitud; prosiguiendo por una rápida en concreto armado de 179 m. con ancho variable desde 34 m. hasta 60 m. con pendientes de 18 a 22%, terminando en un salto de skí, con 14 dados disipadores de 10 m de longitud, 2.0 m de ancho y 1.5 m de alto sobre la estructura terminal que facilitan la aireación del chorro de agua, reduciéndose la carga sobre el fondo de la poza de disipación.

### **7) Poza de Disipación de Energía**

Esta estructura disipa la energía cinética del chorro de agua proveniente de las válvulas de servicio o del flujo por el aliviadero de crecidas, produce el resalto hidráulico y garantiza un flujo sub crítico en el canal de descarga, tiene una longitud de 77.65 m., con un ancho que varía de 60.0 m. a 77.30 m. El tramo inicial de 20 m desde la junta con la Estructura Terminal desciende desde la cota 301.35 a 293.30 m.s.n.m., continuando con un tramo horizontal que concluye en el umbral dentado formado por 25 dados disipadores separados 1.5 m entre sí, continúa con una rampa ascendente desde la cota 293.30 hacia la 298.30 m.s.n.m empalmado con el canal de descarga, la rampa está

protegida con gaviones de 1 m de espesor y revestido de concreto para evitar erosiones.

#### **8) Canal de Descarga de entrega al río**

Esta estructura se ubica a continuación de la poza disipadora con un ancho de 92 m. en la base. Constituye la parte final del sistema de descarga y a través de él fluyen las aguas provenientes del túnel (estructura de servicio) y/o del aliviadero y/o del canal By Pass de la central hidroeléctrica Gallito Ciego, tiene 405.0 m. de longitud y pendiente 0.05‰. Cuenta con dos secciones, la superior revestida con enrocado en forma de doble trapecio, la sección inferior tiene capacidad para la descarga de servicio de 180 m<sup>3</sup>/s, mientras que la doble sección sirve para los caudales de crecidas.

### **3.2. SISTEMA DE AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO**

Como estructura semielástica, la presa estará sometida a una serie de fuerzas y esfuerzos con las consiguientes deformaciones. Es por tanto imprescindible que durante su progresiva elevación y después de su terminación su comportamiento sea cuidadosamente analizado y registrado por una serie de instrumentos pertinentes. <sup>(16)</sup>

En la fase de construcción de la presa Gallito Ciego entre los años 1982-1987, se instalaron un conjunto de sensores e instrumentos distribuidos en baterías perpendiculares al eje de la presa.

Los instrumentos de medición están distribuidos de dos formas, un primer grupo internamente en el cuerpo de la presa y el segundo en el exterior, en ambos taludes del trapecio en un total de siete secciones a una distancia de 100 m entre sí.

El detalle de la distribución se indica en el Cuadro N° 07 - Anexo I y Planos del N° 11 al 27 - Anexo IV.

### **3.2.1.-EQUIPOS PARA LAS MEDICIONES DE AUSCULTACION.**

Los equipos o receptores utilizados para la medición de la auscultación de la presa Gallito Ciego son los siguientes: <sup>(16)</sup>

#### **3.2.1.1 EQUIPOS PARA LA MEDICION DE SENSORES:**

Para las mediciones de las celdas o sensores de cuerda vibrante (SCV) se utiliza el siguiente dispositivo:

➤ **01 Receptor marca MAIHAK modelo MDS 910.-** Es un equipo manual automático que se utiliza para la medida de los valores mecánicos de los transductores o sensores de cuerda vibrante (SCV), cuando los requerimientos son de alta precisión y sensibilidad. Los valores medidos se procesan en el receptor y se muestran en forma digital en una pantalla.

El receptor MDS 910, se utiliza actualmente para las mediciones de presión de poros, presiones totales y extensómetros. <sup>(14)</sup>

#### **3.2.1.2 EQUIPOS PARA LA MEDICION DE ASENTAMIENTOS Y LIMNIMETROS HORIZONTALES:**

Para la medición de asentamientos y limnímetros de desplazamientos horizontales se utilizan los siguientes equipos:

➤ **01 Receptor MAIHAK modelo RPS 400.-** Dispositivo a baterías o corriente alterna de 220v/60Hz, con rango de frecuencia de 1000 a 1100 MHz, aparato que emite un sonido al detectar un anillo metálico de asentamiento. <sup>(14)</sup>

➤ **01 Transmisor MAIHAK modelo RPS 420.-** Es un pequeño tubo plástico con conexión a un enchufe de 5 polos, frecuencia de medición de 1000 a 1100 MHz, opera con batería de 7 v, recargable en 14 hr, para 40 horas de trabajo continuo. Este transmisor

es la parte más importante que conforma la sonda que desciende por los tubos limnimétricos apoyado de un lastre de 2.0 kg. <sup>(14)</sup>

Equipo y medición de asentamientos se puede observar en la Fotografía N° 07 y 13 - Anexo III.

### **3.2.1.3 EQUIPO PARA LA MEDICION DE INCLINACIONES:**

Para la medición de inclinaciones de la presa se utilizan los siguientes equipos:

- **01 Receptor MAIHAK modelo MDS 910.-** Dispositivo cuyas características se detallan en el ítem 2.8.2.4.A.
- **01 Transmisor MAIHAK modelo MDS 85.-** O torpedo de medición que ingresa por las ranuras guía de la tubería de los limnímetros de asentamientos, y trabaja gobernado con el sistema de la cuerda vibrante, el cual tiene un péndulo de medición ubicado dentro del emisor que además gira en ángulos de 0° - 90° - 180° - 270° y 360°, rotación que nos permite obtener lecturas de la inclinación del dique en los dos ejes X e Y (Norte-Sur y Este –Oeste) en cualquier profundidad del tubo <sup>(14)</sup>, para mejor detalle se presenta en la Fotografía N° 10 - Anexo III.

### **3.2.1.4 EQUIPO PARA LA MEDICION DE PIEZOMETROS:**

Para la medición del nivel freático en los piezómetros simples se utiliza una sonda luminosa marca OTT, la cual se compone de un carrete con una cinta milimétrica de 20 m de longitud provista de un sistema eléctrico que al contacto con el agua se enciende un foco, que es el indicador de profundidad del nivel de agua subterránea, este equipo funciona con 04 baterías

de 1.5v, el detalle se muestra en la Fotografía N° 16 - Anexo III.

#### **3.2.1.5 EQUIPO PARA LA MEDICION DE FILTRACIONES:**

Para las mediciones de los caudales de filtración de la presa Gallito Ciego, se procede a medir manualmente los vertederos, cada uno cuenta con su fórmula de descarga, asimismo para complementar las mediciones en campo se utiliza un correntómetro marca SEBA modelo 875. Ver Fotografía N° 09 - Anexo III.

#### **3.2.1.6 EQUIPOS PARA LA MEDICION TOPOGRAFICA:**

Las mediciones topográficas se realizan con los siguientes equipos:

##### **a) Equipos para nivelación precisa:**

- 01 Nivel de Ingeniero con placa Plano paralela.
- 02 miras imbar.

##### **b) Equipos para Triangulación Topográfica:**

- 01 Teodolito marca WILD, modelo T-2, con precisión de cierre de 03 segundos (03").
- 06 Tarjetas topográficas de puntería.

#### **3.2.2.-INSTRUMENTACION INTERNA INSTALADA EN LA PRESA**

La instrumentación instalada en la presa tiene como finalidad de registrar el comportamiento interno y externo desde su etapa de construcción, fase de embalse o llenado y su puesta en operación, dado que el dique es el elemento principal de un reservorio y por lo tanto estará sometida a una serie de esfuerzos con las consiguientes deformaciones debido al material que lo conforma, su gran altura y los efectos sísmicos por la ubicación de la zona. <sup>(16)</sup>

Los instrumentos electrónicos nos permitirán realizar mediciones en campo cuyos resultados nos permitirán

establecer magnitudes de comparación que nos puedan indicar rangos en el normal o anómalo comportamiento de la estructura.

Los sensores colocados corresponden a celdas o células electrónicas del tipo de cuerda vibrante (SCV) o de alambre vibratorio, al detalle se precisan en los Planos del N° 12 al 18 - Anexo IV.

La instrumentación instalada en el cuerpo de la presa Gallito Ciego es la siguiente:

#### **A.- CELDAS DE PRESIÓN DE POROS**

Durante la fase de construcción en el transcurso del relleno del dique se instalaron un total de 100 celdas de Presión de Poros (PP) modelo MDS-75, las cuales nos permiten obtener la información de la presión hidráulica del agua que ejerce sobre el cuerpo de la presa, cuyo rango de medición varía entre 8, 16 y 30 bares (bar).

Las celdas están ubicadas a lo largo de cada sección transversal, es decir aguas arriba y aguas abajo del eje de la base del dique (solera), en niveles que varían entre las cotas 301 y 313 msnm, asimismo en el núcleo entre la 304, 375 y 397 msnm.

Las células de presión de poros están instaladas en las siete secciones del dique entre la sección 0+100 hasta la 0+700, pero se adicionaron un número de celdas en puntos denominados neurálgicos como son las zonas de transición entre el diafragma y el estribo derecho (km 0+165 a la 0+225) y en zonas empinadas en el estribo izquierdo (km 0+662 y 0+692). Ver Planos del N° 12 al 18 - Anexo IV.

Las celdas o células de presión de poros permiten medir y obtener la presión intersticial en cada punto de la sección, valores con los cuales se podrán obtener la Línea de Filtración dentro del cuerpo de la Presa, asimismo se

podrán conseguir el valor de la sub presión en la solera y caso de presencia inmediata de agua se detecta en la celda de Presión Total.

Las celdas de presión se comunican desde la zona instalada en el interior del dique mediante un cableado que llega hasta las 08 casetas de auscultación.

El equipo de medición consiste en un transmisor-receptor cuya función es transmitir una carga eléctrica para luego recepcionar un impulso generado por la vibración de la cuerda vibrante que se encuentra en la celda.

La distribución de las celdas de presiones de poros se especifica en los Cuadros N° 07 y 08 - Anexo I.

#### **B.- CELDAS DE PRESIONES TOTALES.**

Las celdas de Presiones Totales (PT) son sensores que registran la suma de la Presión de Poros (PP) más las Presiones de Tierra (Pt) y se expresa con la siguiente fórmula:

$$PT = PP + Pt \quad \dots\dots\dots (F-01)$$

Las presiones totales se obtienen directamente de la medición de las celdas y el respectivo proceso computarizado de datos, por lo tanto las presiones de tierra se obtiene de la diferencia:

$$Pt = PT - PP \quad \dots\dots\dots (F-02)$$

De acuerdo al principio de construcción y de instalación de las celdas nos permiten medir la presión en forma horizontal, inclinada en 45° y verticalmente. Para determinar también las presiones de tierra en forma independiente, éstas se encuentran generalmente cerca de cada celda de presiones de poros.

En la presa Gallito Ciego las celdas o sensores de presiones totales instaladas son en total 72 del modelo

MDS 78, con rangos de medición de 8, 16, 25, o 70 bar (1 bar = 1 kg/cm<sup>2</sup> = 1 mca (metro de columna de agua)).

La relación de celdas de presiones totales se detalla en el Cuadro N° 07 – Anexo I y la distribución se especifica en el Cuadro N° 09 - Anexo I, asimismo en los Planos del N° 12 al 18 - Anexo IV.

### **C.- EXTENSOMETROS.**

Los extensómetros (E) instalados en el interior del cuerpo de la presa tienen como función el control de la deformación horizontal de éste y se han distribuido de la siguiente manera:

Un primer grupo de ocho (08) sensores del tipo MDS 19, compuestos por 4 elementos de 5 m de longitud cada uno, los cuales están situados en el núcleo impermeable del dique en los niveles 308 y 345 msnm.

Un segundo grupo de ocho (08) sensores del mismo tipo compuestos por 2 elementos de 5 m, instalados en las zonas de transición aguas abajo del núcleo en el nivel 345 msnm y en el núcleo en el nivel 375 msnm.

En el dique se han instalado un total de 48 extensómetros de cuerda vibrante.

Las mediciones se realizan desde las ocho (08) casetas de auscultación o casetas de centralización, donde se encuentran los tableros receptores, según se muestran en las fotografías N° 11 y 12 - Anexo N° III.

La relación y ubicación de los extensómetros se detalla en los Cuadros N° 07 y 10 - Anexo I, de igual modo en los Planos del N° 12 al 18 - Anexo IV.

#### **D.- LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS.**

En el cuerpo de la presa Gallito Ciego se instalaron 15 limnímetros de asentamientos verticales, que consisten en tubos de plástico PVC de 10 cm de diámetro con placas metálicas de aluminio, circulares de 35 cm de diámetro y 06 mm de espesor, instaladas cada 10 m aproximadamente, cada tubo tiene hasta 112 m de profundidad, considerada su inicio desde la corona de presa.

Los asentómetros se instalaron en dos grupos:

El primer grupo conformado por 08 tubos instalados en la corona de la presa, correspondiendo y coincidiendo con las progresivas de las secciones 0+100 km al 0+700 km, más uno adicional ubicado en el eje de la corona en la progresiva 0+600.

El segundo grupo de 07 asentómetros están instalados en la berma 375 en las mismas secciones indicadas en el párrafo anterior.

La medición se realiza con un equipo compuesto por un transmisor que ingresa y baja por el tubo hasta indicar mediante un sonido en el receptor la ubicación del anillo y continúa con los siguientes.

El detalle de los limnímetros se indica en el Cuadro N° 07 - Anexo I y en los Planos del N° 23 al 27 - Anexo IV.

#### **E.- INCLINOMETROS.**

Las inclinaciones de la presa se miden en los mismos tubos o limnímetros de asentamientos, los cuales tienen ranuras guía que direccionan el desplazamiento vertical de la sonda transmisora que va a medir los ángulos de inclinación del tubo en dos posiciones una perpendicular al eje de la presa

y la segunda a 90° en el mismo sentido del eje, los rangos de medición son hasta los 15°.

En el cuerpo de la presa, solamente en la corona se instalaron 08 tuberías inclinométricas, que corresponden a los mismos tubos o limnímetros de asentamientos. Ver Planos del 12 al 18 del Anexo IV.

#### **F.- LIMNIMETROS DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES.**

Para la evaluación de las deformaciones dentro del relleno de la presa se instalaron los limnímetros de desplazamientos horizontales. Este sistema se compone de ocho (8) tubos horizontales que contiene cada 10 m placas metálicas, cuya técnica de medición es similar a los tubos o limnímetros de asentamientos, los cuales se detallan en el Cuadro N° 07 - Anexo I y en los Planos del 12 al 18 - Anexo IV.

Las tuberías han sido instaladas en dos grupos:

El primero grupo conformado por tres (03) tubos ubicados en la cota 322.00 msnm en las secciones 0+200, 0+400 y 0+600 de la presa.

El segundo conformado por cinco (05) tubos situados en la cota 376 msnm en las progresivas 0+100, 0+200, 0+400, 0+600 y 0+700 del dique.

Estos instrumentos sirven para medir las deformaciones dentro del relleno de la presa.

La lectura de estos instrumentos se realiza desde las casetas de auscultación, cuyo procedimiento es el mismo realizado para los controles de asentamientos.

### **3.2.3. INSTRUMENTACION EXTERNA INSTALADA EN LA PRESA**

Este tipo de instrumentos también se instalaron en ambos taludes de la presa y en línea respetando el eje de las siete secciones establecidas en el dique, estos accesorios tienen por finalidad realizar el control topográfico del cuerpo de la presa, para evaluar los movimientos horizontales mediante micro triangulación y los verticales mediante nivelación precisa de la superficie del dique, los puntos topográficos son los siguientes:

(15)

#### **A.- PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION.**

Los puntos de control de deformación son 51 hitos topográficos que se instalaron en la superficie del cuerpo de la presa durante su construcción, cuyo finalidad es la vigilancia de los movimientos verticales superficiales del dique, los cuales están distribuidos en las siete secciones de control establecidas y ubicados a diferentes niveles desde la berma 375 msnm, nivel 404 msnm, en el talud aguas arriba, en la corona de presa (413.00 msnm) y en las bermas 397, 375, y 322 msnm y nivel 345 msnm del talud aguas abajo.

En cada sección se instalaron entre 02 a 07 puntos de control, según detalla los Planos del N° 19 al 22 - Anexo IV. Estos puestos topográficos están constituidos por tubos de acero de 4" de diámetro empotrados en dados de concreto en el cuerpo de la presa, los cuales fueron instalados en la fase de construcción.

Los puntos de control de deformación se vigilan desde los puntos de referencia bajo dos métodos topográficos:

El primero corresponde a la nivelación de alta precisión de los puntos para el control de desplazamientos verticales o de asentamientos de la superficie del dique.

El segundo está referido a la triangulación de los puntos para el control de los desplazamientos horizontales de la misma.

La ubicación de los puntos de control de deformación se detalla en los Plano N° 19, 21 y 22 - Anexo IV.

#### **3.2.4. INSTRUMENTOS INSTALADOS FUERA DE LA PRESA.**

Los instrumentos instalados fuera del cuerpo de la presa Gallito Ciego corresponden a puntos de control externos, que se ubican en el contorno del dique y complementan la evaluación de la auscultación en todo su conjunto, estos instrumentos son:  
(15)

##### **A.- PUNTOS TOPOGRAFICOS DE REFERENCIA.**

Los puntos de referencia son hitos superficiales que se consideran los BMs (Bench Mark), están conformados por columnas de concreto armado, monumentados y ubicados en diferentes cotas fuera del dique, en los estribos rocosos alrededor del mismo.

Como su nombre indica los puntos de referencia nos permiten realizar el control topográfico meticuloso del comportamiento horizontal (triangulación) y vertical (nivelación precisa) de los puntos de control de deformación ubicados en el cuerpo de la presa Gallito Ciego.

Además los puntos de referencia, nos permite realizar el control de asentamientos de las estructuras de concreto u obras secundarias complementarias a la presa.

En los contornos del dique se han instalado once (11) columnas topográficas (COL) denominadas del COL-0 hasta al COL-14, según el detalle del Plano N° 20 - Anexo IV.

## **B.- PIEZOMETROS SIMPLES.**

La Presa está situada en un cauce de río cubierto por material aluvial muy permeable hasta el sub suelo rocoso, exigiendo un sistema de impermeabilización, por lo tanto aguas abajo del dique se instalaron 14 piezómetros convencionales o abiertos, en líneas de tres baterías con la finalidad de evaluar el comportamiento de las fluctuaciones de la napa freática en todas sus direcciones, cuya finalidad es controlar en forma directa la eficiencia de la impermeabilización de la base de la Presa.

La ubicación de los piezómetros se indica en el Plano N° 28 - Anexo IV.

## **C.- VERTEDEROS EN PIE DE PRESA.**

Uno de los factores que tienden a alterar el estado normal de las Presa es el proceso de filtración, que viene a ser el desplazamiento del flujo desde el nivel de embalse aguas arriba hacia aguas abajo ya sea a través del cuerpo o cimentación de la Presa.

El agua filtrante es el condicionante para la presencia de fuerzas hidrodinámicas, que actúan directamente sobre la fase solida (esqueleto) del cuerpo y cimentación. Esta fuerza por un lado generan la disminución de la estabilidad de los taludes de la presa, por otro lado originan las deformaciones del cuerpo en forma de tubificación, colmatación, erosión por contacto, reventón, etc. <sup>(8)</sup>

Para la medición de las filtraciones en la presa Gallito Ciego se dispone de seis (6) puntos de control, cinco (5) conforman el dren Pié de Presa y son vertederos que se instalaron en el talud aguas abajo de la presa, luego el total de filtraciones a 630 m aguas abajo se mide en un (1) aforador tipo Parshall, zona de término del dren de filtraciones, los medidores son los siguientes:

|          |   |  |
|----------|---|--|
| VMD      | : | Vertedero margen derecha – triangular    |
| VPP      | : | Vertedero pie de presa-trapezoidal       |
| VMD-1    | : | Vertedero 1 margen derecha-triangular    |
| VMI-1    | : | Vertedero 1 margen izquierda-triangular. |
| VMI      | : | Vertedero margen izquierda – triangular. |
| Parshall | : | Aforador Parshall.                       |

Para registrar las filtraciones, se emplean 3 tipos diferentes de control:

- ✓ Vertedero triangular de 90° tipo Thomson: instalado en el aforador de la margen derecha y en los dos aforadores de la margen izquierda.
- ✓ Vertedero Trapezoidal: instalado en el aforador central.
- ✓ Aforador Parshall: corresponde al medidor final de todo el caudal de salida del dren pie de presa. Tiene 02 pozos de medida que cuentan con escala limnimétrica manual metálica y adecuadamente pintada.

La ubicación de los vertederos se indica en el Plano N° 29 - Anexo IV.

#### **D.- LIMNIMETROS PARA CONTROL DE NIVELES DE EMBALSE.**

Para un mejor control de los niveles de embalse, exactamente en el carril de izaje de la compuerta y reja se instaló un conjunto de reglas limnimétricas que indican cada 50 cm los niveles del espejo de agua expresado en cotas absolutas en metros sobre el nivel del mar (msnm), donde cada centímetro nos proporciona la carga de agua que soporta el dique y la capacidad de almacenamiento del embalse.

La ubicación de la zona de medición se indica en el Plano N° 30 - Anexo IV y en la Fotografía N° 17 - Anexo III.

## **E.- PLUVIOMETRO.**

Para medir las precipitaciones en la zona de influencia de la presa se instaló un pluviómetro ubicado aguas abajo del dique, a la altura de las oficinas de operación y mantenimiento del campamento Gallito Ciego.

### **3.3.EVALUACION DEL SISTEMA DE AUSCULTACION**

#### **3.3.1 EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE MEDICION**

Luego de la evaluación realizada en campo a los equipos de medición se preparó el Cuadro N° 11 - Anexo I, donde se describe si están operativos los equipos, al detalle el estado actual siguiente:

##### **3.3.1.1 EQUIPO PARA LA MEDICION DE SENSORES DE PRESIONES Y EXTENSOMETROS (SCV):**

- ✓ **Receptor marca MAIHAK modelo MDS 910.-** Este equipo actualmente está operativo a pesar de ser de tecnología de los años 80.

##### **3.3.1.2 EQUIPOS PARA LA MEDICION DE ASENTAMIENTOS Y LIMNIMETROS HORIZONTALES:**

- ✓ **01 Receptor MAIHAK modelo RPS 400.-**  
Dispositivo operativo.
- ✓ **01 Transmisor MAIHAK modelo RPS 420.-**  
Accesorio que también está en operación.

Es necesario indicar que solamente se realizan mediciones de asentamientos.

En los limnímetros de desplazamientos horizontales no se realizan mediciones desde 1989 <sup>(15)</sup>, porque los cables de desplazamiento de la sonda transmisora RPS 420 se encuentran rotos, según se muestra las Fotografías N° 14 y 15 - Anexo III.

#### **3.3.1.3 EQUIPO PARA LA MEDICION DE INCLINACIONES:**

- **01 Receptor MAIHAK modelo MDS 910.-** Operativo
- **01 Transmisor MAIHAK modelo MDS 85.-** No funciona desde 1990 <sup>(15)</sup>, se realizó su mantenimiento correctivo pero sigue presentando fallas en su operación.

#### **3.3.1.4 EQUIPO PARA LA MEDICION DE PIEZOMETROS:**

La sonda luminosa si se encuentra operativa, pero necesita cambiarla debido a que la cinta graduada se está rompiendo por el uso constante y la antigüedad.

#### **3.3.1.5 EQUIPO PARA LA MEDICION DE FILTRACIONES:**

El correntómetro o mini molinete SEBA 875 está en perfectas condiciones de operación.

#### **3.3.1.6 EQUIPOS PARA LA MEDICION TOPOGRAFICA:**

El nivel de Ingeniero, el Teodolito y sus accesorios también están en buenas condiciones de operación.

### **3.3.2 EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SENSORES DE AUSCULTACION**

La evaluación de los sensores de cuerda vibrante se detalla en el Cuadro N° 12 - Anexo I y según su categoría se han clasificado en tres grupos que son:

#### **3.3.2.1 SENSORES DE PRESION DE POROS:**

Llamados también piezómetros de cuerda vibrante (PCV), a continuación podemos indicar que, de los 100 sensores de presión de poros (PP) instalados, 17 están fuera de servicio, según se detalla en el Cuadro N° 08 - Anexo I.

### **3.3.2.2 SENSORES DE PRESIONES TOTALES:**

Al igual que en el caso anterior, las células de presión total (PT), en el Cuadro N° 09 - Anexo I, nos especifica la situación de cada sensor, resultando que, de 74 sensores instalados solamente uno está fuera de servicio.

### **3.3.2.3 SENSORES DE DEFORMACION O EXTENSOMETROS:**

Tras analizar los datos obtenidos por los extensómetros de cuerda vibrante (ECV) y descritos en el Cuadro N° 10 - Anexo I, resulta que, de los 48 sensores instalados ( E ), 39 están operativos.

En el cuadro N° 12 - Anexo I, en forma resumida se puede describir el estado actual de los sensores de cuerda vibrante instalados entre 1982 y 1987.

## **3.4 EVALUACION DE LAS VARIABLES DE CONTROL DE LA PRESA GALLITO CIEGO**

Para un análisis detallado de las variables de control que conforman la auscultación de la presa Gallito Ciego, la data recopilada se ha procesado en hoja Excel, programa con el cual se han confeccionado una serie de gráficos para la evaluación respectiva.

Es necesario indicar que en el presente trabajo los gráficos han sido los instrumentos esenciales para realizar la evaluación a través del tiempo de los diversos parámetros. Para un mejor análisis de las variables se describirá el sistema de auscultación en dos grupos:

- **VARIABLES HIDRAULICAS.-** que corresponden a:
  - Niveles de embalse.
  - Presiones de poros.
  - Presiones totales
  - Piezómetros simples y

- Filtraciones de presa.

➤ **VARIABLES DEFORMACIONALES.-** conformado por:

- Extensómetros.
- Limnímetros de asentamientos o asentómetros.
- Limnímetros de desplazamientos horizontales.
- Inclinaciones y
- Control topográfico.

**3.4.1 EVALUACION DE LAS VARIABLES HIDRAULICAS DE 1988 A 1990:**

Debido a que no se ha encontrado información manual y digitalizada del periodo 1988-1990, hemos recurrido a los informes técnicos de los cuales podemos explicarles lo siguiente:

**3.4.1.1 EQUIPOS Y SENSORES DE AUSCULTACION 1988-1998:**

Luego de culminada la fase de construcción de la presa (fase del relleno – 1982 a 1987), especialistas de la compañía MAIHAK AG, quien fué la empresa que instaló los instrumentos en el cuerpo del dique; entre Junio y Julio de 1990 realizaron inspecciones y mediciones en campo, obteniendo los resultados siguientes:

- ✓ 07 celdas están fuera de servicio, correspondiendo a 05 de Presión de Poros (MDS 75) y 02 de Presiones Totales (MDS 78).
- ✓ 03 limnigrafos horizontales de 08 instalados no funcionan.
- ✓ El inclinómetro MDS 85 se encuentra malogrado

**3.4.1.2 EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL CUERPO DE LA PRESA 1988-1990:**

Los histogramas representados en los Gráficos del N° 01 al 23 - Anexo II, indican lo siguiente:

- Los resultados muestran que durante la fase de embalse no ocurrieron tensiones críticas pero si se presentaron deformaciones importantes en el cuerpo de la Presa
- Asimismo confirmaron que las filtraciones a través del cuerpo de la presa y del subsuelo se encuentran del margen normal, llegando a un máximos de 134.0 l/s, con 400 msnm de nivel de embalse; ver Gráfico N° 23 - Anexo II.
- En la corona de la presa, en la sección 0+500, los asentamientos alcanzaron hasta 1.25 m y simultáneamente un desplazamiento horizontal hacia aguas arriba de 0.30 m, ver Gráfico N° 19 - Anexo II.
- La evolución de la presión de poros en el cuerpo de la presa se encuentra dentro del orden y de la magnitud del valor que fue tomado como base para los cálculos de estabilidad. La subpresión en la solera de fundación es generalmente cero.
- La distribución de tensiones en el cuerpo de la presa nos permite afirmar que no hay zonas en estado crítico. Los cambios de tensión durante la fase de saturación del material impermeable son pronunciados pero dentro del margen normal.
- La presión de poros disminuye desde aguas arriba hacia aguas abajo a casi cero, como consecuencia del empotramiento del diafragma al núcleo. Ver Gráfico N° 07 - Anexo II.
- Las pérdidas de agua por filtración controlada por el nivel de la napa freática aguas abajo y por el sistema de drenaje, se encuentra en márgenes inferiores de magnitud experimentado en presas similares, ver Gráficos del 20 al 22 - Anexo II.

### **3.4.2 EVALUACION DE LAS VARIABLES HIDRAULICAS DE 1998 AL 2016:**

#### **3.4.2.1 CELDAS DE PRESION DE POROS:**

Las presiones de poros (P) en cada uno de los perfiles, nos da a conocer el comportamiento del gradiente hidráulico al atravesar el cuerpo de presa y poder comprobar la efectividad de impermeabilización del núcleo, detalles que se indican en los Gráficos del N° 24 al 53 - Anexo II, de los cuales se analizó lo siguiente:

##### **1.0) SECCION DE CONTROL 0+100:**

Este perfil se sitúa en la zona del estribo derecho, siendo la altura del cuerpo de presa de 40 m, cuenta con 5 piezómetros de cuerda vibrante, todos ellos operativos. Ver Plano N° 20 – Anexo IV.

Los piezómetros P-6, P-7 y P-8 están situados dentro del núcleo, en el contacto presa-cimiento (cota 345 m.s.n.m), cerca del espaldón de aguas arriba (P-6), en el eje (P-7) y junto al espaldón de aguas abajo (P-8) respectivamente. Las presiones intersticiales en esta zona del contacto experimenta una disminución de en torno a 2,5 kg/cm<sup>2</sup> (1 kg/cm<sup>2</sup> = 1 bar). El porcentaje de la carga hidrostática con respecto al nivel de embalse se mantiene constante en los 3 sensores durante todo el periodo de control, pasando de valores en torno al 60% (P-6) a valores de en torno al 15% (P-8), es decir, se produce una atenuación del 45%. La dependencia en la variación del nivel piezométrico de los sensores con respecto a las variaciones del nivel de embalse es total; sin demora temporal en la celda situada en el eje y cerca del espaldón de aguas arriba y mucho más suave, pero también sin demora, en el situado más hacia aguas abajo, Ver Gráfico N° 24 – Anexo II.

Los sensores de la cota 374 m.s.n.m. se encuentran situados junto al espaldón de aguas arriba (P-15) y el de aguas abajo (P-16). El ubicado aguas arriba P-15, registra presiones totalmente influenciadas por el nivel de embalse, y con valores de nivel piezométrico coincidente con éste. El P-16 registra una presión más estable, aunque influenciada por las variaciones del nivel de embalse, permaneciendo el nivel piezométrico en este punto entre 10 y 20 m por debajo del nivel de embalse. La atenuación de carga hidrostática es de aproximadamente un 70%, Ver Gráfico N° 25 – Anexo II. En el perfil de control 0+100 el comportamiento del núcleo es aceptable, puesto que se produce una atenuación apreciable de las presiones de poros en las dos cotas de control. Sin embargo, los sensores situados más aguas arriba y sobre todo el situado en el eje, registran presiones elevadas y muy influenciadas por el nivel de embalse, lo que indica que la comunicación de esos puntos con el embalse es bastante directa.

## **2.0) SECCION DE CONTROL 0+200:**

En esta sección, se controlan las presiones intersticiales en 4 cotas diferentes: el contacto con el cimiento (cota 308 m.s.n.m.), desde el espaldón de aguas arriba hasta el de aguas abajo, con un total de 8 piezómetros, y en el interior del núcleo en las cotas 345 m.s.n.m. 4 piezómetros, 375 m.s.n.m. (3 piezómetros) y la cota 397 m.s.n.m. (1 piezómetro). Hay instalados 2 piezómetros más en el punto de progresiva 0+215, en la zona central del núcleo, en su contacto con el cimiento. Ver gráficos del 26 al 29 – Anexo II.

Los piezómetros situados en el contacto, aguas arriba del núcleo (P-1 y P-2), registran presiones elevadas y

con las mismas variaciones que el nivel de embalse, sin demora temporal alguna. El nivel piezométrico en esos puntos se encuentra próximo al del nivel de embalse, pero sin sobrepasarlo en ningún momento. Aguas abajo del núcleo, los P-4 y P-5 registran presiones mucho menores y que no están influenciadas por las variaciones del nivel de embalse. Se aprecia una tendencia al alza en estos valores, que se puede cuantificar en aproximadamente 0,1 kg/cm<sup>2</sup> por año. El P-6 registra valores de presión elevados, aunque estables en el tiempo, encontrándose su nivel piezométrico en torno a los 360 m.s.n.m. durante todo el periodo de control y el porcentaje de carga hidrostática en torno al 60%. Entre los piezómetros situados aguas arriba y aguas abajo del núcleo la atenuación de la carga hidrostática es de un 75%.

En la zona de contacto del núcleo con el cimientado, el P-7 se encuentra averiado, los restantes, en la 0+200 ambos sensores registran valores similares de presión y carga hidrostática, estando ligeramente más influenciado por las variaciones del nivel de embalse el P-3, más aguas arriba que el P-10. En la 0+215, la presión intersticial en la zona del P-8 es en torno a 3 kg/cm<sup>2</sup> más elevada que la del P-9, más aguas abajo, pero muy próximo. Esta diferencia entre 2 sensores tan próximos hace dudar de las lecturas de al menos uno de ellos. Comparándolas con las del perfil de control 0+200, las lecturas correctas parecen ser las del P-9. No obstante, deben tomarse con cautela.

En la cota 345 m.s.n.m., dentro del núcleo se produce una atenuación considerable de las presiones, pasando de 3-4 kg/cm<sup>2</sup> en el P-29 (próximo al espaldón de aguas arriba), a presiones en torno de 1.0 kg/cm<sup>2</sup> en el

más próximo a aguas abajo, es de prácticamente 0 kg/cm<sup>2</sup> en el situado en el filtro de aguas abajo. En porcentajes de carga hidrostática, se pasa del 75% al 20% en el núcleo y 5% en el filtro. La dependencia con las variaciones del nivel de embalse es menor según se encuentra el sensor más hacia aguas abajo. Por todo lo anterior, la impermeabilidad del núcleo en este punto es satisfactoria.

En las cotas superiores, las presiones varían en función de las variaciones del nivel de embalse. La disminución en la cota 375 m.s.n.m. es del 50% y en ningún momento el nivel piezométrico en los puntos de control supera la cota del nivel de embalse. El P-50 (cota 397 m.s.n.m.), registra presiones estables entre 0,25-1 kg/cm<sup>2</sup> en función del nivel de embalse, permaneciendo su nivel piezométrico por encima del nivel de embalse y los porcentajes de carga por encima del 100%, debido a la cota de instalación, por encima del nivel de embalse o muy próxima a éste durante todo el periodo de control. No indica un comportamiento deficiente del núcleo.

Por lo analizado en este punto, se concluye que el núcleo de la presa, en el perfil 0+200, se encuentra en un estado adecuado y la impermeabilización del mismo presenta una eficacia aceptable.

### **3.0) SECCION DE CONTROL 0+300:**

Según el gráfico 31, el P-1, situado bajo el diafragma del núcleo (cota 300.97 m.s.n.m.), se aprecia un ascenso continuo de la presión desde el comienzo del periodo de control de unos 4 kg/cm<sup>2</sup>. Esto puede indicar un fallo en el sensor o la existencia de una vía preferente del flujo hidráulico de comunicación con el

embalse es directa, puesto que el nivel piezométrico supera la cota de éste.

En el Gráfico N° 31- Anexo N° II, se muestra la evolución temporal del P-4, situado aguas abajo del eje en la base del espaldón, también se aprecia un aumento brusco de las presiones intersticiales de 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, a partir de finales del 2007, sin que el nivel de embalse experimente variaciones diferentes a las de otros años. Desde entonces, se observa una ligera tendencia al alza de las mismas, no pudiéndose considerar estabilizadas. En ambos casos, la presión aumenta con independencia de las variaciones del nivel de embalse.

El resto de sensores del contacto registran presiones estabilizadas, con la particularidad de que son mayores cuanto más alejado del núcleo se encuentran.

Los sensores situados en el interior del núcleo en la cota 307 m.s.n.m. registran presiones muy elevadas, que varían a la par con el nivel de embalse, con niveles piezométricos por encima del nivel de embalse, aguas arriba del diafragma (P-6 y P-7) y valores de menos de 1.0 kg/cm<sup>2</sup> e independientes de la oscilación de la cota del embalse, aguas abajo del mismo (P-8 y P-9). Por todo ello, en este perfil existirían indicios de una pérdida de impermeabilización bajo el núcleo, en su contacto con el cimiento en la zona próxima al espaldón de aguas arriba y que se prolonga por el contacto presa-cimiento hasta la mitad del espaldón de aguas abajo (zona del P-5) en la que los valores de las presiones disminuyen y se estabilizan. Ver Gráfico N° 32 - Anexo II.

En la cota 345 m.s.n.m., el sensor más aguas arriba (P-10) es completamente dependiente del nivel de

embalse, reproduciendo sus variaciones directas, mientras que el P-12, más aguas abajo, la variación es mínima en sus valores, apreciándose una leve tendencia a la disminución de las presiones. Algo similar se observa en el P-10, pero de forma menos clara. En esta cota, el comportamiento del núcleo es aceptable. Ver gráfico 33.

Finalmente, el gráfico 34 explica que en las cotas superiores más próximas a la coronación, solo está operativo el P-13, donde se observa el mismo aumento repentino de presión a finales del 2007, que el experimentado en el P-4. Desde ese momento, el nivel piezométrico se aproxima al nivel de embalse y el porcentaje de carga pasa del 30-40% a más del 70%. Hasta que dejó de funcionar el P-15 no sufre ese aumento repentino, pero sí registra una tendencia al alza de las presiones de casi 2.0 kg/cm<sup>2</sup> entre 2004 y mediados del 2010.

Por todo lo anterior, el perfil de control 0+300 podría presentar indicios de falta de impermeabilización en la zona del diafragma en el contacto del núcleo con el cimiento y en la cota 375 m.s.n.m. Además, 2 de los sensores experimentaron a finales de 2007 un aumento repentino de las presiones, que posteriormente no ha sido recuperado.

#### **4.0) SECCION DE CONTROL 0+400:**

En esta sección, la zona del contacto presa-cimiento, aguas abajo del núcleo, se observa una atenuación de las presiones de 2.0 kg/cm<sup>2</sup> entre el P-4, en la zona del filtro y el P-6 en el espaldón de aguas abajo. Los porcentajes de carga son bajos, pasando del 30% al 5% entre sensores. Ninguno de los sensores registra

presiones influenciadas por las variaciones del nivel de embalse. Ver gráfico 37.

Los gráficos 35 y 36 – Anexo II, nos indican que los sensores situados aguas arriba del diafragma registran niveles piezométricos en cotas idénticas a las del embalse, siguiendo la evolución de las presiones del embalse. Los porcentajes se encuentran al 100% en el sensor P-7 y en torno al 95% en el P-8. Aguas abajo del diafragma, los sensores P-3, P-9 y P-10 registran presiones estables que no están influenciadas por la variación del nivel de embalse. El nivel piezométrico está estabilizado en la cota 310~315 m.s.n.m., siendo el porcentaje de carga con respecto al nivel de embalse inferior al 10% en todo el periodo de control. A respecto de estos valores, se considera que el estado de la impermeabilización del diafragma es satisfactorio en este perfil.

La evolución del gradiente hidráulico en la cota 345 m.s.n.m., registrado en los 4 piezómetros de esa zona es claramente descendente. En los 3 sensores situados en el interior del núcleo (P-29, P-30 Y P-31), las presiones se reducen en torno a 2,5 kg/cm<sup>2</sup>, pasando el nivel piezométrico de encontrarse unos 10 m por debajo del nivel de embalse a unos 30. La atenuación de cargas se sitúa en torno al 40%, quedando en valores en torno al 35% en el P-31. En los 3 sensores las presiones evolucionan a la par con el nivel de embalse. El sensor situado en el filtro de aguas abajo, a la misma cota (P-49), registra presiones estables, sin relación con la variación del nivel de embalse, con valores en torno a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> por debajo del P-31 y un porcentaje de carga por debajo del 10%. En esta cota,

la impermeabilización del núcleo es aceptable y el del filtro satisfactorio.

En el gráfico 39, encontramos que las cotas superiores, como sucede en los perfiles de control anteriores, en la cota 375 m.s.n.m. el gradiente hidráulico va disminuyendo según se adentra en el núcleo y en la cota 397 m.s.n.m. se registran valores elevados de presión y nivel piezométrico, debido a la cota de instalación del P-50, ver gráfico 40.

En base al análisis de los resultados, el estado de la impermeabilización en esta sección es aceptable en toda la altura del núcleo.

#### **5.0) SECCION DE CONTROL 0+500:**

En los Gráficos N° 41 y 42 – Anexo II, nos detallan que los sensores situados en el contacto presa-cimiento, desde el diafragma hacia aguas abajo, registran presiones que pasan de valores en torno a 3.0 kg/cm<sup>2</sup> en el P-1 a valores de aproximadamente 0,5 kg/cm<sup>2</sup> en el P-3. El P-4 no está operativo y se duda y descartan los valores del P-5, porque en el segundo semestre del 2008 registra un aumento de presión, en torno a 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, que no es registrado en ningún otro sensor y que no se relaciona con ningún aumento brusco del nivel de embalse, es más, está comenzando su descenso de forma suave. La atenuación de carga entre el P-1 y el P-3 es de un 25%, pasando del 30% al 5%. En los sensores situados en el núcleo en esa misma cota, se pasa de valores de nivel piezométricos próximos al nivel de embalse en el P-7 (aguas arriba del diafragma) e influenciado por las variaciones de éste, a valores por debajo de los 315 m.s.n.m. en los P-8 y P-9 (aguas abajo del diafragma), que no dependen

de las oscilaciones del nivel de embalse. La atenuación de la carga oscila entre el 50 y el 70%. El descenso de las presiones registradas por el P-8 que pasan a ser negativas, dan motivo a descartar los valores de este sensor.

En la cota 345 m.s.n.m. según el gráfico 43, la atenuación del gradiente hidráulico al atravesar el núcleo se cuantifica en casi 3 kg/cm<sup>2</sup> entre el P-10 y el P-12, lo que supone un descenso del porcentaje de la carga hidrostática de en torno al 50%, siendo los 3 sensores sensibles a las variaciones del nivel de embalse, tanto menor cuanto más aguas abajo se sitúa el sensor. Además, en el P-12 se observa una leve tendencia a la disminución de la carga hidrostática, que no es visible en los otros 2 sensores.

En las cotas superiores, según el Gráfico N° 45 – Anexo II los niveles piezométricos en todo el ancho del núcleo se sitúan a la misma cota que el nivel de embalse, siendo idénticas las variaciones de todos ellos. Esto indica que existe un grado de saturación del núcleo en esa cota muy uniforme, y que permanece constante durante todo el periodo de control.

En conclusión, la sección de control 0+500 parece presentar un comportamiento satisfactorio en el contacto y cotas inferiores del núcleo.

#### **6.0) SECCION DE CONTROL 0+600:**

En esta unidad de control solamente hay 2 sensores operativos en el contacto, el P-3 en el diafragma y P-4 bajo el filtro de aguas abajo

En el gráfico 49 observamos que los sensores situados a ambos lados del diafragma, se encuentran operativos el de cota aguas arriba es el P-08, en este sensor la

presión aumenta durante todo el periodo de control, pasando de 4.0 a 12.0 kg/cm<sup>2</sup> entre 2004 y 2009. A partir de entonces parece estabilizada. El nivel piezométrico permanece por encima del nivel de embalse desde el año 2006, por tal motivo se desconfía de los valores de este sensor. De los ubicados aguas abajo del diafragma, el P-9, situado a la misma cota que el P-8 registra los valores de presión más bajos (menos de 2.0 kg/cm<sup>2</sup>). Las presiones aumentan al disminuir la cota de instalación de los sensores, siendo los niveles piezométricos entre 30 y 60 m más bajos que el nivel de embalse. Estos datos, confirman las sospechas acerca del fallo del sensor P-8.

En la cota 345 m.s.n.m., según el Gráfico N° 47 – Anexo II, el P-29, situado próximo al filtro de aguas arriba, registra niveles piezométricos con casi la misma cota que el nivel de embalse y una vinculación total con las variaciones de éste. Los otros sensores, P-31 y P-49, aguas abajo del núcleo y en el filtro de aguas abajo, registran presiones mucho más reducidas, estando influenciados el P-31 por las variaciones de la cota del embalse. La evolución de cargas hidrostáticas a lo largo del núcleo va del 80% en el P-29 al 20% en el P-31. En el filtro el porcentaje de carga oscila en valores por debajo del 5%. Sin embargo, se observa una tendencia al alza en los valores registrados por el P-31.

El Gráfico N° 47 – Anexo II, nos indica la evolución temporal P-31 respecto al nivel de embalse.

En las cotas superiores, el comportamiento del núcleo sigue el mismo patrón que en los anteriores perfiles. Las presiones están totalmente influenciadas por las variaciones del nivel de embalse y la atenuación de cargas en la cota 375 m.s.n.m. es del 50%, mientras

que en la 397 m.s.n.m. el nivel piezométrico es coincidente con el nivel de embalse. Ver los Gráficos 48 y 50 - Anexo II.

Por todo lo anterior, en la sección 0+600 el estado de conservación de la impermeabilización del núcleo en el contacto es desconocido puesto que el único sensor operativo registra valores sospechosos. El sensor situado en el la 0+662 indica un estado aceptable de la impermeabilización. En la zona del diafragma, las presiones aguas abajo del mismo son mucho más reducidas que aguas arriba, y la presión aumenta según disminuye la cota. En el resto de cotas, el comportamiento es aceptable.

#### **7.0) SECCION DE CONTROL 0+700:**

En esta zona existen dos sensores en el núcleo, en la cota 345.00 msnm, uno junto al filtro de aguas arriba el P-6 y otro junto al de aguas abajo el P-8. La atenuación de presiones es de 4 kg/cm<sup>2</sup>, que equivale a un 75% de la carga hidrostática. Ambos sensores están influenciados por las variaciones del nivel de embalse, registrando el P-6 un nivel piezométrico ligeramente por encima de éste, ver el Gráfico N° 51-Anexo II. El sensor P-7, situado en la progresiva 0+692 (336.02 msnm), según el Gráfico N° 53 - Anexo II registra valores intermedios a los dos sensores anteriores.

Según el Gráfico N° 52 - Anexo II, en la cota 374.00 m.s.n.m., se produce un aumento de presiones entre el P-15 y P-16; de 2 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo se observa que ambos sensores entre 1998 y 1999 mantenían un comportamiento de 2.5 kg/cm<sup>2</sup> y luego a partir del año 2000 presenta un incremento de presión, indicativo que el sensor podría estar fallando, necesitando su revisión eléctrica.

En síntesis, en el contacto, la impermeabilización en la parte más hacia aguas arriba del núcleo es deficiente, pero hacia aguas abajo mejora adoptando valores aceptables. En cotas superiores, parece existir un cruce entre los datos de los piezómetros.

#### **3.4.2.2 SENSORES DE PRESIONES TOTALES:**

Al igual que los sensores anteriores, las células de presión total (T) de cuerda vibrante, a continuación se va a analizar para cada uno de estos perfiles, las presiones totales registradas, así como las presiones efectivas de aquellas células en las que el piezómetro asociado se encuentre operativo.

##### **1.1) SECCION DE CONTROL 0+100:**

En esta sección las 2 células situadas más aguas arriba presentan una variación de presión total, coincidente con los cambios del nivel de embalse. Según el Gráfico N° 54 – Anexo II los valores de presión total registrados son menores de los esperados, dada la altura de material de presa sobre la célula. No obstante, durante todo el periodo de control se mantienen los valores obtenidos en un rango muy estable, con las mismas oscilaciones anuales, sin que se detecte tendencia alguna. Las presiones efectivas, confirman esta situación de estabilidad. Aunque los valores no sean los esperados, a nivel cualitativo se puede observar la evolución del comportamiento, que en este perfil se considera estabilizado.

##### **1.2) SECCION DE CONTROL 0+200:**

La célula situada en el filtro de aguas arriba T-11, registra oscilaciones en sus valores que coinciden con

las del nivel de embalse. La situada en el filtro de aguas abajo T-15 permanece estable e independiente de las variaciones del nivel de embalse durante todo el periodo de control, pero registrando valores mucho menores de los esperados, ver Gráfico N° 55 - Anexo II. Las situadas en el espaldón de aguas abajo T-16, T-17 y T-18, registran valores muy inferiores a los esperables y con un comportamiento errático que hace pensar que no aportan datos fiables, ni siquiera a nivel cualitativo, ver Gráfico N°56 - Anexo II. Las células situadas en el núcleo registran valores estabilizados, aunque influenciados por las variaciones del nivel de embalse y se aproximan más a los valores que debería esperarse para una altura de presa de en torno a 105 m sobre la célula. Se observa que en toda la zona del contacto, las presiones son más elevadas aguas arriba que aguas abajo, aunque no es conveniente considerar los valores absolutos de este tipo de sensores.

En la cota 345 msnm del núcleo, en los Gráficos del N° 57 al 60 – Anexo II, la célula T-32, hacia aguas arriba, es más sensible a las variaciones del nivel de embalse y la T-35, aguas abajo, es más estable. En ambas células, las presiones efectivas indican una estabilidad elevada en los valores y no se aprecia ninguna tendencia. Las células dispuestas en diferentes ángulos presentan valores y comportamientos similares a las horizontales (T-32 y T-35). En las situadas en el filtro y espaldón de aguas abajo no se registra tanta dependencia con las variaciones del nivel de embalse, siendo los valores registrados muy bajos y estables a lo largo de todo el periodo de control, tanto en las células horizontales (T- 38 y T-41).

En todos los puntos de control, se observa una estabilidad en los valores y no se aprecia ningún tipo de tendencia. Sin embargo, la magnitud de estos registros es menor de lo previsto.

### **1.3) SECCION DE CONTROL 0+400:**

En el perfil 0+400 según el Gráfico N° 61 - Anexo II, la célula situada en el filtro de aguas arriba, la T-11, está influenciada, mientras que dicha influencia desaparece en las células situadas en el filtro y espaldón de aguas abajo T-16. Esto indica, como en el perfil 0+200, que el grado de saturación de esta zona es similar todo el tiempo, con independencia de la cota del nivel de embalse. En el núcleo se repite la situación, siendo la célula ubicada más aguas arriba T-12 algo influenciada por las oscilaciones del nivel de embalse, pero con mucha menos variación que en el filtro. La estabilidad en los valores de todas las células del núcleo es alta, no observándose tendencia alguna. Asimismo según el Gráfico N° 62 - Anexo II el sensor T-13 sus valores son muy altos.

En la cota 345 msnm los Gráficos N° 63, 64 y 66 – Anexo II, detallan que las células del núcleo están influenciadas por el nivel de embalse, variando entre máximos y mínimos anuales en torno a 1,5~2,0 kg/cm<sup>2</sup> (15~20 mca). Sin embargo, no existe ninguna tendencia al aumento o disminución de los valores. En esta zona de la presa, el grado de saturación del material varía más que en la cota inferior. En el espaldón de aguas abajo esta influencia del nivel de embalse se atenúa hasta casi desaparecer. La estabilidad durante todo el periodo de control es elevada. A mediados del 2010, el sensor T-39 experimenta un incremento de la presión que no se

refleja en ninguna de las células cercanas, por lo que se cree que es una avería en la misma y no se tiene en consideración, Ver Gráfico N° 65 – Anexo II.

#### **1.4) SECCION DE CONTROL 0+600:**

En la sección 0+600 en el contacto presa-cimiento, según los Gráficos N° 67 y 68 – Anexo II, el valor de la presión total va disminuyendo según se avanza hacia aguas abajo, hasta llegar a valores menores a 01 bar ( $\text{kg/cm}^2$ ) en la célula T-17 (espaldón de aguas abajo). Del mismo modo, la dependencia de los valores con el nivel de embalse es menor cuanto más se aleja aguas abajo la célula. En el diafragma, la presión disminuye de  $35 \text{ kg/cm}^2$  (T-13) a casi  $0.0 \text{ kg/cm}^2$  aguas abajo del mismo. La influencia del nivel de embalse en todas estas células es mínima y durante el periodo de control no se aprecia ninguna tendencia.

En la cota 345 msnm, los Gráficos N° 69, 70, 71 y 72 – Anexo II, nos detallan que las células situadas hacia aguas arriba son sensibles a las variaciones del nivel de embalse, mientras que las de aguas abajo registran valores mucho más constantes. En el filtro de aguas abajo continúa la misma estabilidad que en la parte de aguas abajo del núcleo. En la segunda mitad del año 2007, se produce un descenso de los valores en la celda T-42 que indica la avería de dicho sensor.

En este perfil, la saturación del material del núcleo a partir del eje de la presa y el espaldón de aguas abajo es constante y la variación de éste aumenta según se sitúan las células más aguas arriba. Como en el resto de perfiles, el control cuantitativo indica estabilidad en las presiones totales y efectivas.

### **1.5) SECCION DE CONTROL 0+700:**

En esta zona como en el resto de los perfiles, la influencia del nivel de embalse es menor cuanto más hacia aguas abajo se sitúa la célula. En ninguna de los sensores o celdas se aprecia una tendencia o desvío en sus registros.

#### **3.4.2.3 PIEZOMETROS SIMPLES O ABIERTOS:**

Con respecto a los datos recopilados de los piezómetros convencionales, se puede decir que el nivel piezométrico se encuentra estable en todo el pie de la presa (P-01 al P-06) entre las cotas 305.86 y 307,82 msnm. Los valores más elevados se registran en los piezómetros situados en el estribo derecho y van descendiendo según nos acercamos al estribo izquierdo. Los situados algo más alejados del pie de presa (piezómetros del P-07 al P-11) el nivel se sitúa en torno a 305 y 306,5 msnm descendiendo de nuevo desde el estribo derecho hacia el izquierdo. Todos ellos están influenciados por las variaciones del nivel de embalse, sin demora alguna con oscilaciones máximas de 1.81 m en forma cíclica a través de cada año en el tiempo. En los Gráficos del N° 109 al 111 - Anexo II, se detalla el comportamiento de los piezómetros.

#### **3.4.2.4 FILTRACIONES EN PIE DE PRESA:**

Las filtraciones son monitoreadas diariamente, el comportamiento se puede explicar en los Gráficos N° 107 y 108 - Anexo II.

Se puede observar que las filtraciones en la presa son cíclicas, con cotas de niveles de embalse menor a 375 msnm, los caudales de las filtraciones descienden bruscamente hasta llegar a secarse los vertederos de

la margen izquierda. Los valores máximos de filtraciones ascienden a 0.262 m<sup>3</sup>/s (2000 y 2012) y los mínimos descienden a 0.08 m<sup>3</sup>/s. Si consideramos las siete secciones de la presa tendremos un índice de 0.33 m<sup>3</sup>/s de filtraciones máximas por cada 100 metros de dique.

### **3.4.3 EVALUACION DE LAS VARIABLES DEFORMACIONALES:**

#### **3.4.3.1. SENSORES DE DEFORMACION O EXTENSOMETROS:**

Tras analizar los Gráficos del N° 76 al 91 - Anexo N° II, de los datos obtenidos por los extensómetros de cuerda vibrante (E), instalados en 5 de los 7 perfiles de control, el comportamiento de las deformaciones horizontales, en el eje del dique, es el siguiente:

##### **1.1) SECCION DE CONTROL 0+100:**

En este perfil en la base del núcleo se produce una apertura del mismo, registrándose en los 3 sensores (E-9, E-10 y E-12) una tendencia a aumentar su longitud, es decir, se produce un “estiramiento” horizontal del núcleo. Dicha tendencia está más acentuada en los sensores E-9 y E-10, unos 6 a 7 mm de apertura en 15 años, el E-12 8 mm, y está más próximo al filtro de aguas abajo, ver gráfico 76. En la cota 375 msnm la apertura registrada en el E-13 es de menor magnitud que en los de cotas inferiores, menos de 4 mm, mientras que en el E-14 los valores del sensor están prácticamente estabilizados, produciéndose en los últimos 15 años una variación de tan solo 0,50 mm, según lo detalla el Gráfico N° 77 – Anexo II.

### **1.2) SECCION DE CONTROL 0+200:**

En la sección 0+200, el gráfico 78 se aprecia que el sensor situado en la base del núcleo, más próximo al filtro de aguas arriba (E-19) registra 6.0 mm de estiramiento en cambio el E-20, sensor situado en el centro del núcleo, en esta misma cota, registra un aumento de su longitud de algo más de 2.0 mm y el más próximo al filtro de aguas abajo es de 0,2 mm.

El gráfico 79 nos detalla que en la cota 345 msnm, los 2 sensores más hacia aguas arriba (E-23 y E-24), registran un leve aumento de su longitud, de menos de 1 mm en todo el periodo de control y de más de 5.0 mm en el E-25, más aguas abajo, el E-26 según su comportamiento en el tiempo podemos indicar que esta averiado. Podría indicar una zona del núcleo más deformable y por tanto sensible a las variaciones del grado de saturación. Según los Gráficos N° 80 y 81- Anexo II, en el filtro de aguas abajo, el E-27 y E-28 registran una elongación de 2.0 y 4.0 mm respectivamente, mientras que el E-47 no ha variado el E-48 en el espaldón de aguas abajo su deformación es de 2.0 mm.

### **1.3) SECCION DE CONTROL 0+400:**

En este punto las elongaciones de todos los extensómetros son bastante reducidas, en torno a 2 mm, y los valores registrados más estabilizados que en los anteriores perfiles. Existe la excepción del sensor E-25, que con una elongación de más de 10 mm, no detectada por los sensores E-23 y E-26, y muy próximo al E-24, que está averiado, esto hace indicar que este sensor no registra datos coherentes.

#### **1.4) SECCION DE CONTROL 0+600:**

En este perfil de control, en la zona del contacto núcleo-cimiento, la elongación registrada por los sensores oscila entre 1.0 y 2.0 mm. El sensor E-22 experimenta una disminución repentina en el segundo semestre de 2006, comienza a aumentar su longitud, llegando a 0,70 mm en el final del periodo de control. La evolución de los valores registrados en la cota 345 m.s.n.m. es mucho más estable y al aumento de la elongación es de menos de 1 mm. Es reseñable el cambio de tendencia en el extensómetro E-28, que ha pasado de comprimirse a estirarse, siendo la variación total de longitud próxima a 2,5 mm. Deberá seguirse con detenimiento la evolución de este sensor. Por todos los datos obtenidos, parece que el estado de saturación de la presa en la cota superior es más constante y uniforme en todo el perfil que en la zona del contacto, en la que las elongaciones de los sensores son más dispares.

#### **1.5) SECCION DE CONTROL 0+700:**

En la sección 0+700, se desechan los valores registrados por el extensómetro E-10, debido a saltos bruscos que se alejan del comportamiento de los sensores contiguos. Del resto, se observa que la elongación en la zona del contacto (cota 345 m.s.n.m.) sigue aumentando a razón de en torno a 1 mm en todo el periodo de control, mientras que en la cota 375 m.s.n.m. se mantiene estable, siendo el aumento de longitud prácticamente nulo.

### **3.4.3.2 LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS E INCLINOMETRO:**

Debido a que el inclinómetro falló desde 1990 <sup>(15)</sup>, en estos tubos de control solamente se miden los asentamientos (asentómetros).

Tras el análisis de los asentamientos registrados en los diferentes tubos electromagnéticos de asiento y que se detallan en los Gráficos del N° 12 al 18 – Anexo II, se observa que los asientos se presentan desde la fase inicial de construcción (relleno) a principios de 1985 hasta octubre de 1987, luego continúan y con más intensidad a partir de noviembre de 1987, fecha en que se inicia la etapa de embalse o llenado, llegando a asentamientos máximos de 2.06 m en la sección 0+400 y 0+500 de la presa. Los Gráficos del N° 96 al 106 – Anexo II, nos indican que a partir del año 1991 los asientos disminuyen hasta comportarse cada uno de ellos como una curva asintótica paralelas entre sí, debido a que los asentamientos de todo el cuerpo de presa es solidario, puesto que la distancia entre diferentes anillos y la coronación es siempre la misma o prácticamente la misma. Por tanto a la fecha no existen asientos diferenciales pronunciados que puedan generar deslizamientos del espaldón de aguas abajo en la cota de la berma 375 m.s.n.m.

### **3.4.3.3 LIMNIMETROS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL:**

En el año 1990 comienzan a fallar estos equipos por la ruptura de los cables de acero por efectos de la oxidación motivo por el cual no se puede desplazar de la caseta hacia el núcleo la sonda transmisora RPS-420 cuya función es detectar a través de un campo

magnético a las planchas metálicas ubicadas a lo largo de los tubos horizontales, muy similar a la medición de asentamientos. Por consiguiente se dejaron de realizar las mediciones desde ese año, quedando pendiente propuestas de reparaciones.

#### **3.4.3.4 CONTROL TOPOGRAFICO:**

Tras realizar el análisis y la interpretación de los movimientos superficiales se puede indicar que en la presa Gallito Ciego se realizan controles de nivelación, mensuales y bimensuales. En general, los registros topográficos son bastante buenos y consistentes con la tipología de la presa. Los movimientos verticales medidos han evolucionado sin anomalías, desde las primeras campañas topográficas realizadas en el año 1999 hasta la actualidad, presentando leves asientos progresivos a lo largo del tiempo, pero cada vez con menor intensidad.

Los mayores asientos se miden en la zona central de la presa, específicamente en las secciones de control 0+400 en el eje (E-400) y 0+500 (E-500) estos asentamientos han sido, desde diciembre de 1988 hasta diciembre del 2016, de 1.39 y 1.398 m respectivamente, Ver Cuadro N° 13 – Anexo I.

De hecho, una presa de materiales sueltos bien construida suele presentar unos asientos post constructivos, presumiblemente, en realidad la presa debió sufrir un asiento algo mayor (debido a un cierto proceso de consolidación del núcleo similar al descrito) y ello debió ser la causa de que se actuara en la reconstrucción de la coronación que se realizó en el año 1991.

De acuerdo con lo que ocurre en presas de similar tipología, en la situación actual tras 28 años de finalizado la construcción, no sería extraño contar con un ritmo anual del asentamiento pos constructivo entre 5 y 10 mm <sup>(7)</sup>, sin que ello supusiera peligro alguno. En concreto, se reitera el hecho que la auscultación topográfica muestra un ritmo anual de asientos algo inferior incluso, por lo que no parecen presumibles patologías en este sentido.

Además de los movimientos verticales, en Gallito Ciego se controlan los movimientos horizontales mediante micro triangulación topográfica, tanto en el sentido radial como tangencial, con una frecuencia trimestral.

Según el Cuadro N° 14 - Anexo I, en general, puede apreciarse que los desplazamientos mayores se han presentado en la corona de la presa, los tubos topográficos N° 20 y 21 son los que presenta los mayores desplazamientos con valores de 0.298 m y 0.334 m, es decir que la presa tiene una ligera inclinación hacia agua arriba de su eje.

Los movimientos medidos han evolucionado sin anomalías, desde la campaña origen hasta la actualidad.

Desde el año 2006 hasta fines del 2016 la presa no ha presentado movimientos horizontales significativos, los desplazamientos tangenciales como radiales medidos en los últimos 5 años han sido prácticamente nulos, lo que indica que el comportamiento de la presa ha sido muy estable.

# **CAPITULO IV**

## CAPITULO IV

### 4. DISCUSION

#### 4.1.- EVALUACION DEL SISTEMA DE AUSCULTACION

##### 4.1.1 EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE MEDICION

La evaluación realizada en campo a los equipos e instrumentos de auscultación estuvo referida a:

- **Al periodo de vida útil**, en su totalidad son de tecnología muy antigua, su manejo es completamente manual y necesitan energía eléctrica o baterías grandes para su funcionamiento.
- **Operatividad funcional**, a pesar de su antigüedad al 2016 el 80% están, debemos resaltar que el cuidado de éstos equipos es muy apreciable
- **Actualización de tecnología**, en cuanto a su renovación, éstos no se han cambiado desde que la presa entra en fase de construcción (1982).

##### 4.1.2 EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SENSORES DE AUSCULTACION

Los sensores instalados en la presa son en total 220, evaluados de la siguiente manera:

###### **SENSORES DE PRESION DE POROS:**

De los 100 sensores de presión de poros (P) instalados, 17 están fuera de servicio, lo que representa que el 83% están operativos, índice que nos detalla un porcentaje bastante aceptable para seguir monitoreando el comportamiento de la presa a través del tiempo y poder comprobar la efectividad de impermeabilización del núcleo.

### **SENSORES DE PRESIONES TOTALES:**

Al igual que en el caso anterior, de los 74 sensores instalados solamente 01 está fuera de servicio, teniendo un 98.6% de equipos operativos.

### **SENSORES DE DEFORMACION O EXTENSOMETROS:**

De los 48 sensores instalados (E), 39 están operativos, lo que representa que el 81.3% está funcionando normalmente a diciembre del 2016.

En general podemos indicar que de los 220 sensores, están operativos 73 celdas de presión de Poros (P), 73 celdas de presión Total (T) y 39 extensómetros (E), es decir 195 se encuentran operativos, representando el 88 % del total, valor muy aceptable que nos indica su buen funcionamiento a pesar del tiempo y según su ubicación están enterrados en el cuerpo del dique.

## **4.2.- EVALUACION DE LAS VARIABLES DE CONTROL DE LA PRESA GALLITO CIEGO**

Los Gráficos del N° 01 al 23 - Anexo II, son tomados como el antecedente básico para conocer cómo se comportó la presa luego de culminada su construcción, seguido de su fase de llenado que es considerada la etapa más delicada de una presa, para luego definir su puesta en operación proyectada para por 50 años. <sup>(13)</sup>

### **4.2.1 EVALUACION DE LAS VARIABLES HIDRAULICAS DE 1998 AL 2016:**

#### **CELDAS DE PRESION DE POROS:**

Para la evaluación de las presiones intersticiales en el cuerpo de la presa ha sido necesario confeccionar una serie de gráficos, los cuales se han convertido en una herramienta básica para definir que en los siete perfiles de control muestran que el comportamiento del núcleo es satisfactorio,

es decir que el estado de conservación de la impermeabilización es bueno y que está cumpliendo su función para la cual fue construido, dado que el núcleo es la parte más importante en las presas de tierra.

Es necesario indicar que existe un número mínimo de sensores que registran valores anómalos, para los cuales se recomienda realizar una evaluación electrónica y ver la posibilidad de descartarlos si es necesario

### **SENSORES DE PRESIONES TOTALES:**

Al igual que los sensores de presión de poros el comportamiento de las presiones efectivas o totales, según los gráficos elaborados confirma la situación de estabilidad a lo largo de la presa.

Es necesario indicar que las presiones efectivas corresponden a la suma de las presiones de tierra y presiones de poros y a través de estos se evalúa la saturación del material del núcleo a partir del eje de la presa y el espaldón de aguas abajo es constante y la variación de éste aumenta según se sitúan las células más aguas arriba. Como en el resto de perfiles, el control cuantitativo indica estabilidad en las presiones totales y efectivas.

### **PIEZOMETROS SIMPLES O ABIERTOS:**

En los Gráficos N° 109 al 111 – Anexo II, se describe muy claramente que todos los piezómetros están influenciados directamente por las variaciones del nivel de embalse, sin demora alguna, asimismo se observa que los ascensos del nivel freático no llegan a la superficie de la base del dique, esto nos indica que, al no existir afloramientos en pie de presa los efectos de las sub presiones se disipan en la cimentación y en el diafragma de impermeabilización de la presa.

Es necesario mencionar, que el piezómetro N° 12 (P-12), tiene un comportamiento que no guarda relación con la variación del nivel de embalse Gallito Ciego, esto se debe a la influencia que tiene de la carga hidráulica de la poza de compensación construida aguas abajo de la presa, la cual es utilizada por la central hidroeléctrica Gallito Ciego, no presentando ningún riesgo de peligro para la estabilidad de la presa, ver el gráfico N° 11.

#### **FILTRACIONES EN PIE DE PRESA:**

En los Gráficos N° 107 y 108 – Anexo II, al igual que los piezómetros se puede observar que las filtraciones en la presa están influenciadas directamente con los niveles de embalse, es decir su comportamiento es cíclico. Como tenemos construido un dique de tierra los valores más importantes a evaluarse corresponden a las filtraciones máximas que puedan presentarse en estas estructuras, dado que se convierte en una variable de evaluación externa que nos puede describir en el acto como se viene comportando la impermeabilidad de una presa.

#### **4.2.2 EVALUACION DE LAS VARIABLES DEFORMACIONALES: SENSORES DE DEFORMACION O EXTENSOMETROS:**

Los valores máximos que se han obtenido de las mediciones de los diferentes extensómetros instalados en las siete secciones del dique, fluctúan desde los 11.70 mm (0+700) hasta 48.12 mm en la 0+600, estos valores se refieren a las deformaciones internas que tiene el núcleo de la presa, es decir que éste sufre estiramientos horizontales que se alejan a ambos lados del eje de la presa.

Si consideramos el valor máximo de 48.12 mm del extensómetro E-48 (N° 198) del perfil 0+600, desde 1988 año en que entra en operación la presa Gallito Ciego hasta el año

2016 (28 años), el dique ha tenido una deformación anual de 1.72 mm por año, correspondiendo a valor muy bajo respecto al ancho de coronación de 15.00 m del dique.

#### **LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS E INCLINOMETRO:**

Los Gráficos del N° 12 al 18 - Anexo II, han sido relevantes en los primeros análisis de los asentamientos diferenciales dentro del cuerpo de la presa, para luego continuar con la evaluación con los Gráficos del N° 96 al 106 - Anexo II, en los cuales se describen que los asientos a partir del segundo año de operación (1989) ocurrieron a tasas mucho menores llegando a valores máximos que se describen en el capítulo de resultados.

Asimismo debemos manifestar que los asentamientos reportados entre el 2001 y 2002 según los Gráficos del N° 96 al 106 – Anexo II, corresponden a valores erróneos, los cuales deben ser eliminados de la data histórica que se disponen

#### **LIMNIMETROS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL:**

Debido a que en el año 1990 comienzan a fallar los equipos de medición <sup>(15)</sup> instalados en la presa y solo se dispone información puntual de dos años, no se ha procedido realizar la evaluación correspondiente.

Pero es necesario indicar que debe realizarse las consultas técnicas que correspondan para que se evalúe la posibilidad de la implementación de los accesorio y equipos y puedan evaluarse este tipo de variables.

#### **CONTROL TOPOGRAFICO:**

Según el Cuadro N° 13, el control topográfico referido a la nivelación precisa nos indica que los asentamientos de la coronación durante los 28 años (1988-2016), se han presentado con mayor intensidad en la zona de coronación

del dique, relacionando los asentos máximos en la corona de 1.398 m, resulta que la presa se ha asentado un 1.33% respecto a la altura total del dique, de acuerdo a MARSAL, R. y RESENDIZ, D. (1979)<sup>(7)</sup> el rango máximo debe ser hasta el 5 % de la altura de la presa, puede indicarse que la presa se encuentra en una situación estabilizada.

Además la micro triangulación topográfica (Cuadro N° 14), nos detalla que los desplazamientos mayores se han dado en la corona, con movimientos máximos del dique hacia aguas arriba de su eje de 0.334 m (T21) en la sección 0+500, valor que no se ha incrementado con el tiempo, indicativo que nos explica que es probable que la presa esté en una etapa de consolidación final.

# **CAPITULO V**

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

1. La evaluación a los equipos de auscultación nos indica que en su totalidad son de tecnología muy antigua (1980), teniendo al 2016 el 80 % operativo.
2. De los 220 sensores de cuerda vibrante evaluados, 195 se encuentran operativos, representando el 88 % del total.
3. El análisis cuantitativo de la información técnica nos indica que en 28 años de vida útil de la presa Gallito Ciego presenta lo siguiente:  
**Las variables hidráulicas** comprueban lo siguiente:
  - ✓ Las presiones de poros, nos indican que la impermeabilización del núcleo de la presa es aceptable en todas las secciones de control.
  - ✓ Las presiones totales, en todos los perfiles sus valores muestran estabilidad efectiva del dique.
  - ✓ Los piezómetros simples, con oscilaciones máximas de 1.81 m, evidencian que son totalmente dependientes del nivel de embalse.
  - ✓ Las filtraciones en presa, no se han incrementado con el tiempo, la mínima  $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$  y la máxima es de  $0.262 \text{ m}^3/\text{s}$ .**Las variables deformacionales** establecen lo siguiente:
  - Los extensómetros, indican que las máximas deformaciones del núcleo son de 48.12 mm, sección 0+600.
  - Los asentómetros nos detallan que los asentamientos máximos son de 2.19 m, en la sección 0+500.
  - Las inclinaciones y los desplazamientos horizontales no se realizan por tener los equipos malogrados desde 1990
  - Del control topográfico podemos indicar lo siguiente:
    - Los asentamientos superficiales máximos en la corona de la presa son de 1.398 m, sección 0+500.
    - Los movimientos horizontales indican que la corona del dique se ha desplazado 0.33 m hacia aguas arriba de su eje.
4. Analizadas las diversas variables hidráulicas y deformacionales en los siete perfiles de control de la presa Gallito Ciego se puede concluir que la impermeabilización del núcleo y las zonas de contacto presa-cimiento es buena, asimismo la estabilidad del dique nos está indicando claramente su estado de consolidación final y su funcionamiento aceptable en toda su longitud.

# **CAPITULO VI**

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES

1. Para que exista una eficiente operación de la auscultación de la presa Gallito Ciego, debe programarse una renovación total de los equipos de auscultación con la finalidad de garantizar una buena y segura evaluación de la funcionabilidad del dique en su conjunto.
2. Se debe considerar la automatización de las mediciones de las variables de control que conforman la auscultación de la presa, teniendo en cuenta que es muy necesario disponer en tiempo real del valor de los indicadores para su análisis correspondiente.
3. Es importante continuar con el monitoreo de todas las variables antes indicadas y proponer la implementación de un inclinómetro nuevo y un sistema que nos permita realizar la medición de los desplazamientos horizontales del núcleo de la presa.
4. Se debe Instalar un sistema de control de movimientos sísmicos debido a que no se dispone de ninguno. Lo exige el Reglamento de Seguridad de Presas (INADE.2002).<sup>(2)</sup>
5. Se debe capacitar constantemente al personal profesional y técnico, teniendo en cuenta los avances tecnológicos que complementen a las técnicas de la **Auscultación**, componente de mucha importancia en el contexto referido a **Seguridad de Grandes Presas**.

# **CAPITULO VII**

## CAPITULO VII

### 7. REFERENCIAS

#### 5.1. BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Instituto Nacional de Desarrollo-INADE. (Junio 2001). **Normas de Seguridad de Grandes Presas**. Perú.
- 2) Instituto Nacional de Desarrollo-INADE. (Noviembre 2002). **Reglamento de Seguridad de Presas**. Perú.
- 3) Ministerio de Agricultura -Autoridad Nacional del Agua (2013). **Las Presas en el Perú, Importancia y Seguridad**. Perú. Boletín1, año 1.
- 4) López, J. y Córdova, J. (2006). **Diagnóstico del Comportamiento de la Presa y Proceso de Sedimentación del Reservorio Gallito Ciego**. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú.
- 5) Ministerio de Agricultura -Autoridad Nacional del Agua. (Enero-2010). **Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y Reglamento**. Perú.
- 6) Juárez, B. y Rico, R. (2005). **Mecánica de Suelos I**. Mexico:LIMUSA.
- 7) Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2013). **Las Presas en el Perú, Importancia y Seguridad**, Boletín año 1. N° 1. Perú.
- 8) Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP). (2004). **Auscultación de las Presas y sus Cimientos**, Guías Técnicas de Seguridad de Presas. Madrid.
- 9) Marsal, R y Reséndiz, D. (1979). **Presas de Tierra y Enrocamiento**, México: LIMUSA.
- 10) Briones, J. (Diciembre 1994). **Presas de Tierra y Enrocamiento – Resistencia a la Falla por Filtración**. Lima – Perú.
- 11) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2001). **Geotecnia en Ingeniería de Presas, Coordinación de Tecnología Hidráulica**. México.
- 12) Salzgitter Consult GmbH. (1973). **Estudio de Factibilidad Técnica y Económica del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña**. Perú: Informe Técnico.

- 13) Salzgitter Consult GmbH. (1975). **Estudio a Nivel de Licitación de la presa Gallito Ciego**. Perú. Informe Técnico.
- 14) Salzgitter Consult GmbH. (Noviembre 1988). **Ejecución de la Presa Gallito Ciego y Obras Secundarias**. Perú. Manual de Operaciones.
- 15) Salzgitter Consult GmbH. (Noviembre 1988). **Ejecución de la Presa Gallito Ciego y Obras Secundarias** Perú: Informe Final.
- 16) Asociación Gallito Ciego. (1981-1988). **Instrumentos de Medición MAIHAK - Presa Gallito Ciego y Obras secundarias**. Perú: Manual de Operación.
- 17) Salzgitter Consult GmbH. (Diciembre 1990). **Fase de Embalse del Reservorio Gallito Ciego 1987-1990**. Perú. Informe Técnico.
- 18) Miloradovic, M. (2000). **Manual de Operación del Embalse Gallito Ciego**. Perú: Informe Técnico.
- 19) PACIFIC S.A. (Diciembre 2003). **Evaluación de la Auscultación de la presa Gallito Ciego, Periodo 1998-2002**. Perú: Informe Técnico.

## 5.2. LINGÜOGRAFIA

- 20) Suarez, J. **Diseño de Presas de Tierra**. Recuperado de <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologíaygeotécnica/presasdetierra.pdf>.
- 21) De Cea, J. (2012). **Presas de Núcleo Central**. Madrid. Comité Nacional Español de Grandes Presas – SPANCOLD. Recuperado de <http://www.copapre/wp-content/uploads/2012.pdf>.
- 22) Las Represas Hidroeléctricas más Grandes del Mundo. Recuperado de <http://www.taringa.net/post/imagenes/16386666.html>.
- 23) Agencia Peruana de Noticias. Recuperado de <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias.html>.

# **CAPITULO VIII**

## CAPITULO VIII

### 8. ANEXOS

- 8.1 ANEXO I CUADROS
- 8.2 ANEXO II GRAFICOS
- 8.3 ANEXO III PANEL FOTOGRÁFICO
- 8.4 ANEXO IV PLANOS

## **8.1 ANEXO I – CUADROS**

## CUADRO N° 01

CAUDAL MEDIO MENSUAL DEL RIO JEQUETEPEQUE  
PERIODO : 1980 - 2016DESCARGA MEDIA MENSUAL (m<sup>3</sup>/s)

| N°     | AÑO<br>HIDROLOGICO | MES  |       |       |       |       |        |        |        |        |       |       |       | MEDIA<br>ANUAL |
|--------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------|
|        |                    | AGO  | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN   | JUL   |                |
| 1      | 1980-1981          | 0.00 | 0.00  | 5.56  | 15.51 | 32.11 | 10.60  | 103.51 | 97.41  | 26.20  | 11.61 | 7.21  | 3.51  | 26.10          |
| 2      | 1981-1982          | 1.38 | 1.39  | 6.61  | 15.70 | 20.68 | 12.81  | 29.72  | 20.39  | 33.22  | 16.91 | 7.91  | 3.29  | 14.17          |
| 3      | 1982-1983          | 1.31 | 1.39  | 13.40 | 17.21 | 53.91 | 85.39  | 49.69  | 174.21 | 152.51 | 81.39 | 27.58 | 12.51 | 55.87          |
| 4      | 1983-1984          | 5.79 | 6.10  | 8.10  | 6.71  | 27.52 | 15.79  | 188.29 | 173.01 | 67.79  | 65.79 | 23.19 | 13.10 | 50.10          |
| 5      | 1984-1985          | 5.11 | 4.40  | 18.11 | 8.80  | 19.00 | 11.01  | 17.98  | 23.71  | 15.01  | 8.70  | 4.78  | 2.39  | 11.58          |
| 6      | 1985-1986          | 1.31 | 1.58  | 2.50  | 1.31  | 8.59  | 22.89  | 25.30  | 20.39  | 68.71  | 21.09 | 6.71  | 2.80  | 15.26          |
| 7      | 1986-1987          | 1.19 | 1.12  | 1.49  | 7.21  | 8.21  | 57.20  | 57.42  | 30.69  | 20.60  | 18.82 | 5.09  | 2.20  | 17.60          |
| 8      | 1987-1988          | 2.09 | 0.89  | 4.33  | 6.29  | 8.81  | 25.99  | 53.20  | 29.08  | 39.12  | 18.44 | 8.02  | 2.43  | 16.56          |
| 9      | 1988-1989          | 0.67 | 0.69  | 4.07  | 14.16 | 9.33  | 36.66  | 109.71 | 101.29 | 87.58  | 23.93 | 9.07  | 4.82  | 33.50          |
| 10     | 1989-1990          | 2.24 | 3.55  | 20.95 | 13.50 | 4.14  | 5.97   | 18.35  | 15.53  | 14.35  | 10.45 | 5.25  | 2.20  | 9.71           |
| 11     | 1990-1991          | 0.37 | 1.12  | 10.30 | 16.98 | 17.36 | 5.68   | 9.71   | 50.52  | 28.36  | 19.38 | 4.98  | 1.72  | 13.87          |
| 12     | 1991-1992          | 0.41 | 0.35  | 1.08  | 2.20  | 5.04  | 14.64  | 7.44   | 20.53  | 42.32  | 16.91 | 7.64  | 1.64  | 10.02          |
| 13     | 1992-1993          | 0.41 | 1.16  | 5.30  | 6.40  | 3.88  | 3.85   | 50.39  | 166.55 | 113.00 | 33.71 | 11.88 | 4.82  | 33.45          |
| 14     | 1993-1994          | 2.02 | 2.70  | 16.69 | 35.49 | 28.15 | 69.89  | 83.91  | 119.77 | 115.93 | 35.80 | 16.36 | 15.57 | 45.19          |
| 15     | 1994-1995          | 2.39 | 3.09  | 3.73  | 6.60  | 11.01 | 9.07   | 47.41  | 43.72  | 41.47  | 14.41 | 5.83  | 3.25  | 16.00          |
| 16     | 1995-1996          | 1.68 | 1.31  | 2.50  | 13.53 | 18.25 | 39.14  | 73.63  | 116.47 | 66.51  | 18.99 | 8.90  | 3.48  | 30.37          |
| 17     | 1996-1997          | 1.39 | 1.72  | 6.35  | 5.94  | 2.69  | 3.43   | 27.24  | 19.30  | 15.51  | 11.28 | 4.24  | 1.46  | 8.38           |
| 18     | 1997-1998          | 0.37 | 0.46  | 2.69  | 16.44 | 72.66 | 115.33 | 230.24 | 321.46 | 173.61 | 63.32 | 21.64 | 10.23 | 85.70          |
| 19     | 1998-1999          | 5.75 | 4.36  | 7.40  | 12.54 | 4.93  | 15.36  | 164.83 | 110.07 | 63.45  | 49.78 | 23.34 | 14.56 | 39.70          |
| 20     | 1999-2000          | 4.14 | 10.97 | 16.46 | 9.57  | 31.94 | 13.24  | 75.66  | 163.46 | 87.36  | 65.07 | 24.54 | 9.64  | 42.67          |
| 21     | 2000-2001          | 4.27 | 4.75  | 4.41  | 2.04  | 20.39 | 88.94  | 82.72  | 237.64 | 127.75 | 40.48 | 21.82 | 10.03 | 53.77          |
| 22     | 2001-2002          | 5.00 | 7.31  | 5.52  | 21.49 | 23.97 | 16.77  | 40.64  | 154.26 | 130.02 | 29.41 | 13.80 | 5.50  | 37.81          |
| 23     | 2002-2003          | 2.73 | 2.47  | 8.71  | 26.89 | 52.36 | 32.96  | 49.54  | 50.81  | 48.01  | 22.05 | 10.83 | 3.98  | 25.94          |
| 24     | 2003-2004          | 1.37 | 1.21  | 1.80  | 6.09  | 8.40  | 7.54   | 29.22  | 33.74  | 31.84  | 11.70 | 4.58  | 1.84  | 11.61          |
| 25     | 2004-2005          | 0.53 | 1.08  | 5.28  | 21.46 | 34.43 | 27.21  | 21.74  | 99.19  | 47.72  | 14.74 | 4.62  | 2.03  | 23.34          |
| 26     | 2005-2006          | 0.75 | 0.72  | 6.02  | 5.88  | 11.35 | 14.49  | 67.36  | 216.37 | 113.86 | 19.93 | 11.41 | 4.43  | 39.38          |
| 27     | 2006-2007          | 2.84 | 2.82  | 2.13  | 7.48  | 28.24 | 37.69  | 31.14  | 98.55  | 90.37  | 26.79 | 8.56  | 3.92  | 28.38          |
| 28     | 2007-2008          | 2.44 | 1.90  | 5.11  | 19.94 | 8.89  | 48.73  | 123.47 | 134.05 | 118.46 | 41.07 | 16.72 | 6.72  | 43.96          |
| 29     | 2008-2009          | 4.74 | 5.24  | 14.54 | 25.87 | 11.39 | 56.13  | 133.42 | 163.98 | 92.97  | 38.89 | 16.50 | 8.81  | 47.71          |
| 30     | 2009-2010          | 4.79 | 3.23  | 6.16  | 18.48 | 48.98 | 21.33  | 54.60  | 65.09  | 80.87  | 36.35 | 10.53 | 6.41  | 29.73          |
| 31     | 2010-2011          | 2.68 | 2.51  | 3.13  | 6.28  | 8.12  | 21.47  | 41.41  | 33.56  | 98.29  | 23.21 | 7.08  | 4.22  | 21.00          |
| 32     | 2011-2012          | 2.50 | 2.48  | 3.48  | 6.10  | 21.08 | 70.62  | 142.06 | 90.58  | 76.63  | 41.42 | 13.26 | 6.89  | 39.76          |
| 33     | 2012-2013          | 3.95 | 2.84  | 7.72  | 25.10 | 13.75 | 21.23  | 41.60  | 152.82 | 63.06  | 29.22 | 18.07 | 6.04  | 32.12          |
| 34     | 2013-2014          | 2.65 | 1.63  | 6.51  | 5.57  | 15.01 | 17.61  | 19.82  | 88.41  | 27.11  | 34.55 | 8.99  | 3.42  | 19.28          |
| 35     | 2014-2015          | 1.62 | 1.95  | 3.39  | 0.43  | 9.54  | 35.32  | 39.51  | 151.98 | 88.91  | 28.82 | 12.19 | 4.67  | 31.53          |
| 36     | 2015-2016          | 2.02 | 1.27  | 1.90  | 9.58  | 10.10 | 9.99   | 51.93  | 64.36  | 47.18  | 12.29 | 5.49  | 2.07  | 18.18          |
| MAXIMA |                    | 5.79 | 10.97 | 20.95 | 35.49 | 72.66 | 115.33 | 230.24 | 321.46 | 173.61 | 81.39 | 27.58 | 15.57 | 85.70          |
| MEDIA  |                    | 2.36 | 2.55  | 6.76  | 12.24 | 19.84 | 30.61  | 66.49  | 101.47 | 70.99  | 29.35 | 11.63 | 5.46  | 29.98          |
| MINIMA |                    | 0.00 | 0.00  | 1.08  | 0.43  | 2.69  | 3.43   | 7.44   | 15.53  | 14.35  | 8.70  | 4.24  | 1.46  | 8.38           |

FUENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

## CUADRO N° 02

**MASA MENSUAL DEL RIO JEQUETEPEQUE**  
**PERIODO : 1980 - 2016**

MASA MENSUAL ( MMC) = MILLONES DE METROS CUBICOS

| N°     | AÑO<br>HIDROLOGICO | MES   |       |       |       |        |        |        |        |        |        |       | MASA<br>ANUAL |          |
|--------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------------|----------|
|        |                    | AGO   | SET   | OCT   | NOV   | DIC    | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN   |               | JUL      |
| 1      | 1980-1981          | 0.00  | 0.00  | 14.90 | 40.20 | 86.00  | 28.40  | 250.40 | 260.90 | 67.90  | 31.10  | 18.70 | 9.40          | 807.90   |
| 2      | 1981-1982          | 3.70  | 3.60  | 17.70 | 40.70 | 55.40  | 34.30  | 71.90  | 54.60  | 86.10  | 45.30  | 20.50 | 8.80          | 442.60   |
| 3      | 1982-1983          | 3.50  | 3.60  | 35.90 | 44.60 | 144.40 | 228.70 | 120.20 | 466.60 | 395.30 | 218.00 | 71.50 | 33.50         | 1,765.80 |
| 4      | 1983-1984          | 15.50 | 15.80 | 21.70 | 17.40 | 73.70  | 42.30  | 455.50 | 463.40 | 175.70 | 176.20 | 60.10 | 35.10         | 1,552.40 |
| 5      | 1984-1985          | 13.70 | 11.40 | 48.50 | 22.80 | 50.90  | 29.50  | 43.50  | 63.50  | 38.90  | 23.30  | 12.40 | 6.40          | 364.80   |
| 6      | 1985-1986          | 3.50  | 4.10  | 6.70  | 3.40  | 23.00  | 61.30  | 61.20  | 54.60  | 178.10 | 56.50  | 17.40 | 7.50          | 477.30   |
| 7      | 1986-1987          | 3.20  | 2.90  | 4.00  | 18.70 | 22.00  | 153.20 | 138.90 | 82.20  | 53.40  | 50.40  | 13.20 | 5.90          | 548.00   |
| 8      | 1987-1988          | 5.60  | 2.30  | 11.60 | 16.30 | 23.60  | 69.60  | 128.70 | 77.90  | 101.40 | 49.40  | 20.80 | 6.50          | 513.70   |
| 9      | 1988-1989          | 1.80  | 1.80  | 10.90 | 36.70 | 25.00  | 98.20  | 265.40 | 271.30 | 227.00 | 64.10  | 23.50 | 12.90         | 1,038.60 |
| 10     | 1989-1990          | 6.00  | 9.20  | 56.10 | 35.00 | 11.10  | 16.00  | 44.40  | 41.60  | 37.20  | 28.00  | 13.60 | 5.90          | 304.10   |
| 11     | 1990-1991          | 1.00  | 2.90  | 27.60 | 44.00 | 46.50  | 15.20  | 23.50  | 135.30 | 73.50  | 51.90  | 12.90 | 4.60          | 438.90   |
| 12     | 1991-1992          | 1.10  | 0.90  | 2.90  | 5.70  | 13.50  | 39.20  | 18.00  | 55.00  | 109.70 | 45.30  | 19.80 | 4.40          | 315.50   |
| 13     | 1992-1993          | 1.10  | 3.00  | 14.20 | 16.60 | 10.40  | 10.30  | 121.90 | 446.10 | 292.90 | 90.30  | 30.80 | 12.90         | 1,050.50 |
| 14     | 1993-1994          | 5.40  | 7.00  | 44.70 | 92.00 | 75.40  | 187.20 | 203.00 | 320.80 | 300.50 | 95.90  | 42.40 | 41.70         | 1,416.00 |
| 15     | 1994-1995          | 6.40  | 8.00  | 10.00 | 17.10 | 29.50  | 24.30  | 114.70 | 117.10 | 107.50 | 38.60  | 15.10 | 8.70          | 497.00   |
| 16     | 1995-1996          | 4.50  | 3.40  | 6.70  | 35.08 | 48.87  | 104.84 | 178.13 | 311.95 | 172.40 | 50.87  | 23.08 | 9.33          | 949.15   |
| 17     | 1996-1997          | 3.71  | 4.46  | 17.00 | 15.40 | 7.20   | 9.20   | 65.90  | 51.70  | 40.20  | 30.20  | 11.00 | 3.90          | 259.87   |
| 18     | 1997-1998          | 1.00  | 1.20  | 7.20  | 42.60 | 194.60 | 308.90 | 557.00 | 861.00 | 450.00 | 169.60 | 56.10 | 27.40         | 2,676.60 |
| 19     | 1998-1999          | 15.40 | 11.30 | 19.81 | 32.50 | 13.21  | 41.15  | 398.75 | 294.81 | 164.46 | 133.32 | 60.50 | 38.99         | 1,224.20 |
| 20     | 1999-2000          | 11.10 | 28.43 | 44.09 | 24.81 | 85.55  | 35.46  | 183.04 | 437.81 | 226.44 | 174.29 | 63.62 | 25.82         | 1,340.46 |
| 21     | 2000-2001          | 11.45 | 12.31 | 11.80 | 5.29  | 54.62  | 238.22 | 200.12 | 636.50 | 331.13 | 108.43 | 56.57 | 26.86         | 1,693.30 |
| 22     | 2001-2002          | 13.40 | 18.95 | 14.78 | 55.70 | 64.21  | 44.91  | 98.32  | 413.16 | 337.02 | 78.78  | 35.78 | 14.72         | 1,189.73 |
| 23     | 2002-2003          | 7.31  | 6.39  | 23.34 | 69.71 | 140.24 | 88.29  | 119.84 | 136.08 | 124.43 | 59.05  | 28.06 | 10.66         | 813.40   |
| 24     | 2003-2004          | 3.68  | 3.13  | 4.83  | 15.78 | 22.50  | 20.20  | 70.68  | 90.36  | 82.53  | 31.35  | 11.87 | 4.94          | 361.85   |
| 25     | 2004-2005          | 1.41  | 2.81  | 14.14 | 55.62 | 92.22  | 72.87  | 52.59  | 265.68 | 123.69 | 39.47  | 11.97 | 5.45          | 737.92   |
| 26     | 2005-2006          | 2.02  | 1.87  | 16.13 | 15.24 | 30.39  | 38.80  | 162.96 | 579.52 | 295.12 | 53.38  | 29.58 | 11.87         | 1,236.88 |
| 27     | 2006-2007          | 7.60  | 7.30  | 5.71  | 19.40 | 75.64  | 100.96 | 75.34  | 263.96 | 234.23 | 71.75  | 22.20 | 10.50         | 894.59   |
| 28     | 2007-2008          | 6.54  | 4.92  | 13.70 | 51.68 | 23.82  | 130.51 | 298.69 | 359.03 | 307.05 | 110.00 | 43.33 | 18.01         | 1,367.28 |
| 29     | 2008-2009          | 12.70 | 13.59 | 38.94 | 67.05 | 30.52  | 150.33 | 322.78 | 439.20 | 240.97 | 104.15 | 42.77 | 23.59         | 1,486.59 |
| 30     | 2009-2010          | 12.84 | 8.37  | 16.51 | 47.89 | 131.18 | 57.13  | 132.09 | 174.33 | 209.62 | 97.37  | 27.29 | 17.16         | 931.78   |
| 31     | 2010-2011          | 7.17  | 6.51  | 8.37  | 16.29 | 21.74  | 57.51  | 100.19 | 89.89  | 254.76 | 62.18  | 18.34 | 11.31         | 654.25   |
| 32     | 2011-2012          | 6.70  | 6.43  | 9.32  | 15.81 | 56.45  | 189.14 | 343.66 | 242.61 | 198.63 | 110.95 | 34.37 | 18.46         | 1,232.53 |
| 33     | 2012-2013          | 10.59 | 7.37  | 20.68 | 65.05 | 36.83  | 56.87  | 100.65 | 409.32 | 163.45 | 78.25  | 46.84 | 16.17         | 1,012.07 |
| 34     | 2013-2014          | 7.10  | 4.22  | 17.44 | 14.45 | 40.20  | 47.18  | 47.96  | 236.81 | 70.27  | 92.53  | 23.31 | 9.17          | 610.64   |
| 35     | 2014-2015          | 4.34  | 5.05  | 9.07  | 19.25 | 25.55  | 94.61  | 95.58  | 404.05 | 230.44 | 77.18  | 31.59 | 12.50         | 1,009.21 |
| 36     | 2015-2016          | 5.41  | 3.18  | 5.08  | 24.82 | 27.06  | 26.75  | 130.11 | 172.37 | 122.29 | 32.92  | 14.23 | 5.55          | 569.79   |
| MAXIMA |                    | 15.50 | 28.43 | 56.10 | 92.00 | 194.60 | 308.90 | 557.00 | 861.00 | 450.00 | 218.00 | 71.50 | 41.70         | 2,676.60 |
| MEDIA  |                    | 6.32  | 6.60  | 18.11 | 32.24 | 53.14  | 81.99  | 160.99 | 271.70 | 184.01 | 78.62  | 30.14 | 14.63         | 938.48   |
| MINIMA |                    | 0.00  | 0.00  | 2.90  | 3.40  | 7.20   | 9.20   | 18.00  | 41.60  | 37.20  | 23.30  | 11.00 | 3.90          | 259.87   |

FUENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
 PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

## CUADRO N° 03

## SEDIMENTO EN SUSPENSION RETENIDO EN EL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO PERIODO 1987-2016

| AÑO<br>HIDROLOGICO | VOLUMEN MENSUAL DE SOLIDOS RETENIDOS EN m <sup>3</sup> |         |          |          |           |             |             |              |             |              |         |         | VOLUMEN<br>ANUAL | VOLUMEN<br>ACUMULADO |
|--------------------|--|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------|---------|------------------|----------------------|
|                    | AGO  | SET     | OCT      | NOV      | DIC       | ENE         | FEB         | MAR          | ABR         | MAY          | JUN     | JUL     | m <sup>3</sup>   | m <sup>3</sup>       |
| 1987 - 1988        |  |         | 23.9     | 2,371.9  | 182.4     | 34,163.3    | 40,626.4    | 7,859.3      | 27,133.0    | 1,251.7      | 95.9    | -54.7   | 113,653.0        | 113,653.0            |
| 1988 - 1989        | -78.2  | -71.4   | 245.5    | 3,084.8  | 827.4     | 24,552.4    | 363,683.4   | 752,194.0    | 132,086.2   | 784.6        | 9.0     | -190.2  | 1,277,127.6      | 1,390,780.6          |
| 1989 - 1990        | -177.7   | -99.0   | 20,652.4 | 6,065.3  | -404.6    | 572.2       | 22,618.4    | 6,590.4      | 1,302.5     | 583.5        | 136.4   | -95.4   | 57,744.4         | 1,448,525.0          |
| 1990 - 1991        | -64.1  | 4.7     | 2,465.6  | 27,538.4 | 27,798.7  | -1,617.3    | 10,300.2    | 247,216.8    | 15,306.1    | 4,458.0      | 274.9   | -94.1   | 333,587.9        | 1,782,112.9          |
| 1991 - 1992        | -75.5  | -30.2   | 259.9    | 310.8    | 1,124.6   | 15,581.9    | 17,701.1    | 170,774.4    | 346,192.9   | 22,464.9     | 1,188.8 | -65.7   | 575,427.9        | 2,357,540.8          |
| 1992 - 1993        | -89.7  | 34.4    | 1,705.5  | 1,527.3  | 75.5      | 262.2       | 703,873.3   | 2,862,229.6  | 402,887.1   | 13,376.7     | 275.5   | -280.4  | 3,985,877.0      | 6,343,417.7          |
| 1993 - 1994        | -113.7   | -10.0   | 12,431.1 | 58,289.6 | 17,885.2  | 79,625.9    | 227,945.2   | 799,333.3    | 537,486.7   | 14,294.8     | 2,147.4 | 620.7   | 1,749,936.3      | 8,093,354.1          |
| 1994 - 1995        | -97.8  | -80.7   | -155.4   | 601.5    | 4,203.3   | 694.4       | 91,215.1    | 39,925.6     | 52,970.4    | 1,343.4      | 97.8    | -24.6   | 190,693.0        | 8,284,047.1          |
| 1995 - 1996        | -117.4   | 45.3    | 424.8    | 3,566.1  | 11,658.4  | 31,776.4    | 531,506.1   | 553,017.9    | 84,956.9    | 1,531.6      | 977.3   | -100.8  | 1,219,242.6      | 9,503,289.6          |
| 1996 - 1997        | -59.6  | -179.4  | 1,123.3  | -205.1   | -1,136.0  | -303.0      | 20,633.2    | 10,795.6     | 23,535.7    | 2,338.4      | 171.1   | -109.9  | 56,604.2         | 9,559,893.8          |
| 1997 - 1998        | -139.3   | -32.3   | 2,466.2  | 39,085.3 | 381,797.9 | 1,777,632.9 | 6,082,650.7 | 14,069,709.6 | 2,935,094.2 | -1,134,948.8 | 567.9   | 184.4   | 24,154,068.8     | 33,713,962.6         |
| 1998 - 1999        | 157.5  | -17.9   | 7,514.5  | 3,686.0  | 417.2     | 18,199.6    | 2,795,846.9 | 577,081.3    | 80,793.9    | 52,644.6     | 4,598.1 | 1,087.1 | 3,542,008.9      | 37,255,971.5         |
| 1999 - 2000        | 10.1   | 6,879.0 | 10,878.1 | 2,152.9  | 21,520.3  | 3,832.5     | 238,725.0   | 2,123,956.6  | 183,510.2   | 64,033.9     | 1,077.5 | -37.7   | 2,656,538.4      | 39,912,509.9         |
| 2000 - 2001        | -76.4  | 413.0   | 229.4    | -519.0   | 11,732.0  | 258,181.4   | 191,880.7   | 4,194,166.6  | 517,143.4   | 10,789.4     | 3,234.5 | 650.5   | 5,187,825.5      | 45,100,335.3         |
| 2001 - 2002        | 136.7  | 861.5   | -737.1   | 31,561.1 | 16,748.2  | 2,552.7     | 65,227.2    | 1,285,928.6  | 921,397.0   | 1,953.4      | 1,119.1 | 47.3    | 2,326,795.6      | 47,427,131.0         |
| 2002 - 2003        | -277.8   | -347.8  | 2,902.2  | 14,692.9 | 52,816.8  | 11,676.5    | 41,922.5    | 63,840.3     | 23,695.1    | 3,845.0      | 1,445.5 | -36.5   | 216,174.8        | 47,643,305.8         |
| 2003 - 2004        | -195.1   | -72.6   | -238.6   | 944.1    | 3,577.2   | -82.0       | 11,288.4    | 18,823.0     | 29,992.3    | 2,532.1      | 791.9   | -37.3   | 67,323.2         | 47,710,629.0         |
| 2004 - 2005        | -149.9   | -63.5   | 1,550.5  | 12,409.7 | 28,828.7  | 18,598.8    | 4,102.3     | 379,789.3    | 46,905.4    | 551.9        | 102.4   | -79.0   | 492,546.4        | 48,203,175.4         |
| 2005 - 2006        | -36.4  | -95.4   | 738.3    | -755.2   | 4,172.1   | 18,911.9    | 355,179.2   | 3,218,277.3  | 714,900.4   | 2,670.8      | 566.8   | -254.0  | 4,314,275.8      | 52,517,451.2         |
| 2006 - 2007        | -91.6  | 145.3   | -289.0   | 1,280.0  | 40,210.9  | 22,634.4    | 5,050.3     | 583,822.1    | 238,887.3   | 9,061.9      | 361.5   | -80.9   | 900,992.1        | 53,418,443.3         |
| 2007 - 2008        | -231.9   | -110.3  | 612.8    | 4,909.5  | -240.4    | 26,736.3    | 985,460.0   | 1,115,958.2  | 912,139.0   | 13,365.7     | 1,112.5 | 409.9   | 3,060,121.2      | 56,478,564.5         |
| 2008 - 2009        | 43.6   | 518.9   | 5,909.7  | 8,983.5  | 237.7     | 118,034.8   | 548,004.8   | 1,347,149.1  | 148,033.0   | 8,787.8      | 1,539.6 | 599.4   | 2,187,841.9      | 58,666,406.4         |
| 2009 - 2010        | 94.8   | -116.5  | 319.5    | 20,191.9 | 30,054.8  | 8,497.5     | 89,706.8    | 240,346.6    | 216,009.5   | 17,813.4     | 513.3   | -70.8   | 623,360.8        | 59,289,767.2         |
| 2010 - 2011        | -25.0  | 6.2     | 203.4    | 1,963.0  | 1,535.3   | 13,471.2    | -25,339.0   | 26,306.2     | 228,340.3   | 2,024.0      | -191.8  | -58.2   | 248,235.5        | 59,538,002.8         |
| 2011 - 2012        | -133.1   | -193.8  | -83.4    | 262.0    | 5,533.9   | 57,713.0    | 758,139.4   | 380,920.4    | 84,726.5    | 10,642.1     | 929.6   | 325.8   | 1,298,782.5      | 60,836,785.3         |
| 2012 - 2013        | 115.5  | -57.3   | 1,828.2  | 7,470.6  | 784.9     | 4,193.0     | 58,178.1    | 1,309,167.6  | 44,106.7    | 5,115.6      | 1,220.2 | 137.7   | 1,432,260.7      | 62,269,046.0         |
| 2013 - 2014        | -131.7   | -279.0  | 1,121.5  | -274.8   | 3,144.2   | 4,742.5     | 10,385.1    | 174,469.1    | 4,721.8     | 10,516.9     | 243.4   | -27.1   | 208,632.0        | 62,477,678.0         |
| 2014 - 2015        | -62.5  | -47.6   | 219.9    | 899.5    | 2,897.0   | 34,482.8    | 33,493.8    | 1,572,885.0  | 207,299.3   | 5,106.5      | 1,709.9 | -198.4  | 1,858,685.3      | 64,336,363.4         |
| 2015 - 2016        | -260.5   | -317.2  | 2,480.5  | 2,758.1  | 1,584.3   | 8,462.6     | 219,139.7   | 163,728.6    | 155,672.9   | 1,159.9      | 266.1   | -303.5  | 554,371.3        | 64,890,734.6         |
| <b>MAXIMO</b>      | 157.5  | 6,879.0 | 20,652.4 | 58,289.6 | 381,797.9 | 1,777,632.9 | 6,082,650.7 | 14,069,709.6 | 2,935,094.2 | 64,033.9     | 4,598.1 | 1,087.1 |                  | <b>64,890,734.6</b>  |
| <b>MINIMO</b>      | -277.8   | -347.8  | -737.1   | -755.2   | -1,136.0  | -1,617.3    | -25,339.0   | 6,590.4      | 1,302.5     | -1,134,948.8 | -191.8  | -303.5  |                  |                      |

FUENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

## CUADRO N° 04

RESERVORIO GALLITO CIEGO - BATIMETRIAS 1991 - 2013  
PROCESO DE SEDIMENTACION 1988 - 2013

| DESCRIPCION                             | COTA<br>(msnm) | ESTUDIO<br>SALZGITTER<br>1991 | ESTUDIO TOPOGRAFICO<br>BATIMETRICO PEJEZA |               |               | ESTUDIO<br>HyO INGENIEROS |               |               |               |
|---|----------------|-------------------------------|---|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
|   |                |                               | 1993                                      | 1999          | 2000          | 2006                      | 2007          | 2010          | 2013          |
| Volumen de Crecidas ( Hm <sup>3</sup> ) | 410.3-404.0    | 93.40                         | -   | 94.16         | 94.42         | 93.67                     | 93.73         | 93.43         | 93.15         |
| Volumen Util ( Hm <sup>3</sup> )        | 404.0-361.0    | 426.80                        | 419.61                                    | 394.75        | 392.02        | 375.84                    | 379.90        | 371.63        | 366.60        |
| Volumen Inactivo ( Hm <sup>3</sup> )    | Menor a 361.0  | 117.90                        | 107.87                                    | 84.93         | 87.18         | 88.38                     | 82.30         | 80.39         | 73.79         |
| <b>VOLUMEN TOTAL ( Hm<sup>3</sup>)</b>  |                | <b>638.1</b>                  |   | <b>573.84</b> | <b>573.62</b> | <b>557.89</b>             | <b>555.93</b> | <b>545.45</b> | <b>533.54</b> |
|   |                |                               |   |               |               |                           |               |               |               |
| DESCRIPCION                             | COTA<br>(msnm) | ESTUDIO<br>SALZGITTER<br>1991 | ESTUDIO TOPOGRAFICO<br>BATIMETRICO PEJEZA |               |               | ESTUDIO<br>HyO INGENIEROS |               |               |               |
|   |                |                               | 1993                                      | 1999          | 2000          | 2006                      | 2007          | 2010          | 2013          |
| Volumen de Crecidas ( Hm <sup>3</sup> ) | 410.3-404.0    | 93.40                         | -   | -0.76         | -1.02         | -0.27                     | -0.33         | -0.03         | 0.25          |
| Volumen Util ( Hm <sup>3</sup> )        | 404.0-361.0    | 426.80                        | 7.19                                      | 32.05         | 34.78         | 50.96                     | 46.90         | 55.17         | 60.20         |
| Volumen Inactivo ( Hm <sup>3</sup> )    | Menor a 361.0  | 117.90                        | 10.03                                     | 32.97         | 30.72         | 29.52                     | 35.60         | 37.51         | 44.11         |
| <b>VOLUMEN TOTAL ( Hm<sup>3</sup>)</b>  |                | <b>638.1</b>                  | <b>17.22</b>                              | <b>64.26</b>  | <b>64.48</b>  | <b>80.21</b>              | <b>82.17</b>  | <b>92.65</b>  | <b>104.56</b> |
|   |                |                               |   |               |               |                           |               |               |               |
| DESCRIPCION                             | COTA<br>(msnm) | ESTUDIO<br>SALZGITTER<br>1991 | ESTUDIO TOPOGRAFICO<br>BATIMETRICO PEJEZA |               |               | ESTUDIO<br>HyO INGENIEROS |               |               |               |
|   |                |                               | 1993                                      | 1999          | 2000          | 2006                      | 2007          | 2010          | 2013          |
| Volumen de Crecidas ( Hm <sup>3</sup> ) | 410.3-404.0    | 93.40                         | -   | -0.8          | -1.1          | -0.3                      | -0.4          | 0.0           | 0.3           |
| Volumen Util ( Hm <sup>3</sup> )        | 404.0-361.0    | 426.80                        | 1.7                                       | 7.5           | 8.1           | 11.9                      | 11.0          | 12.9          | 14.1          |
| Volumen Inactivo ( Hm <sup>3</sup> )    | Menor a 361.0  | 117.90                        | 8.5                                       | 28.0          | 26.1          | 25.0                      | 30.2          | 31.8          | 37.4          |
| <b>VOLUMEN TOTAL ( Hm<sup>3</sup>)</b>  | <b>%</b>       | <b>100</b>                    | <b>2.7</b>                                | <b>10.1</b>   | <b>10.1</b>   | <b>12.6</b>               | <b>12.9</b>   | <b>14.5</b>   | <b>16.4</b>   |

FUENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)-ESTUDIO DE SALZGITTER 1991

NOTA: 1.0 Hm<sup>3</sup> = 1.0 MMC

1.0 MMC = 1'000,000.0 m<sup>3</sup>

MMC: Millón de metros cúbicos

**CUADRO N° 05**  
**RESERVORIO GALLITO CIEGO**  
**NIVEL DE EMBALSE (COTA) - VOLUMEN TOTAL - AREA**  
**BATIMETRIA 2013**

| COTA<br>msnm  | VOLUMEN<br>Hm <sup>3</sup> | AREA<br>Km <sup>2</sup> | COTA<br>msnm  | VOLUMEN<br>Hm <sup>3</sup> | AREA<br>Km <sup>2</sup> |
|---------------|----------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|
| 410.30        | 533.541                    | 15.305                  | 372.00        | 132.659                    | 5.850                   |
| 410.00        | 528.956                    | 15.237                  | 371.00        | 126.852                    | 5.763                   |
| 409.00        | 513.798                    | 15.080                  | 370.00        | 121.134                    | 5.672                   |
| 408.00        | 498.798                    | 14.923                  | 369.00        | 115.507                    | 5.583                   |
| 407.00        | 483.953                    | 14.766                  | 368.00        | 109.966                    | 5.498                   |
| 406.00        | 469.264                    | 14.614                  | 367.00        | 104.510                    | 5.412                   |
| 405.00        | 454.730                    | 14.449                  | 366.00        | 99.145                     | 5.317                   |
| <b>404.00</b> | <b>440.392</b>             | <b>14.207</b>           | 365.00        | 93.875                     | 5.223                   |
| 403.00        | 426.296                    | 13.997                  | 364.00        | 88.700                     | 5.125                   |
| 402.00        | 412.401                    | 13.789                  | 363.00        | 83.624                     | 5.027                   |
| 401.00        | 398.726                    | 13.557                  | 362.00        | 78.651                     | 4.915                   |
| 400.00        | 385.304                    | 13.282                  | <b>361.00</b> | <b>73.789</b>              | <b>4.810</b>            |
| 399.00        | 372.168                    | 12.994                  | 360.00        | 69.036                     | 4.697                   |
| 398.00        | 359.324                    | 12.673                  | 359.00        | 64.401                     | 4.574                   |
| 397.00        | 346.809                    | 12.367                  | 358.00        | 59.890                     | 4.444                   |
| 396.00        | 334.591                    | 12.083                  | 357.00        | 55.514                     | 4.306                   |
| 395.00        | 322.660                    | 11.748                  | 356.00        | 51.278                     | 4.169                   |
| 394.00        | 311.073                    | 11.423                  | 355.00        | 47.172                     | 4.046                   |
| 393.00        | 299.792                    | 11.159                  | 354.00        | 43.186                     | 3.926                   |
| 392.00        | 288.738                    | 10.954                  | 353.00        | 39.322                     | 3.796                   |
| 391.00        | 277.914                    | 10.673                  | 352.00        | 35.593                     | 3.661                   |
| 390.00        | 267.410                    | 10.352                  | 351.00        | 31.996                     | 3.533                   |
| 389.00        | 257.198                    | 10.053                  | 350.00        | 28.523                     | 3.413                   |
| 388.00        | 247.334                    | 9.680                   | 349.00        | 25.178                     | 3.277                   |
| 387.00        | 237.804                    | 9.367                   | 348.00        | 21.966                     | 3.138                   |
| 386.00        | 228.617                    | 8.984                   | 347.00        | 18.896                     | 3.005                   |
| 385.00        | 219.860                    | 8.606                   | 346.00        | 15.963                     | 2.868                   |
| 384.00        | 211.421                    | 8.268                   | 345.00        | 13.168                     | 2.713                   |
| 383.00        | 203.357                    | 7.840                   | 344.00        | 10.543                     | 2.521                   |
| 382.00        | 195.852                    | 7.216                   | 343.00        | 8.127                      | 2.316                   |
| 381.00        | 188.870                    | 6.747                   | 342.00        | 5.923                      | 2.058                   |
| 380.00        | 182.230                    | 6.571                   | 341.00        | 4.079                      | 1.604                   |
| 379.00        | 175.714                    | 6.461                   | 340.00        | 2.622                      | 1.283                   |
| 378.00        | 169.304                    | 6.363                   | 339.00        | 1.474                      | 1.029                   |
| 377.00        | 162.985                    | 6.276                   | 338.00        | 0.610                      | 0.682                   |
| 376.00        | 156.750                    | 6.193                   | 337.00        | 0.147                      | 0.254                   |
| 375.00        | 150.599                    | 6.110                   | 336.00        | 0.001                      | 0.012                   |
| 374.00        | 144.532                    | 6.023                   | 335.00        | 0.000                      | 0.000                   |
| 373.00        | 138.552                    | 5.937                   | 334.00        | 0.000                      | 0.000                   |

**FUENTE:** OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

|                     |   |                        |                                  |
|---------------------|---|------------------------|----------------------------------|
| VOLUMEN TOTAL       | : | 533.54 Hm <sup>3</sup> | Entre cotas 334.00 a 410.30 msnm |
| VOLUMEN DE CRECIDAS | : | 93.15 Hm <sup>3</sup>  | Entre cotas 404.00 a 410.30 msnm |
| VOLUMEN UTIL        | : | 366.60 Hm <sup>3</sup> | Entre cotas 361.00 a 404.00 msnm |
| VOLUMEN MUERTO      | : | 73.79 Hm <sup>3</sup>  | Entre cotas 334.00 a 361.00 msnm |

**CUADRO N° 06****PRECIPITACION - ESTACION GALLITO CIEGO**

PERIODO 1996 - 2016

RIO : Jequetepeque  
LUGAR : Campamento Gallito Ciego

ALTITUD: 321.00 msnm  
AREA DE LA CUENCA : Km<sup>2</sup>

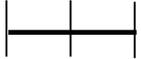
LATITUD 9°199,461.0  
LONGITUD 696,741.0

| N°           | AÑO<br>HIDROLOG | AGO  | SET  | OCT  | NOV  | DIC   | ENE   | FEB    | MAR    | ABR   | MAY   | JUN  | JUL  | TOTAL<br>ANUAL |
|--------------|-----------------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|----------------|
|              |                 | mm   |      |      |      |       |       |        |        |       |       |      |      |                |
| 1            | 1996-1997       | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.01 | 0.80  | 0.00  | 6.20   | 0.60   | 1.70  | 0.00  | 0.16 | 0.00 | 9.97           |
| 2            | 1997-1998       | 0.00 | 0.00 | 2.70 | 3.40 | 41.20 | 58.10 | 244.20 | 380.00 | 11.80 | 1.30  | 0.00 | 0.00 | 742.70         |
| 3            | 1998-1999       | 0.00 | 0.00 | 2.60 | 1.70 | 3.10  | 15.30 | 63.97  | 3.25   | 11.05 | 10.70 | 2.30 | 0.20 | 114.17         |
| 4            | 1999-2000       | 0.00 | 1.90 | 0.70 | 1.30 | 10.70 | 0.50  | 16.70  | 23.84  | 18.40 | 22.40 | 0.40 | 0.00 | 96.84          |
| 5            | 2000-2001       | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 3.70 | 8.05  | 6.90  | 6.85   | 135.80 | 21.20 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 182.60         |
| 6            | 2001-2002       | 0.00 | 4.10 | 2.00 | 0.70 | 1.30  | 0.10  | 47.37  | 34.90  | 10.20 | 0.20  | 0.40 | 0.00 | 101.27         |
| 7            | 2002-2003       | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 7.90 | 0.90  | 5.20  | 6.00   | 4.00   | 2.00  | 0.60  | 0.40 | 0.00 | 29.10          |
| 8            | 2003-2004       | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.70 | 3.10  | 0.00  | 7.90   | 1.10   | 1.40  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 15.00          |
| 9            | 2004-2005       | 0.00 | 2.00 | 1.20 | 0.00 | 4.00  | 4.60  | 4.75   | 11.30  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 27.85          |
| 10           | 2005-2006       | 0.00 | 0.00 | 1.40 | 0.70 | 0.00  | 12.90 | 30.70  | 64.70  | 3.10  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 113.50         |
| 11           | 2006-2007       | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 10.70 | 8.80  | 0.15   | 22.40  | 5.70  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 48.95          |
| 12           | 2007-2008       | 0.00 | 0.00 | 5.80 | 3.60 | 1.30  | 9.90  | 78.70  | 53.40  | 54.80 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 207.50         |
| 13           | 2008-2009       | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 6.70 | 0.00  | 54.60 | 22.70  | 23.70  | 0.70  | 0.00  | 0.80 | 0.00 | 109.25         |
| 14           | 2009-2010       | 0.00 | 0.00 | 3.70 | 2.00 | 0.20  | 4.20  | 35.90  | 9.60   | 7.10  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 62.70          |
| 15           | 2010-2011       | 0.00 | 0.00 | 8.80 | 1.50 | 0.20  | 1.70  | 9.40   | 6.20   | 10.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 37.80          |
| 16           | 2011-2012       | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 28.20 | 12.00 | 18.90  | 39.20  | 7.10  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 105.70         |
| 17           | 2012-2013       | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 6.60 | 2.30  | 4.90  | 7.70   | 33.50  | 0.60  | 4.00  | 0.00 | 0.00 | 61.60          |
| 18           | 2013-2014       | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.40  | 4.70  | 5.40   | 12.90  | 2.00  | 0.30  | 0.00 | 0.00 | 26.20          |
| 19           | 2014-2015       | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 1.30 | 2.20  | 9.80  | 4.50   | 18.80  | 7.40  | 0.00  | 0.00 | 0.90 | 45.50          |
| 20           | 2015-2016       | 0.00 | 3.40 | 6.90 | 3.90 | 15.50 | 7.30  | 5.40   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 42.40          |
| <b>MAX</b>   |                 | 0.30 | 4.10 | 8.80 | 7.90 | 41.20 | 58.10 | 244.20 | 380.00 | 54.80 | 22.40 | 2.30 | 0.90 | 742.70         |
| <b>MEDIA</b> |                 | 0.02 | 0.65 | 2.05 | 2.35 | 6.71  | 11.08 | 31.17  | 43.96  | 8.81  | 1.98  | 0.22 | 0.06 | 109.03         |
| <b>MIN</b>   |                 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.15   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 9.97           |

FUENTE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE  
PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

NOTA: Unidad de precipitación mm = milímetros

**CUADRO N° 07****INSTRUMENTOS INSTALADOS EN PRESA GALLITO CIEGO 1982-1987**

| SIMBOLOS  | LEYENDA  | PROGRESIVAS DE SECCIONES EN PRESA |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |  | CANTIDAD                          |       |       |       |       |       |       |       |
|   |  | 0+100                             | 0+200 | 0+300 | 0+400 | 0+500 | 0+600 | 0+700 | TOTAL |
|    | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 8, 16 o 30 bar | 05                                | 21    | 16    | 18    | 17    | 18    | 05    | 100   |
|    | MDS 78 Presión Total Rango de medición 8, 16, 25, 0 70 bar   | 04                                | 22    | -     | 20    | -     | 23    | 5     | 74    |
|    | MDS 19° Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m             | 06                                | 12    | -     | 12    | -     | 12    | 06    | 48    |
|    | Limnómetro de asentamiento / Inclinómetro                    | 70                                | 100   | 112   | 112   | 112   | 214   | 71    | 791 m |
|    | Limnómetro de asentamiento                                   | 15                                | 68    | 68    | 67    | 67    | 67    | 25    | 377 m |
|  | Caseta de medición   | 01                                | 02    | -     | 02    | -     | 02    | 01    | 08    |
|  | Punto de control de deformación                              | 05                                | 08    | 08    | 08    | 08    | 08    | 06    | 51    |
|  | Limnómetro de deformación horizontal                         | 65                                | 220   | -     | 220   | -     | 220   | 65    | 790 m |

FUENTE:

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991

**CUADRO N° 08**  
**CELDA DE PRESION DE POROS O PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE**  
**Rango de medición 8, 16, 30 bar (kg/cm<sup>2</sup>)**

| DATOS DEL SENSOR     |                 |            |                     |              |                |          |                          |                      |           |
|----------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------|-----------|
| CANTIDAD POR SECCION | N° DE CORRIENTE | NUMERACION | SECCION DE MEDICION | N° DE CASETA | TIPO DE SENSOR | K        | Fo (kg/cm <sup>2</sup> ) | COTA DE INSTAL. msnm | OPERATIVO |
| 1                    | 6               | P-6        | 0+100               | 4            | MDS 75         | 2,67E-03 | 9501                     | 345,13               | SI        |
| 2                    | 7               | P-7        | 0+100               | 4            | MDS 75         | 2,59E-03 | 9315                     | 345,12               | SI        |
| 3                    | 8               | P-8        | 0+100               | 4            | MDS 75         | 2,26E-03 | 8530                     | 345,15               | SI        |
| 4                    | 15              | P-15       | 0+100               | 4            | MDS 75         | 1,30E-03 | 8620                     | 374,06               | SI        |
| 5                    | 16              | P-16       | 0+100               | 4            | MDS 75         | 1,30E-03 | 9256                     | 374,05               | SI        |
| 1                    | 17              | P-1        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,48E-03 | 8818                     | 313,32               | SI        |
| 2                    | 18              | P-2        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,04E-03 | 8369                     | 313,21               | NO        |
| 3                    | 19              | P-3        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,57E-03 | 8103                     | 313,22               | SI        |
| 4                    | 20              | P-4        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,25E-03 | 7895                     | 313,23               | SI        |
| 5                    | 21              | P-5        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,50E-03 | 8361                     | 307,41               | SI        |
| 6                    | 22              | P-6        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,12E-03 | 8397                     | 307,24               | SI        |
| 7                    | 23              | P-7        | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,60E-03 | 8173                     | 313,20               | NO        |
| 8                    | 26              | P-10       | 0+200               | 1            | MDS 75         | 2,06E-03 | 8258                     | 313,23               | SI        |
| 9                    | 45              | P-29       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 2,27E-03 | 8680                     | 345,17               | SI        |
| 10                   | 46              | P-30       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 2,41E-03 | 8668                     | 345,14               | SI        |
| 11                   | 47              | P-31       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 2,47E-03 | 8773                     | 345,15               | SI        |
| 12                   | 60              | P-44       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 1,39E-03 | 8621                     | 374,17               | SI        |
| 13                   | 61              | P-45       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 1,32E-03 | 9487                     | 374,21               | SI        |
| 14                   | 62              | P-46       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 1,32E-03 | 9279                     | 374,23               | SI        |
| 15                   | 65              | P-49       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 1,29E-03 | 9020                     | 345,13               | SI        |
| 16                   | 66              | P-50       | 0+200               | 5            | MDS 75         | 1,40E-03 | 9267                     | 397,02               | SI        |
| 1                    | 24              | P-8        | 0+215               | 1            | MDS 75         | 2,25E-03 | 8302                     | 309,78               | SI        |
| 2                    | 25              | P-9        | 0+215               | 1            | MDS 75         | 2,06E-03 | 8465                     | 309,84               | SI        |
| 1                    | 67              | P-1        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,26E-03 | 9222                     | 300,97               | SI        |
| 2                    | 68              | P-2        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,27E-03 | 8325                     | 307,42               | SI        |
| 3                    | 69              | P-3        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,15E-03 | 8300                     | 307,37               | SI        |
| 4                    | 70              | P-4        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,50E-03 | 7755                     | 307,58               | SI        |
| 5                    | 71              | P-5        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,51E-03 | 8335                     | 308,38               | SI        |
| 6                    | 72              | P-6        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,27E-03 | 9091                     | 307,69               | SI        |
| 7                    | 73              | P-7        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,07E-03 | 8058                     | 307,66               | SI        |
| 8                    | 74              | P-8        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,15E-03 | 9967                     | 307,36               | SI        |
| 9                    | 75              | P-9        | 0+300               | 2            | MDS 75         | 2,06E-03 | 10009                    | 307,41               | SI        |
| 10                   | 76              | P-10       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 2,29E-03 | 8301                     | 345,17               | SI        |
| 11                   | 77              | P-11       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 2,35E-03 | 9500                     | 345,24               | SI        |
| 12                   | 78              | P-12       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 2,13E-03 | 8647                     | 345,28               | SI        |
| 13                   | 79              | P-13       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 1,46E-03 | 8188                     | 345,05               | SI        |
| 14                   | 80              | P-14       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 1,35E-03 | 8615                     | 374,05               | NO        |
| 15                   | 81              | P-15       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 1,35E-03 | 9481                     | 374,05               | NO        |
| 16                   | 82              | P-16       | 0+300               | 6            | MDS 75         | 1,32E-03 | 9246                     | 397,00               | NO        |
| 1                    | 84              | P-1        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,11E-03 | 7814                     | 307,53               | NO        |
| 2                    | 85              | P-2        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,23E-03 | 8588                     | 301,07               | NO        |
| 3                    | 86              | P-3        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,32E-03 | 7819                     | 301,06               | SI        |
| 4                    | 87              | P-4        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,27E-03 | 9907                     | 307,48               | SI        |
| 5                    | 88              | P-5        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,06E-03 | 9810                     | 308,24               | SI        |
| 6                    | 89              | P-6        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,07E-03 | 9794                     | 308,17               | SI        |
| 7                    | 90              | P-7        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,52E-03 | 9058                     | 307,63               | SI        |
| 8                    | 91              | P-8        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,28E-03 | 8222                     | 307,77               | SI        |
| 9                    | 92              | P-9        | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,33E-03 | 8513                     | 307,43               | SI        |
| 10                   | 93              | P-10       | 0+400               | 2            | MDS 75         | 2,12E-03 | 8405                     | 307,43               | SI        |

**CELIDAS DE PRESION DE POROS O PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE**

**Rango de medición 8, 16, 30 bar (kg/cm<sup>2</sup>)**

| DATOS DEL SENSOR     |                 |            |                     |              |                |          |                          |                      |           |
|----------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------|-----------|
| CANTIDAD POR SECCION | Nº DE CORRIENTE | NUMERACION | SECCION DE MEDICION | Nº DE CASETA | TIPO DE SENSOR | K        | Fo (kg/cm <sup>2</sup> ) | COTA DE INSTAL. msnm | OPERATIVO |
| 11                   | 112             | P-29       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 2,56E-03 | 8494                     | 345,03               | SI        |
| 12                   | 113             | P-30       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 2,12E-03 | 8994                     | 345,07               | SI        |
| 13                   | 114             | P-31       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 2,43E-03 | 8392                     | 345,03               | SI        |
| 14                   | 127             | P-44       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 1,37E-03 | 9139                     | 374,07               | SI        |
| 15                   | 128             | P-45       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 1,41E-03 | 8627                     | 374,05               | SI        |
| 16                   | 129             | P-46       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 1,33E-03 | 9484                     | 374,10               | SI        |
| 17                   | 132             | P-49       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 1,36E-03 | 9203                     | 345,07               | SI        |
| 18                   | 133             | P-50       | 0+400               | 6            | MDS 75         | 1,31E-03 | 10034                    | 396,96               | SI        |
| 1                    | 134             | P-1        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,03E-03 | 9295                     | 300,96               | SI        |
| 2                    | 135             | P-2        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,23E-03 | 9734                     | 307,52               | SI        |
| 3                    | 136             | P-3        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,25E-03 | 10012                    | 307,79               | SI        |
| 4                    | 137             | P-4        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,58E-03 | 9136                     | 308,28               | NO        |
| 5                    | 138             | P-5        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,15E-03 | 9356                     | 308,38               | SI        |
| 6                    | 139             | P-6        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,45E-03 | 8755                     | 307,61               | NO        |
| 7                    | 140             | P-7        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,24E-03 | 9030                     | 307,69               | SI        |
| 8                    | 141             | P-8        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,17E-03 | 9180                     | 307,69               | SI        |
| 9                    | 142             | P-9        | 0+500               | 2            | MDS 75         | 2,59E-03 | 7903                     | 307,73               | SI        |
| 10                   | 143             | P-10       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 2,44E-03 | 8457                     | 345,09               | SI        |
| 11                   | 144             | P-11       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 2,24E-03 | 8462                     | 345,20               | SI        |
| 12                   | 145             | P-12       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 2,13E-03 | 8561                     | 345,17               | SI        |
| 13                   | 146             | P-13       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 1,32E-03 | 8594                     | 374,00               | SI        |
| 14                   | 147             | P-14       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 1,36E-03 | 9697                     | 374,00               | SI        |
| 15                   | 148             | P-15       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 1,34E-03 | 8559                     | 374,01               | SI        |
| 16                   | 149             | P-16       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 1,44E-03 | 10038                    | 396,93               | SI        |
| 17                   | 150             | P-17       | 0+500               | 6            | MDS 75         | 1,23E-03 | 9324                     | 396,97               | SI        |
| 1                    | 151             | P-1        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,21E-03 | 9527                     | 307,90               | NO        |
| 2                    | 152             | P-2        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,21E-03 | 9426                     | 300,95               | NO        |
| 3                    | 153             | P-3        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,15E-03 | 9858                     | 300,76               | SI        |
| 4                    | 154             | P-4        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,18E-03 | 9140                     | 308,09               | SI        |
| 5                    | 155             | P-5        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,11E-03 | 9456                     | 308,26               | NO        |
| 6                    | 156             | P-6        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,67E-03 | 9569                     | 308,27               | NO        |
| 7                    | 157             | P-7        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,23E-03 | 8185                     | 303,68               | NO        |
| 8                    | 158             | P-8        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,68E-03 | 9042                     | 308,53               | SI        |
| 9                    | 159             | P-9        | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,40E-03 | 8761                     | 308,33               | SI        |
| 10                   | 160             | P-10       | 0+600               | 3            | MDS 75         | 2,33E-03 | 9026                     | 303,53               | SI        |
| 11                   | 179             | P-29       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 2,27E-03 | 9192                     | 345,08               | SI        |
| 12                   | 181             | P-31       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 2,40E-03 | 8510                     | 345,11               | SI        |
| 13                   | 194             | P-44       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 1,41E-03 | 9003                     | 374,26               | SI        |
| 14                   | 195             | P-45       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 1,29E-03 | 9859                     | 374,22               | SI        |
| 15                   | 196             | P-46       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 1,33E-03 | 8788                     | 374,22               | SI        |
| 16                   | 199             | P-49       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 1,30E-03 | 9795                     | 345,02               | SI        |
| 17                   | 200             | P-50       | 0+600               | 7            | MDS 75         | 1,32E-03 | 9850                     | 396,95               | SI        |
| 1                    | 180             | P-30       | 0+662               | 3            | MDS 75         | 1,96E-03 | 9171                     | 316,13               | SI        |
| 1                    | 207             | P-7        | 0+692               | 8            | MDS 75         | 2,09E-03 | 7912                     | 336,02               | SI        |
| 2                    | 206             | P-6        | 0+700               | 8            | MDS 75         | 2,44E-03 | 8979                     | 345,03               | SI        |
| 3                    | 208             | P-8        | 0+700               | 8            | MDS 75         | 2,17E-03 | 9995                     | 345,06               | SI        |
| 4                    | 215             | P-15       | 0+700               | 8            | MDS 75         | 1,26E-03 | 9382                     | 374,19               | SI        |
| 5                    | 216             | P-16       | 0+700               | 8            | MDS 75         | 1,41E-03 | 9518                     | 374,15               | SI        |

FUENTE:

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991  
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEM A-JEQUETEPEQUE

**CUADRO N° 09**  
**CELDA DE PRESIÓN TOTAL**  
**Rango de medición 8, 16, 25, 70 bar (kg/cm<sup>2</sup>)**

| DATOS DEL SENSOR     |                 |            |                     |              |                |          |                          |                      |           |
|----------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------|-----------|
| CANTIDAD POR SECCION | N° DE CORRIENTE | NUMERACION | SECCION DE MEDICION | N° DE CASETA | TIPO DE SENSOR | K        | Fo (kp/cm <sup>2</sup> ) | COTA DE INSTAL. msnm | OPERATIVO |
| 1                    | 1               | T-1        | 0+100               | 4            | MDS 78         | 3,89E-03 | 9184                     | 345,10               | SI        |
| 2                    | 2               | T-2        | 0+100               | 4            | MDS 78         | 3,90E-03 | 9270                     | 345,09               | SI        |
| 3                    | 3               | T-3        | 0+100               | 4            | MDS 78         | 3,89E-03 | 9168                     | 345,17               | SI        |
| 4                    | 4               | T-4        | 0+100               | 4            | MDS 78         | 3,99E-03 | 8879                     | 345,10               | SI        |
| 1                    | 219             | T-A1       | 0+165               | 5            | PO+165         | 2,74E-03 | 9335                     | 318,90               | SI        |
| 1                    | 27              | T-11       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 2,50E-03 | 8361                     | 307,41               | SI        |
| 2                    | 28              | T-12       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 2,12E-03 | 8397                     | 307,24               | SI        |
| 3                    | 31              | T-15       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 2,06E-03 | 8465                     | 309,84               | SI        |
| 4                    | 32              | T-16       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 2,06E-03 | 8258                     | 313,23               | SI        |
| 5                    | 33              | T-17       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 3,95E-03 | 9344                     | 313,18               | SI        |
| 6                    | 34              | T-18       | 0+200               | 1            | MDS 78         | 4,21E-03 | 9432                     | 313,17               | SI        |
| 7                    | 48              | T-32       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 4,02E-03 | 8853                     | 345,16               | SI        |
| 8                    | 49              | T-33       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 3,84E-03 | 8727                     | 345,23               | SI        |
| 9                    | 50              | T-34       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,37E-03 | 9047                     | 345,27               | SI        |
| 10                   | 51              | T-35       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 4,30E-03 | 8832                     | 345,18               | SI        |
| 11                   | 52              | T-36       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 4,08E-03 | 8775                     | 345,25               | SI        |
| 12                   | 53              | T-37       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,47E-03 | 8823                     | 345,28               | SI        |
| 13                   | 54              | T-38       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 4,39E-03 | 8954                     | 345,11               | SI        |
| 14                   | 55              | T-39       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 3,98E-03 | 8775                     | 345,20               | SI        |
| 15                   | 56              | T-40       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,27E-03 | 9685                     | 345,24               | SI        |
| 16                   | 57              | T-41       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,21E-03 | 8302                     | 345,16               | SI        |
| 17                   | 58              | T-42       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,35E-03 | 8399                     | 345,27               | SI        |
| 18                   | 59              | T-43       | 0+200               | 5            | MDS 78         | 2,17E-03 | 8910                     | 345,30               | SI        |
| 1                    | 29              | T-13       | 0+215               | 1            | MDS 78         | 2,60E-03 | 8173                     | 313,20               | SI        |
| 2                    | 30              | T-14       | 0+215               | 1            | MDS 78         | 2,25E-03 | 8302                     | 309,78               | SI        |
| 1                    | 220             | T-A3       | 0+225               | 5            | PO+165         | 2,63E-03 | 8777                     | 300,70               | NO        |
| 1                    | 94              | T-11       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 3,95E-03 | 9158                     | 307,64               | SI        |
| 2                    | 95              | T-12       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,27E-03 | 8857                     | 307,67               | SI        |
| 3                    | 96              | T-13       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 9,10E-03 | 8990                     | 311,00               | SI        |
| 4                    | 97              | T-14       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,33E-03 | 9090                     | 307,46               | SI        |
| 5                    | 98              | T-15       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,04E-03 | 9212                     | 307,42               | SI        |
| 6                    | 99              | T-16       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,20E-03 | 8333                     | 307,45               | SI        |
| 7                    | 100             | T-17       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,02E-03 | 8978                     | 312,06               | SI        |
| 8                    | 101             | T-18       | 0+400               | 2            | MDS 78         | 4,10E-03 | 9066                     | 312,20               | SI        |
| 9                    | 115             | T-32       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 3,89E-03 | 9212                     | 345,07               | SI        |
| 10                   | 116             | T-33       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 3,95E-03 | 8982                     | 345,04               | SI        |
| 11                   | 117             | T-34       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,07E-03 | 8476                     | 345,07               | SI        |
| 12                   | 118             | T-35       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 4,21E-03 | 8860                     | 345,08               | SI        |
| 13                   | 119             | T-36       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 3,89E-03 | 9098                     | 345,06               | SI        |
| 14                   | 120             | T-37       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,18E-03 | 9050                     | 345,09               | SI        |
| 15                   | 121             | T-38       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 3,84E-03 | 9458                     | 345,13               | SI        |
| 16                   | 122             | T-39       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 4,03E-03 | 8886                     | 345,03               | SI        |
| 17                   | 123             | T-40       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,14E-03 | 8984                     | 345,06               | SI        |
| 18                   | 124             | T-41       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,29E-03 | 9340                     | 345,28               | SI        |
| 19                   | 125             | T-42       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,39E-03 | 9429                     | 345,29               | SI        |
| 20                   | 126             | T-43       | 0+400               | 6            | MDS 78         | 2,05E-03 | 8698                     | 345,31               | SI        |

**CELDA DE PRESIÓN TOTAL**  
**Rango de medición 8, 16, 25, 70 bar (kg/cm<sup>2</sup>)**

| DATOS DEL SENSOR     |                 |            |                     |              |                |          |                          |                      |           |
|----------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------|----------------|----------|--------------------------|----------------------|-----------|
| CANTIDAD POR SECCION | Nº DE CORRIENTE | NUMERACION | SECCION DE MEDICION | Nº DE CASETA | TIPO DE SENSOR | K        | Fo (kp/cm <sup>2</sup> ) | COTA DE INSTAL. msnm | OPERATIVO |
| 1                    | 161             | T-11       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 3,83E-03 | 9265                     | 307,89               | SI        |
| 2                    | 162             | T-12       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,08E-03 | 9429                     | 308,61               | SI        |
| 3                    | 163             | T-13       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 9,17E-03 | 9091                     | 311,01               | SI        |
| 4                    | 164             | T-14       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,00E-03 | 9998                     | 308,43               | SI        |
| 5                    | 165             | T-15       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,02E-03 | 8989                     | 308,31               | SI        |
| 6                    | 166             | T-16       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 3,59E-03 | 9274                     | 308,08               | SI        |
| 7                    | 167             | T-17       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,17E-03 | 8977                     | 308,15               | SI        |
| 8                    | 168             | T-18       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 3,99E-03 | 9416                     | 308,18               | SI        |
| 9                    | 182             | T-32       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,18E-03 | 8791                     | 345,10               | SI        |
| 10                   | 183             | T-33       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,21E-03 | 8829                     | 345,08               | SI        |
| 11                   | 184             | T-34       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,14E-03 | 8222                     | 345,09               | SI        |
| 12                   | 185             | T-35       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,28E-03 | 9246                     | 345,11               | SI        |
| 13                   | 186             | T-36       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,30E-03 | 9247                     | 345,06               | SI        |
| 14                   | 187             | T-37       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,12E-03 | 10131                    | 345,07               | SI        |
| 15                   | 188             | T-38       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,31E-03 | 9296                     | 345,08               | SI        |
| 16                   | 189             | T-39       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 4,33E-03 | 9290                     | 345,07               | SI        |
| 17                   | 190             | T-40       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,08E-03 | 9855                     | 345,08               | SI        |
| 18                   | 191             | T-41       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,33E-03 | 9229                     | 345,10               | SI        |
| 19                   | 192             | T-42       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,25E-03 | 8376                     | 345,09               | SI        |
| 20                   | 193             | T-43       | 0+600               | 7            | MDS 78         | 2,25E-03 | 8055                     | 345,12               | SI        |
| 21                   | 205             | T-51       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,15E-03 | 9248                     | 303,73               | SI        |
| 22                   | 217             | T-52       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 5,08E-03 | 8681                     | 303,51               | SI        |
| 23                   | 218             | T-53       | 0+600               | 3            | MDS 78         | 4,03E-03 | 9336                     | 308,48               | SI        |
| 1                    | 5               | T-54       | 0+662               | 3            | MDS 78         | 3,76E-03 | 8997                     | 316,15               | SI        |
| 1                    | 201             | T-1        | 0+700               | 8            | MDS 78         | 4,22E-03 | 9045                     | 345,09               | SI        |
| 2                    | 202             | T-2        | 0+700               | 8            | MDS 78         | 4,08E-03 | 8630                     | 345,14               | SI        |
| 3                    | 203             | T-3        | 0+700               | 8            | MDS 78         | 3,93E-03 | 9729                     | 345,10               | SI        |
| 4                    | 204             | T-4        | 0+700               | 8            | MDS 78         | 3,98E-03 | 9468                     | 336,02               | SI        |

**FUENTE:**

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991  
 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE

**CUADRO N° 10**  
**EXTENSÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE – Rango de medición +/- 0,50 m**

Rango de medición +/- 0,50 m

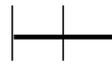
| DATOS DEL SENSOR     |                 |            |                     |              |                |        |             |                      |           |
|----------------------|-----------------|------------|---------------------|--------------|----------------|--------|-------------|----------------------|-----------|
| CANTIDAD POR SECCION | N° DE CORRIENTE | NUMERACION | SECCION DE MEDICION | N° DE CASETA | TIPO DE SENSOR | K      | Fo (kp/cm2) | COTA DE INSTAL. msnm | OPERATIVO |
| 1                    | 9               | E-9        | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0113 | 4881        | 345,23               | SI        |
| 2                    | 10              | E-10       | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0112 | 4913        | 345,21               | SI        |
| 3                    | 11              | E-11       | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0123 | 4881        | 345,18               | NO        |
| 4                    | 12              | E-12       | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0127 | 5670        | 345,22               | SI        |
| 5                    | 13              | E-13       | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0123 | 5077        | 374,13               | SI        |
| 6                    | 14              | E-14       | 0+100               | 4            | MDS 19ª        | 0,0105 | 5790        | 374,13               | SI        |
| 1                    | 35              | E-19       | 0+200               | 1            | MDS 19ª        | 0,0108 | 5380        | 313,19               | SI        |
| 2                    | 36              | E-20       | 0+200               | 1            | MDS 19ª        | 0,0108 | 5244        | 313,18               | SI        |
| 3                    | 37              | E-21       | 0+200               | 1            | MDS 19ª        | 0,0106 | 5225        | 313,21               | SI        |
| 4                    | 38              | E-22       | 0+200               | 1            | MDS 19ª        | 0,0105 | 4679        | 313,21               | NO        |
| 5                    | 39              | E-23       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0102 | 5070        | 345,20               | SI        |
| 6                    | 40              | E-24       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,011  | 4696        | 345,20               | SI        |
| 7                    | 41              | E-25       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0109 | 4756        | 345,20               | SI        |
| 8                    | 42              | E-26       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0098 | 5088        | 345,22               | NO        |
| 9                    | 43              | E-27       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0134 | 4213        | 345,27               | SI        |
| 10                   | 44              | E-28       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0124 | 4319        | 345,30               | SI        |
| 11                   | 63              | E-47       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0123 | 4527        | 374,25               | SI        |
| 12                   | 64              | E-48       | 0+200               | 5            | MDS 19ª        | 0,0127 | 4212        | 374,31               | SI        |
| 1                    | 102             | E-19       | 0+400               | 2            | MDS 19ª        | 0,0124 | 4801        | 307,56               | SI        |
| 2                    | 103             | E-20       | 0+400               | 2            | MDS 19ª        | 0,0133 | 4254        | 307,54               | SI        |
| 3                    | 104             | E-21       | 0+400               | 2            | MDS 19ª        | 0,0129 | 4909        | 307,55               | SI        |
| 4                    | 105             | E-22       | 0+400               | 2            | MDS 19ª        | 0,0135 | 4925        | 307,55               | NO        |
| 5                    | 106             | E-23       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0133 | 4984        | 345,18               | SI        |
| 6                    | 107             | E-24       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0133 | 4631        | 345,20               | NO        |
| 7                    | 108             | E-25       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0126 | 4900        | 345,16               | SI        |
| 8                    | 109             | E-26       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0123 | 5140        | 345,18               | SI        |
| 9                    | 110             | E-27       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,013  | 4707        | 345,22               | SI        |
| 10                   | 111             | E-28       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0123 | 5311        | 345,26               | SI        |
| 11                   | 130             | E-47       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0128 | 5180        | 374,13               | NO        |
| 12                   | 131             | E-48       | 0+400               | 6            | MDS 19ª        | 0,0124 | 5194        | 374,10               | SI        |
| 1                    | 169             | E-19       | 0+600               | 3            | MDS 19ª        | 0,0125 | 2920        | 308,43               | SI        |
| 2                    | 170             | E-20       | 0+600               | 3            | MDS 19ª        | 0,0126 | 2771        | 308,40               | SI        |
| 3                    | 171             | E-21       | 0+600               | 3            | MDS 19ª        | 0,0128 | 2584        | 308,42               | NO        |
| 4                    | 172             | E-22       | 0+600               | 3            | MDS 19ª        | 0,0121 | 2955        | 308,39               | SI        |
| 5                    | 173             | E-23       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,012  | 5454        | 345,15               | NO        |
| 6                    | 174             | E-24       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0118 | 5374        | 345,19               | SI        |
| 7                    | 175             | E-25       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,012  | 5370        | 345,16               | SI        |
| 8                    | 176             | E-26       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0105 | 4951        | 345,16               | SI        |
| 9                    | 177             | E-27       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0126 | 5474        | 345,18               | SI        |
| 10                   | 178             | E-28       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0134 | 4762        | 345,16               | SI        |
| 11                   | 197             | E-47       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0117 | 5122        | 374,29               | SI        |
| 12                   | 198             | E-48       | 0+600               | 7            | MDS 19ª        | 0,0134 | 4862        | 374,31               | SI        |
| 1                    | 209             | E-9        | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0124 | 5135        | 345,15               | SI        |
| 2                    | 210             | E-10       | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0106 | 5144        | 345,20               | SI        |
| 3                    | 211             | E-11       | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0121 | 5358        | 345,16               | SI        |
| 4                    | 212             | E-12       | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0127 | 5142        | 345,17               | SI        |
| 5                    | 213             | E-13       | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0125 | 5044        | 374,27               | NO        |
| 6                    | 214             | E-14       | 0+700               | 8            | MDS 19ª        | 0,0125 | 5012        | 374,25               | SI        |

## FUENTE:

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991  
 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE

## CUADRO N° 11

EQUIPOS DE MEDICION DE AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO  
ESTADO ACTUAL A DICIEMBRE DEL 2016

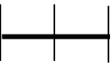
| SIMBOLOS  | EQUIPO DE MEDICION             | MARCA Y/O MODELO         | AÑO DE FABRICACION | FUNCION O MEDICION DE                   | TIPO DE MEDICION | ESTADO ACTUAL | OBSERVACIONES   |
|---|--------------------------------|--------------------------|--------------------|---|------------------|---------------|---|
|    | Receptor                       | MAIHAK-MDS 910           | 1980               | Presión de Poros, MDS 75                | MANUAL           | OPERATIVO     | Se malogra con mucha frecuencia                                       |
|    | Receptor                       | MAIHAK-MDS 910           | 1980               | Presión Totales, MDS 78                 | MANUAL           | OPERATIVO     | Se malogra con mucha frecuencia                                       |
|    | Receptor                       | MAIHAK-MDS 910           | 1980               | Extensómetro, MDS 19°                   | MANUAL           | OPERATIVO     | Se malogra con mucha frecuencia                                       |
|    | Inclinómetro                   | MAIHAK-MDS 85            | 1980               | Inclinaciones                           | MANUAL           | INOPERATIVO   | Equipo malogrado  |
|    | Receptor y Transmisor          | MAIHAK-RPS 400 y RPS 420 | 1980               | Asentamientos                           | MANUAL           | OPERATIVOS    | Se malogran con mucha frecuencia                                      |
|   | Receptor y Transmisor          | MAIHAK-RPS 400 y RPS 420 | 1980               | Deformación Horizontal Interna          | MANUAL           | OPERATIVOS    | Cables de desplazamiento de sonda rotos en las 05 casetas de medición |
|  | Nivel de Ingeniero y Teodolito | WILD NAK2 y T3           | 1980               | Punto de control de deformación externa | MANUAL           | OPERATIVO     | En buen estado de conservación  |
|  | Nivel de Ingeniero y Teodolito | WILD NAK2 y T3           | 1981               | Punto de Referencia o BM                | MANUAL           | OPERATIVO     | En buen estado de conservación  |
|  | Sonda Luminosa                 | A.OTT                    | 2000               | Piezómetros abiertos                    | MANUAL           | OPERATIVO     | En buen estado de conservación  |
|  | Correntómetro                  | SEBA                     | 1980               | Filtraciones de Presa                   | MANUAL           | OPERATIVO     | En buen estado de conservación  |

## FUENTE:

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991  
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE

## CUADRO N° 12

**INSTRUMENTOS Y SENSORES INSTALADOS EN PRESA GALLITO CIEGO  
SITUACION ACTUAL A DICIEMBRE DEL AÑO 2016**

| SIMBOLOS  | LEYENDA   | PROGRESIVAS DE SECCIONES EN PRESA |       |       |       |       |       |       |       | OBSERVACION                          |
|---|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
|   |   | CANTIDAD                          |       |       |       |       |       |       |       |                                      |
|   |   | 0+100                             | 0+200 | 0+300 | 0+400 | 0+500 | 0+600 | 0+700 | TOTAL |                                      |
|    | MDS 75, presión de poros Rango de medición 8, 16 o 30 bar   | 05                                | 18    | 13    | 15    | 14    | 13    | 05    | 83    | 83 operativos y 17 fuera de servicio |
|    | MDS 78, Presión Total Rango de medición 8, 16, 25, 0 70 bar | 04                                | 21    | -     | 20    | -     | 23    | 5     | 73    | 73 operativos y 01 fuera de servicio |
|    | MDS 19° Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m            | 05                                | 10    | -     | 9     | -     | 10    | 05    | 39    | 39 operativos y 09 fuera de servicio |
|    | Inclímetro  | 70                                | 100   | 112   | 112   | 112   | 214   | 71    | 791 m | Parcialmente Operativos              |
|    | Limnómetro de asentamiento                                  | 15                                | 68    | 68    | 67    | 67    | 67    | 25    | 377 m | Operativos                           |
|  | Caseta de medición  | 01                                | 02    | -     | 02    | -     | 02    | 01    | 08    | Operativas                           |
|  | Punto de control de deformación                             | 05                                | 08    | 08    | 08    | 08    | 08    | 06    | 51    | Operativos                           |
|  | Limnómetro de deformación horizontal                        | 65                                | 220   | -     | 220   | -     | 220   | 65    | 790 m | Inoperativos, por cables rotos       |

## FUENTE:

PEJEZA: MANUAL DE OPERACIÓN PRESA GALLITO CIEGO Y OBRAS SECUNDARIAS - SALZGITTER CONSULT GADH - MARZO 1991  
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE

**CUADRO N° 13**

**NIVELACION PRECISA DE PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION  
DICIEMBRE 2016  
CUADRO RESUMEN**

| <b>PUNTO DE CONTROL</b>   | <b>COTA ORIGINAL<br/>DICIEMBRE 1988<br/>m.s.n.m.</b> | <b>COTA ACTUAL<br/>DICIEMBRE 2016<br/>m.s.n.m.</b> | <b>VARIACION<br/>DE COTA<br/>m</b> | <b>OBSERVACIONES</b>                   |
|---|--|--|------------------------------------|--|
| <b>PUNTOS EN EJE DE CORONA DE PRESA, COTA 413.00 msnm</b>                       |  |  |                                    |  |
| BM -FE-14   | 416.574  | 416.582  | -0.008                             | BM de control en Margen izquierda      |
| E-000   | 412.359  | 412.358  | 0.001                              | Punto en Eje de Corona 0+000           |
| E-100   | 412.364  | 412.639  | -0.275                             | Punto en Eje de Corona 0+100           |
| E-200   | 412.860  | 412.784  | 0.076                              | Punto en Eje de Corona 0+200           |
| E-300   | 411.775  | 412.965  | -1.190                             | Punto en Eje de Corona 0+300           |
| E-400   | 411.766  | 413.156  | -1.390                             | Punto en Eje de Corona 0+400           |
| E-500   | 411.736  | 413.134  | -1.398                             | Punto en Eje de Corona 0+500           |
| E-600   | 411.730  | 412.838  | -1.108                             | Punto en Eje de Corona 0+600           |
| E-700   | 412.144  | 412.687  | -0.543                             | Punto en Eje de Corona 0+700           |
| E-780   | 412.573  | 412.576  | -0.003                             | Punto en Eje de Corona 0+780           |
| E-786.50  | 412.605  | 412.603  | 0.002                              | Punto en Eje de Corona 0+786.5         |
| Eje de Presa  | 411.601  | 412.691  | -1.090                             | Punto de Control de deformacion        |
| <b>PUNTOS DE CONTROL EN CORONA DE PRESA-TALUD AGUAS ARRIBA DEL EJE DE PRESA</b> |  |  |                                    |  |
| T-17  | 413.628  | 413.289  | 0.339                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-18  | 413.516  | 413.399  | 0.117                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-19  | 413.490  | 413.586  | -0.096                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-20  | 413.519  | 413.787  | -0.268                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-21  | 413.512  | 413.772  | -0.260                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-22  | 413.553  | 413.490  | 0.063                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-23  | 413.580  | 413.332  | 0.248                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| <b>PUNTOS DE CONTROL EN CORONA-TALUD AGUAS ABAJO DEL EJE DE PRESA</b>           |  |  |                                    |  |
| T-24  | 413.576  | 413.277  | 0.299                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-25  | 413.500  | 413.394  | 0.106                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-26  | 413.489  | 413.579  | -0.090                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-27  | 413.487  | 413.781  | -0.294                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-28  | 413.481  | 413.753  | -0.272                             | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-29  | 413.515  | 413.482  | 0.033                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |
| T-30  | 413.574  | 413.314  | 0.260                              | Punto (tubo) de Control de deformacion |

FUENTE: OPERACION Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE Y PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE -ZANA (PEJEZA)

AAR: TALUD AGUAS ARRIBA

AAB: TALUD AGUAS ABAJO

**CUADRO N° 14****TRIANGULACION DE PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION PRESA GALLITO CIEGO****NOVIEMBRE - 2016****CORONA CENTRO DE PRESA****BASE: COL-12 y COL-13 PUNTOS: T19, T20, T21, T26, T27 y T28**

| PUNTO DE CONTROL | COORDENADAS DE ORIGEN |        | COORDENADAS ACTUALES |        | DEFORMACION ACTUAL |        | DENOMINACION                                 |
|------------------|-----------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|--|
|                  | X (m)                 | Y (m)  | X (m)                | Y (m)  | X (m)              | Y (m)  |  |
| T19              | 297.394               | 4.498  | 297.421              | 4.222  | 0.027              | -0.276 | Punto (tubo) de control de deformación N° 19 |
| T20              | 397.391               | 4.482  | 397.417              | 4.184  | 0.026              | -0.298 | Punto (tubo) de control de deformación N° 20 |
| T21              | 497.400               | 4.488  | 497.417              | 4.154  | 0.017              | -0.334 | Punto (tubo) de control de deformación N° 21 |
| T26              | 297.409               | -4.506 | 297.456              | -4.730 | 0.047              | -0.224 | Punto (tubo) de control de deformación N° 26 |
| T27              | 397.399               | -4.500 | 397.433              | -4.745 | 0.034              | -0.245 | Punto (tubo) de control de deformación N° 27 |
| T28              | 497.392               | -4.505 | 497.414              | -4.762 | 0.022              | -0.257 | Punto (tubo) de control de deformación N° 28 |

**CORONA DE PRESA MARGEN IZQUIERDA****BASE: COL-10 y COL-12 PUNTOS: T22, T23, T29, T30 y EP**

| PUNTO DE CONTROL | COORDENADAS DE ORIGEN |        | COORDENADAS ACTUALES |        | DEFORMACION ACTUAL |        | DENOMINACION                                 |
|------------------|-----------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|--|
|                  | X (m)                 | Y (m)  | X (m)                | Y (m)  | X (m)              | Y (m)  |  |
| T23              | 697.376               | 4.507  | 697.115              | 4.336  | -0.261             | -0.171 | Punto (tubo) de control de deformación N° 23 |
| T30              | 697.365               | -4.497 | 697.132              | -4.611 | -0.233             | -0.114 | Punto (tubo) de control de deformación N° 30 |
| T22              | 597.403               | 4.488  | 597.367              | 4.205  | -0.036             | -0.283 | Punto (tubo) de control de deformación N° 22 |
| T29              | 597.400               | -4.537 | 597.365              | -4.747 | -0.035             | -0.210 | Punto (tubo) de control de deformación N° 29 |
| E.P.             |                       |        | 598.370              | -0.296 |                    |        | Punto en eje de Presa                        |

**CORONA DE PRESA MARGEN DERECHA****BASE: COL-07 y COL-11 PUNTOS: T17, T18, T24 y T25**

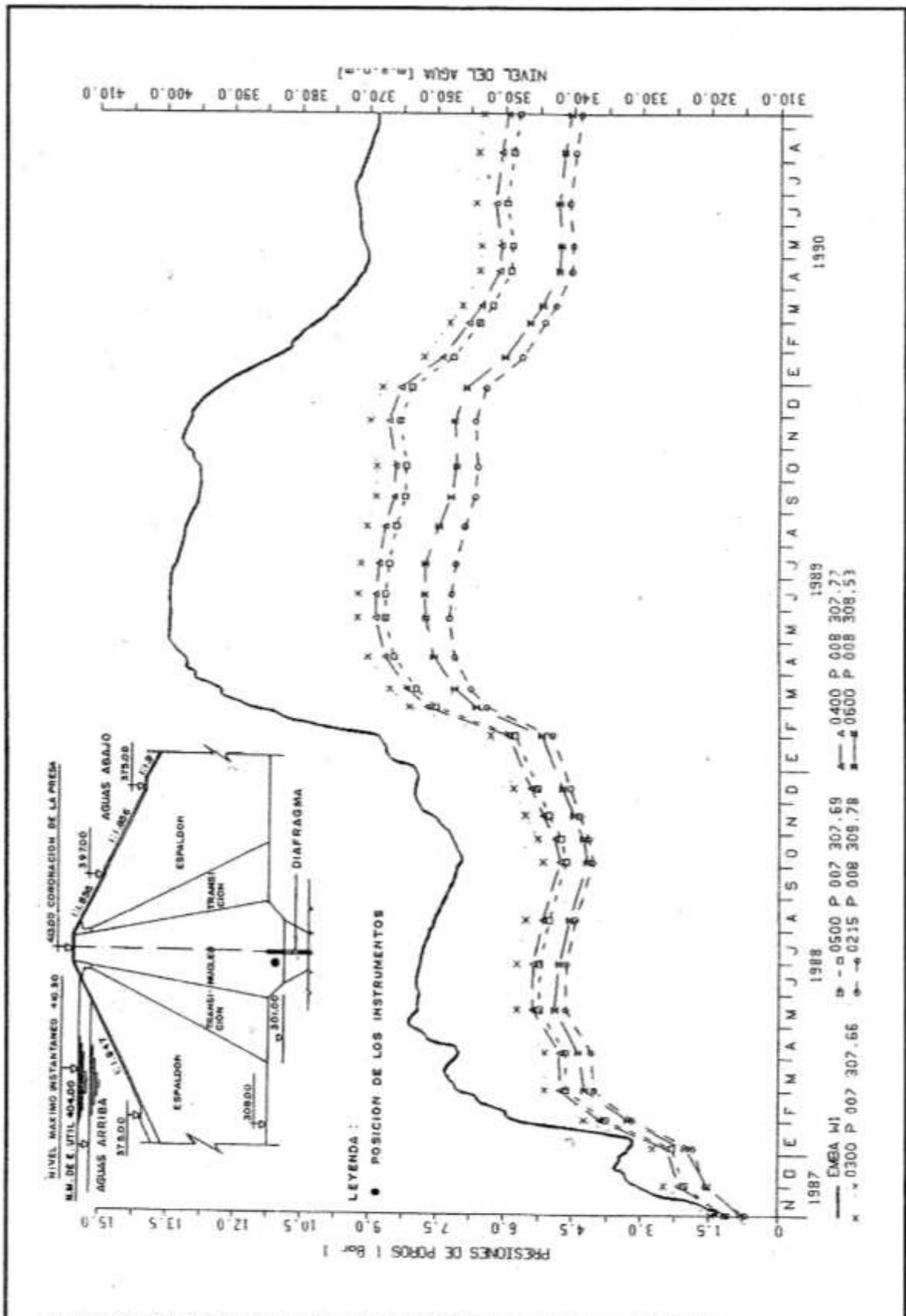
| PUNTO DE CONTROL | COORDENADAS DE ORIGEN |        | COORDENADAS ACTUALES |        | DEFORMACION ACTUAL |        | DENOMINACION                                 |
|------------------|-----------------------|--------|----------------------|--------|--------------------|--------|--|
|                  | X (m)                 | Y (m)  | X (m)                | Y (m)  | X (m)              | Y (m)  |  |
| T17              | 97.416                | 4.509  | 97.682               | 4.390  | 0.266              | -0.119 | Punto (tubo) de control de deformación N° 17 |
| T18              | 197.437               | 4.483  | 197.567              | 4.265  | 0.130              | -0.218 | Punto (tubo) de control de deformación N° 18 |
| T24              | 97.398                | -4.494 | 97.662               | -4.538 | 0.264              | -0.044 | Punto (tubo) de control de deformación N° 24 |
| T25              | 197.44                | -4.501 | 197.581              | -4.637 | 0.141              | -0.136 | Punto (tubo) de control de deformación N° 25 |

**BERMA 404 TALUD AAR DE EJE DE PRESA****BASE: COL-12 y COL-13 PUNTOS: T31, T32, T33, T34, T35, T36 y T37**

| PUNTO DE CONTROL | COORDENADAS DE ORIGEN |         | COORDENADAS ACTUALES |         | DEFORMACION ACTUAL |        | DENOMINACION                                 |
|------------------|-----------------------|---------|----------------------|---------|--------------------|--------|--|
|                  | X (m)                 | Y (m)   | X (m)                | Y (m)   | X (m)              | Y (m)  |  |
| T31              | 99.996                | -24.372 | 100.114              | -24.352 | 0.118              | 0.020  | Punto (tubo) de control de deformación N° 31 |
| T32              | 200.084               | -24.43  | 200.156              | -24.479 | 0.072              | -0.049 | Punto (tubo) de control de deformación N° 32 |
| T33              | 299.962               | -24.367 | 299.990              | -24.404 | 0.028              | -0.037 | Punto (tubo) de control de deformación N° 33 |
| T34              | 400.033               | -24.393 | 400.031              | -24.534 | -0.002             | -0.141 | Punto (tubo) de control de deformación N° 34 |
| T35              | 500.507               | -24.399 | 500.514              | -24.545 | 0.007              | -0.146 | Punto (tubo) de control de deformación N° 35 |
| T36              | 600.028               | -24.417 | 600.024              | -24.550 | -0.004             | -0.133 | Punto (tubo) de control de deformación N° 36 |
| T37              | 700.016               | -24.345 | 699.908              | -24.396 | -0.108             | -0.051 | Punto (tubo) de control de deformación N° 37 |

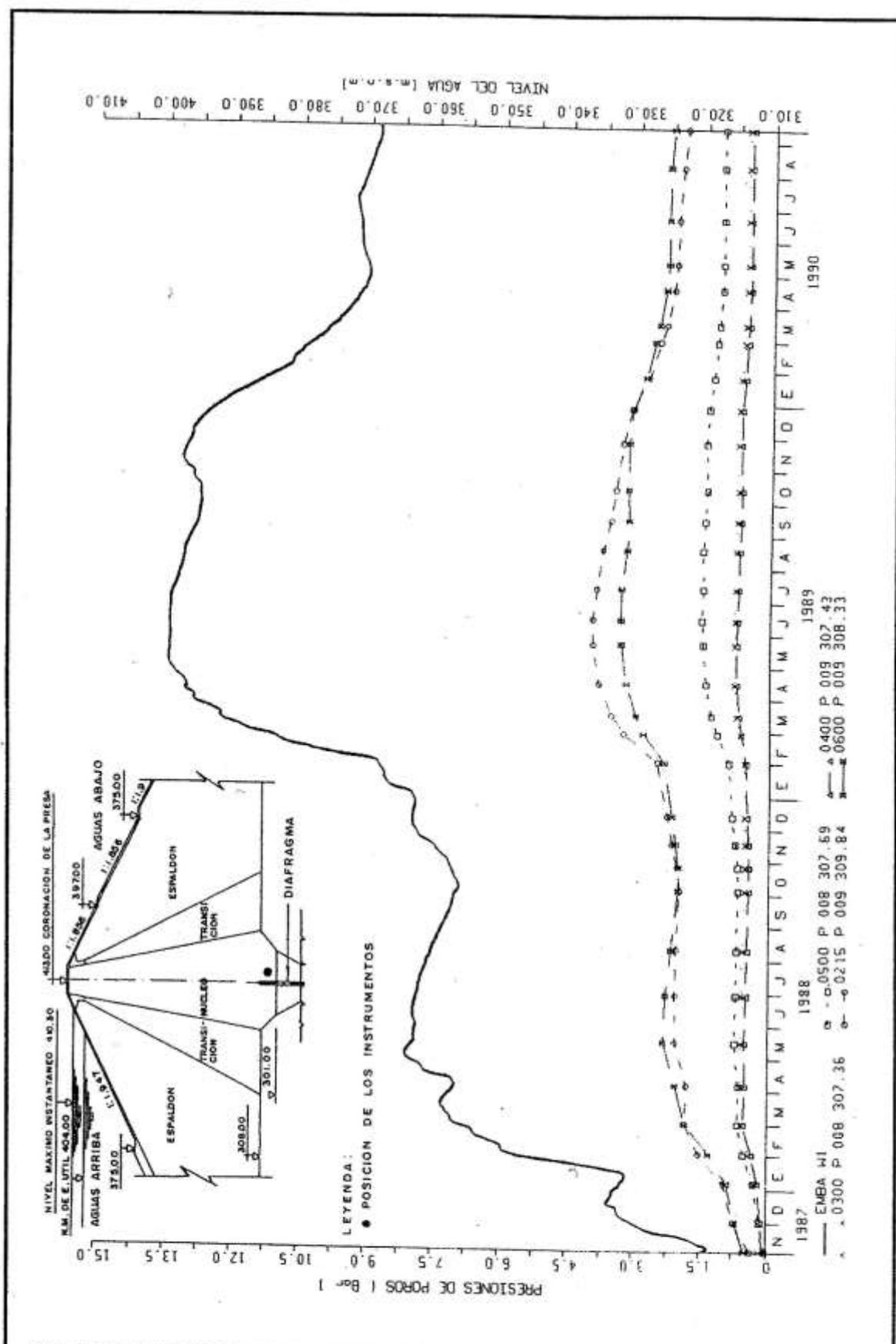
FUENTE: OPERACION Y MANTENIMIENTO OPEMA-JEQUETEPEQUE Y PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA (PEJEZA)

## **8.2 ANEXO II – GRAFICOS**



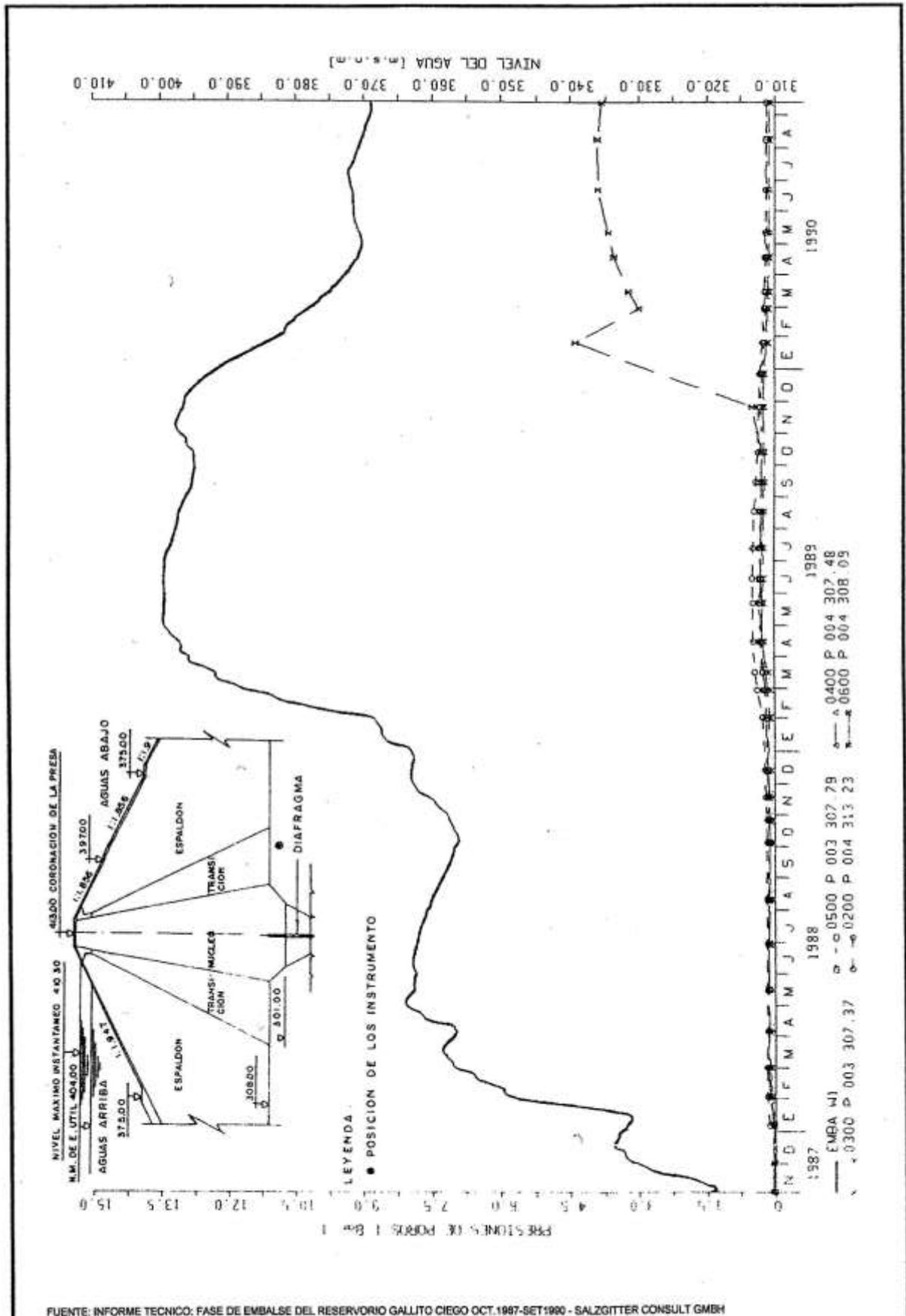
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|         |                           |   |            |
|---------|---------------------------|---|------------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | GRAFICO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016   | 01         |
|         | GRAFICO:                  | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS EN BASE DE PRESA G.C. |            |



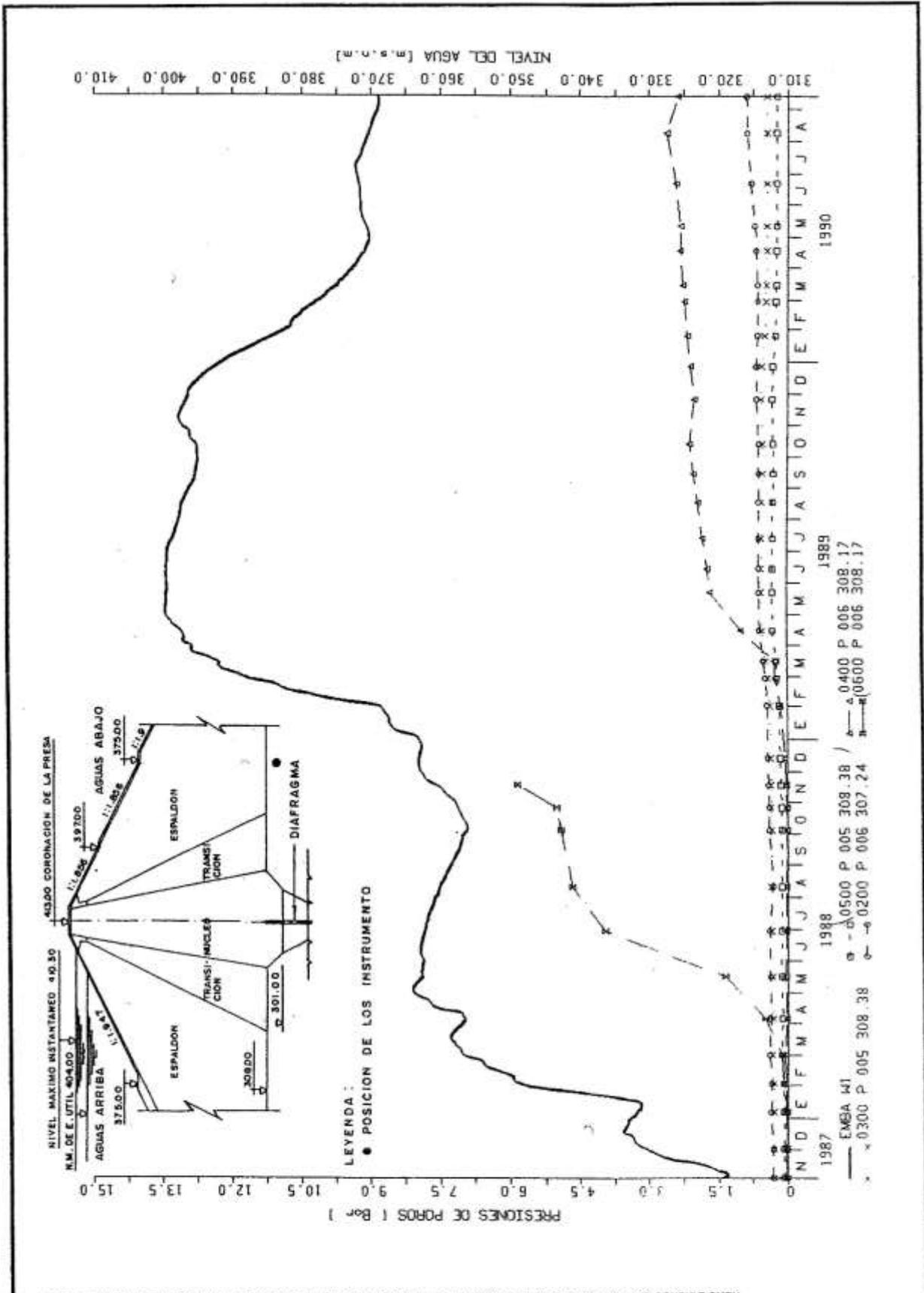
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>02</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016   |                         |
|                          | GRAFICO:                         | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS EN BASE DE PRESA G.C. |                         |

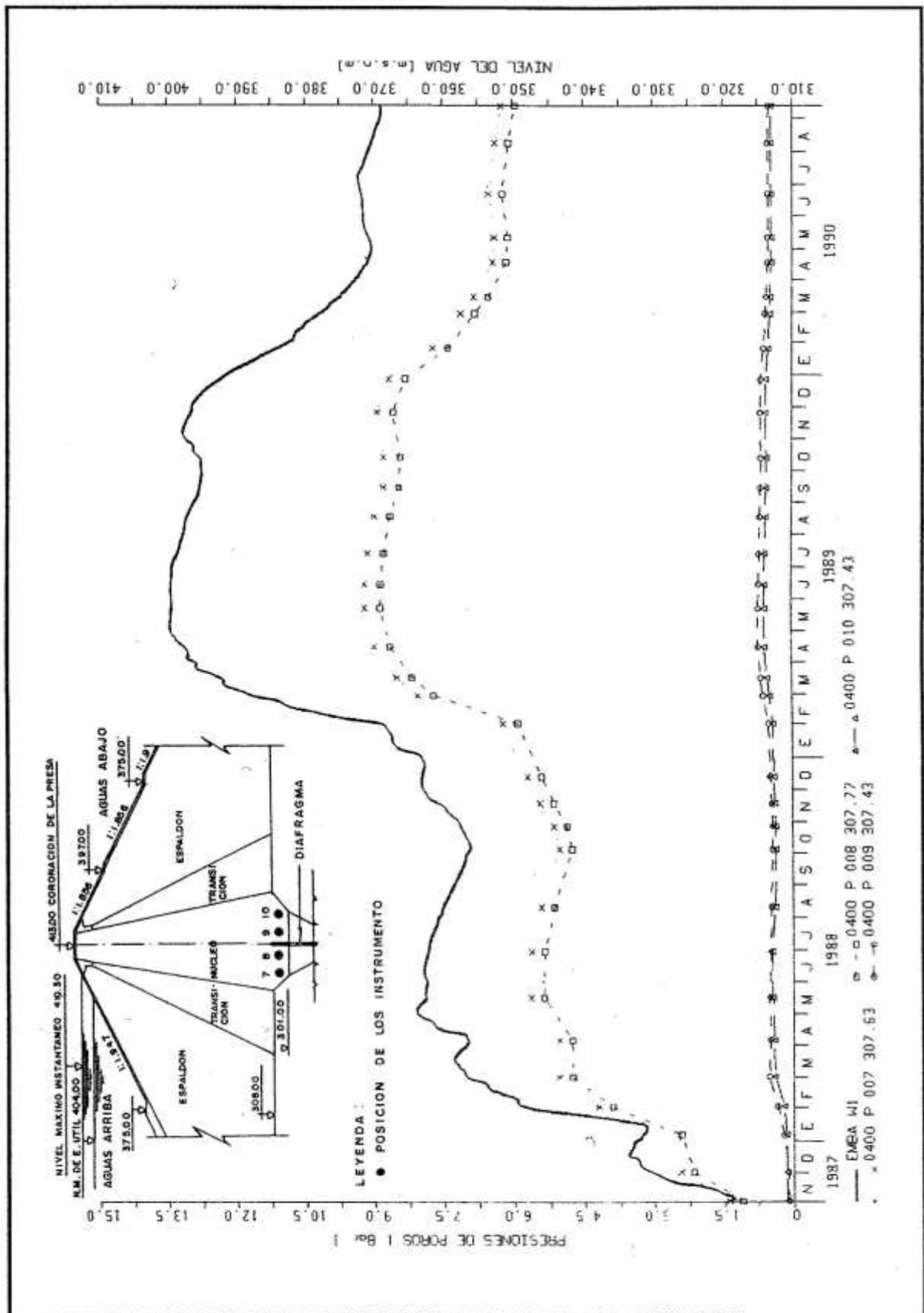


FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|         |                                  |   |                         |
|---------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE: | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>03</b> |
|         | PEJEZA                           | TESIS:  |                         |
|         | GRAFICO:                         | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS EN BASE DE PRESA G.C. |                         |

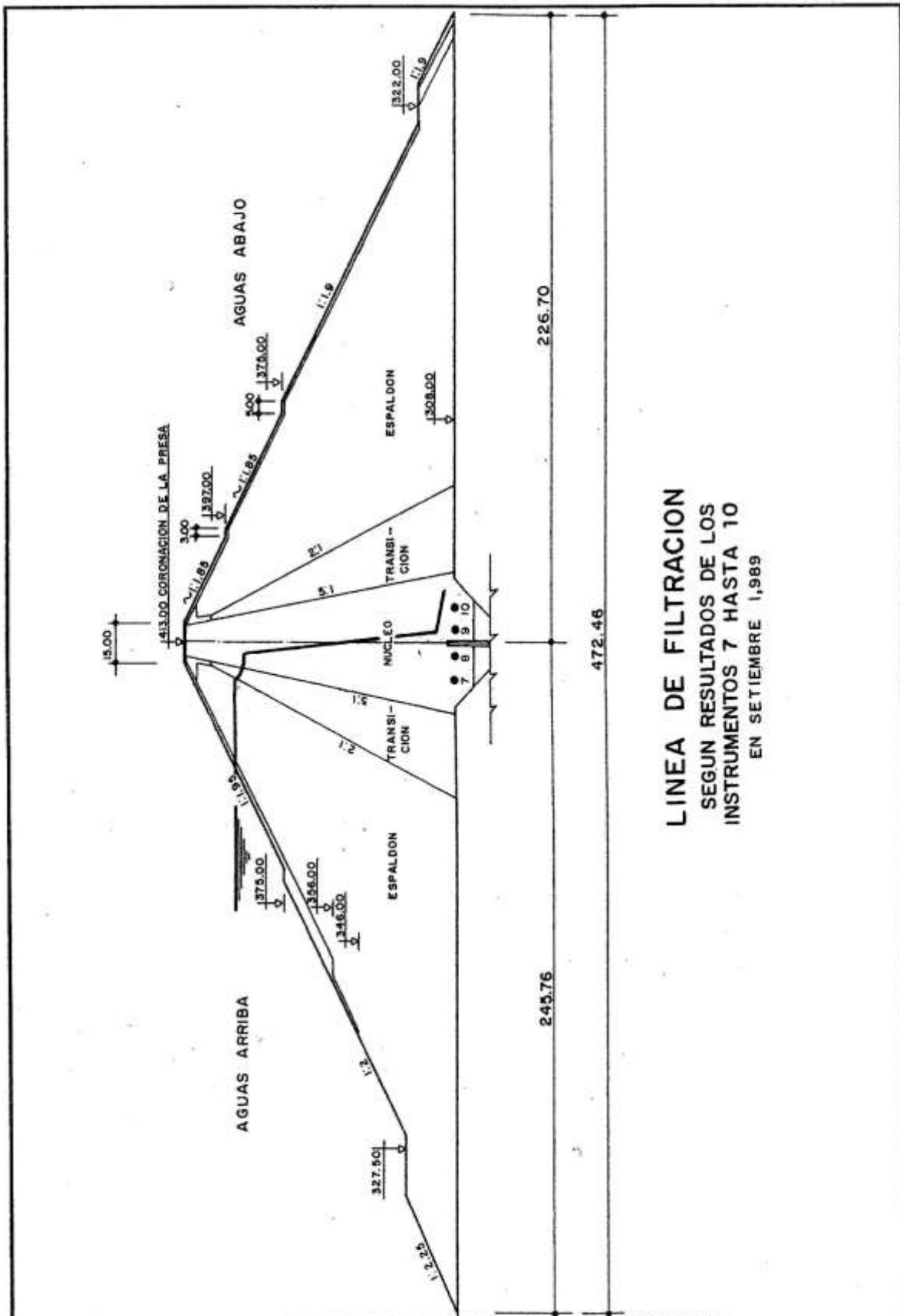


|         |          |   |  |            |
|---------|----------|---|--|------------|
| FUENTE: |          | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>                            |  | GRAFICO N° |
| PEJEZA  | TESIS:   | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016   |  | <b>04</b>  |
|         | GRAFICO: | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS EN BASE DE PRESA G.C. |  |            |



|         |          |   |  |            |
|---------|----------|---|--|------------|
| FUENTE: |          | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO                                   |  | GRAFICO N° |
| PEJEZA  | TESIS:   | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016   |  | 05         |
|         | GRAFICO: | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS EN BASE DE PRESA G.C. |  |            |

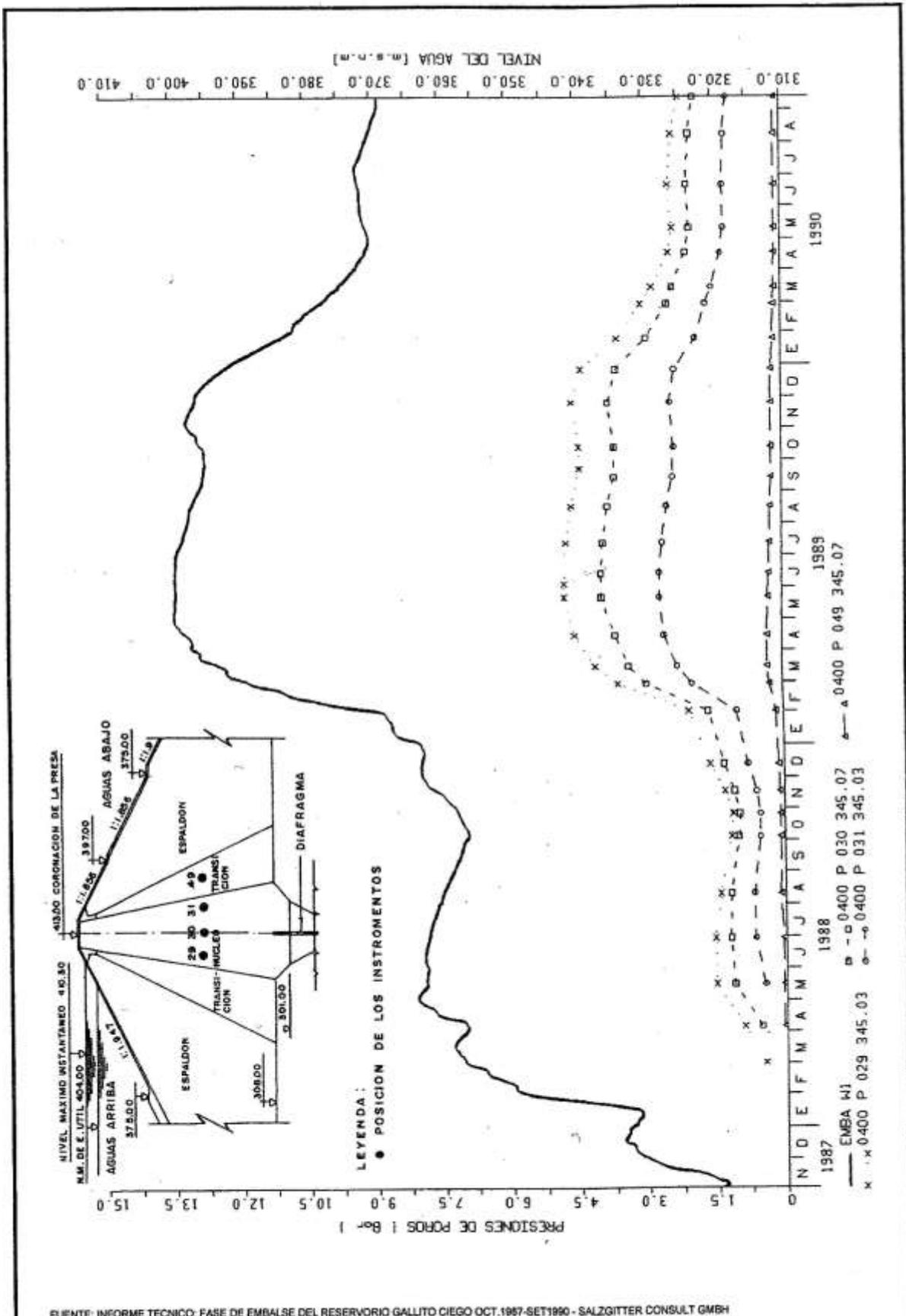




**LÍNEA DE FILTRACION**  
**SEGUN RESULTADOS DE LOS**  
**INSTRUMENTOS 7 HASTA 10**  
**EN SETIEMBRE 1,989**

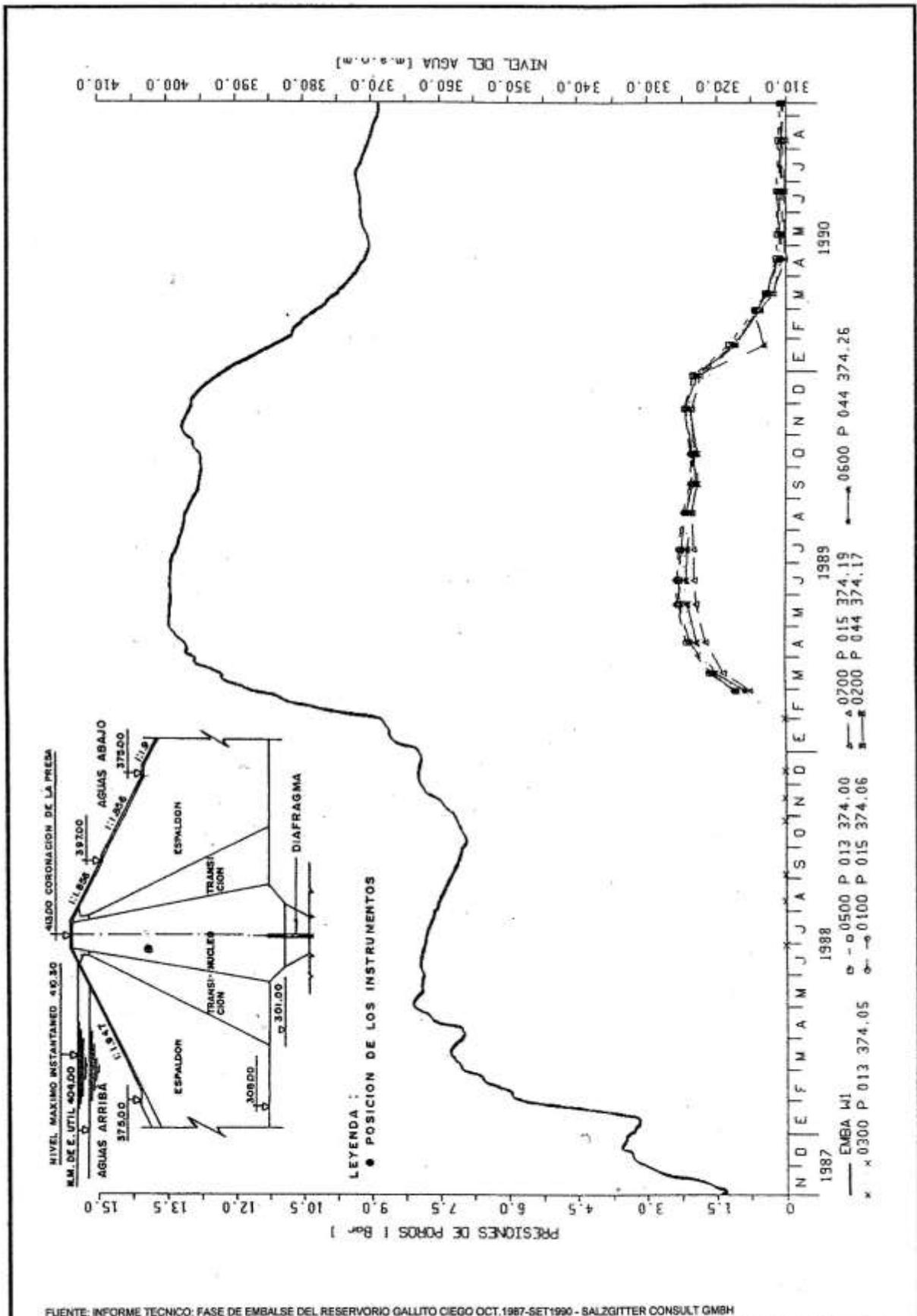
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVORIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1989 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|         |                           |   |            |
|---------|---------------------------|---|------------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | GRAFICO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 07         |
|         | GRAFICO:                  | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS-LINEA DE FILTRACION |            |



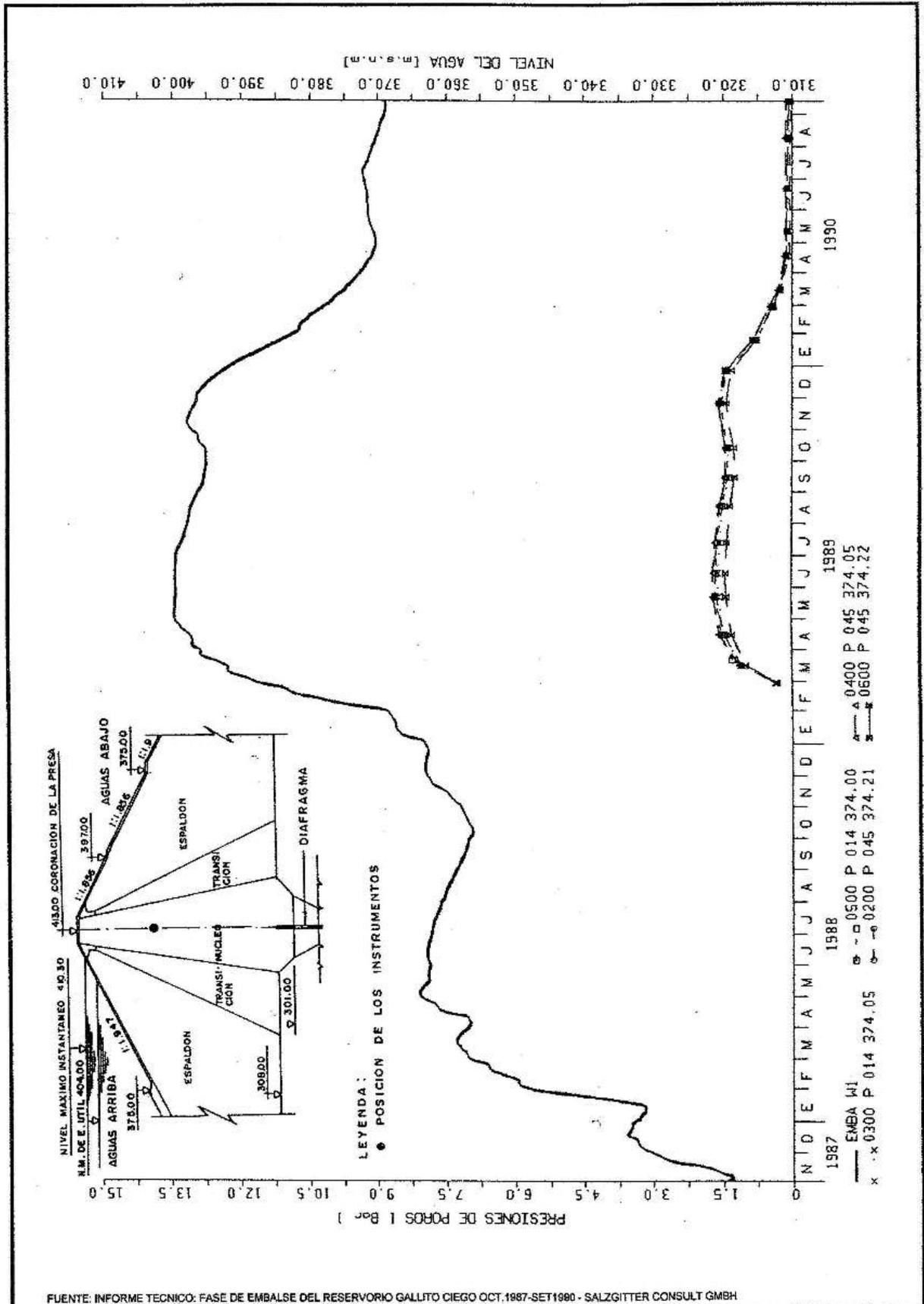
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|         |                           |  |                         |
|---------|---------------------------|--|-------------------------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |  | GRAFICO N°<br><b>08</b> |
|         | PEJEZA                    | TESIS: AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|         | GRAFICO:                  | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS-NIVEL 345.00 msnm          |                         |

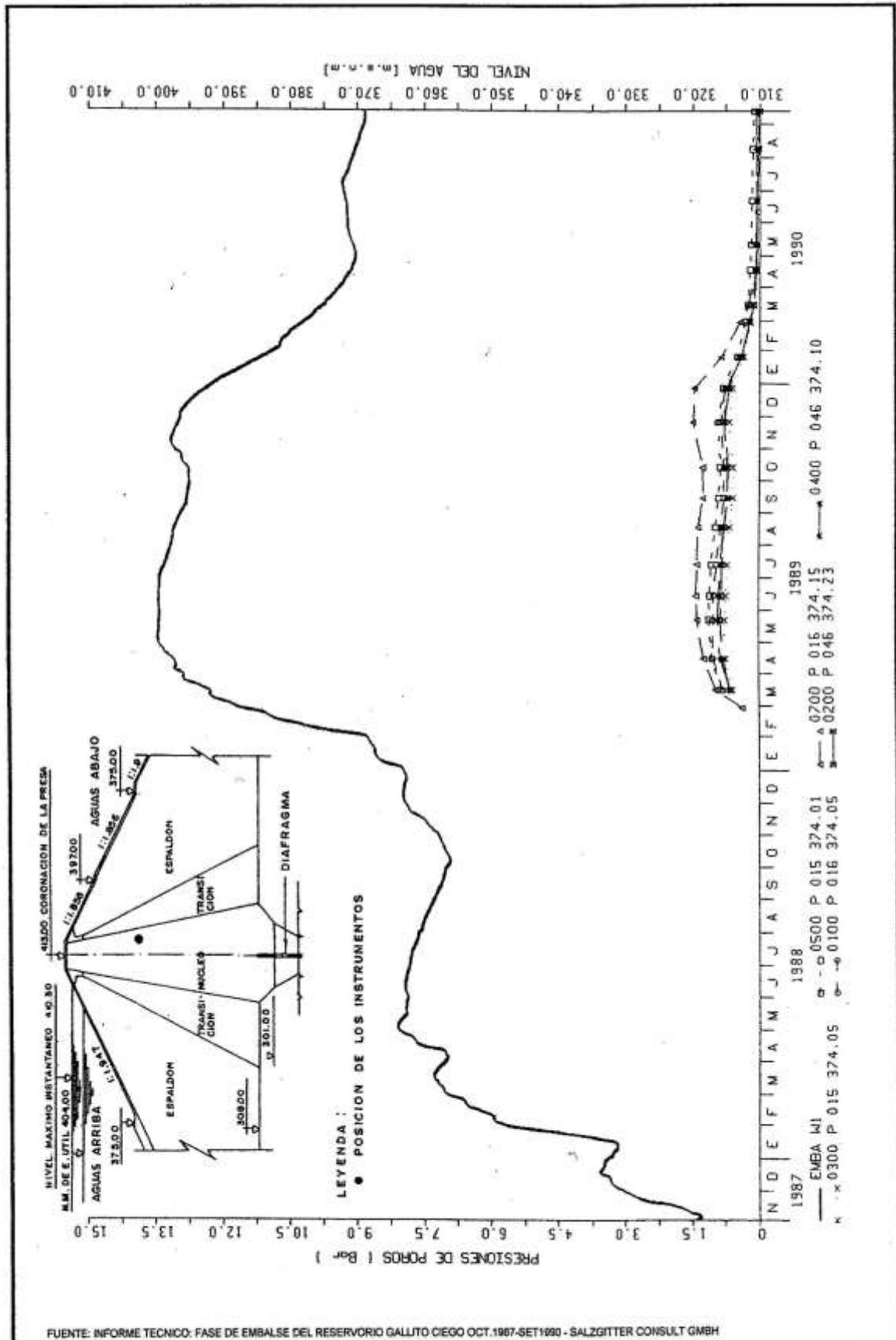


FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|               |                                  |   |                         |
|---------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:       | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>09</b> |
| <b>PEJEZA</b> | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|               | GRAFICO:                         | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS-NIVEL 374.00 msnm   |                         |

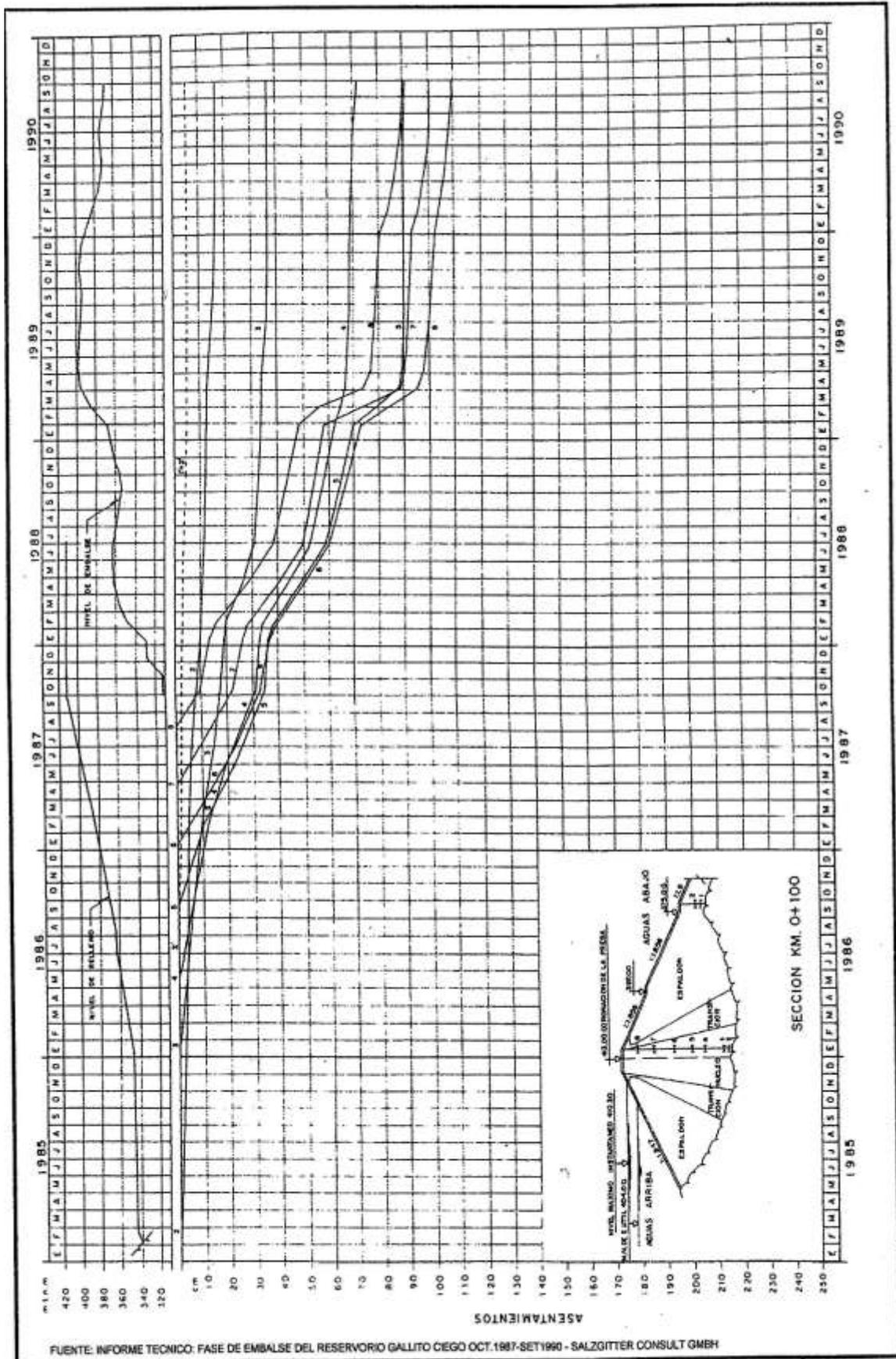


|               |                                  |   |             |
|---------------|----------------------------------|---|-------------|
| FUENTE:       | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°: |
| <b>PEJEZA</b> | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | <b>10</b>   |
|               | GRAFICO:                         | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS-NIVEL 374.00 msnm   |             |



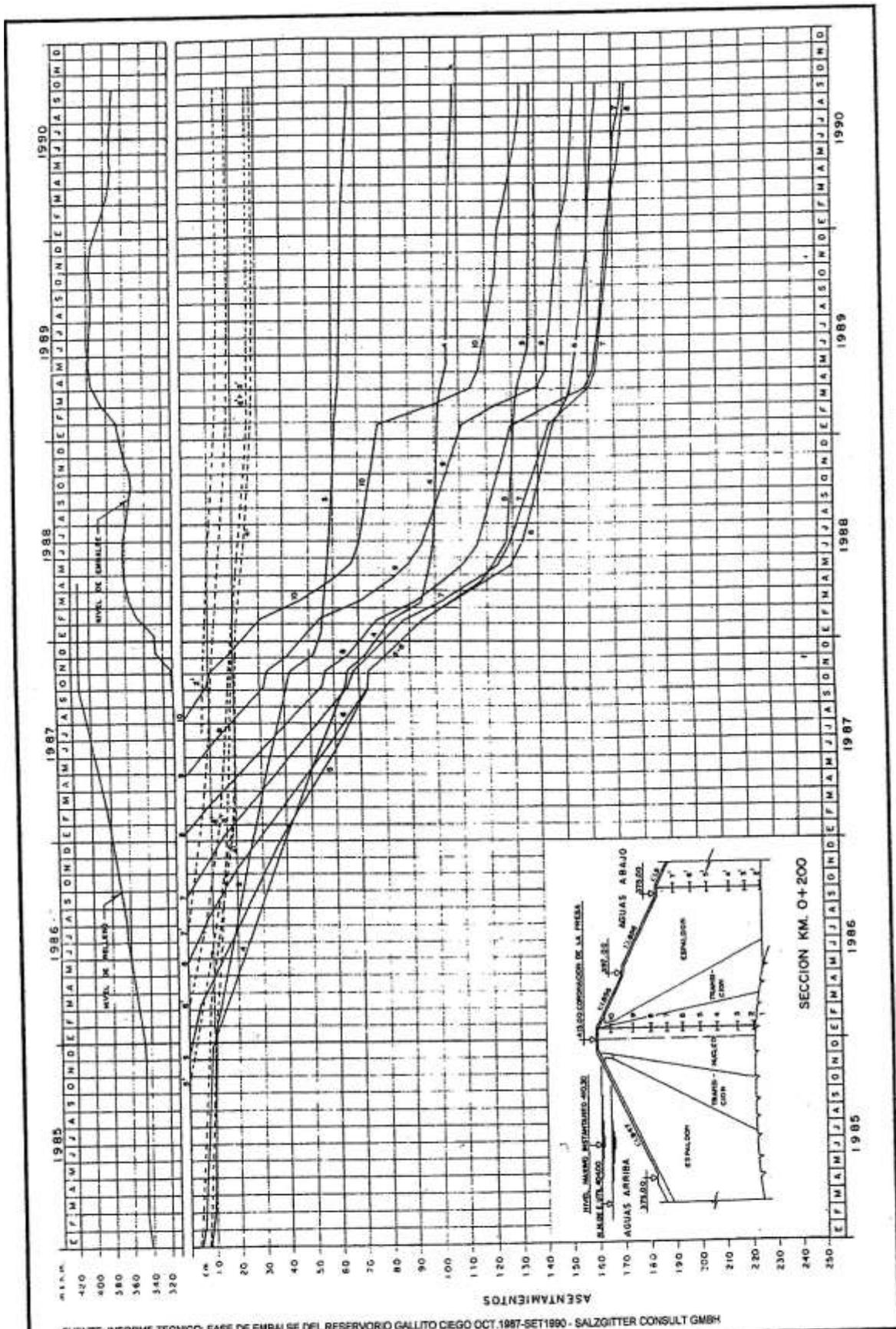
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |   |   |                         |
|--------------------------|---|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>                        |   | GRAFICO N°<br><b>11</b> |
|                          | TESIS:  | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
| GRAFICO:                 | COMPORTAMIENTO DE LA PRESION DE POROS-NIVEL 374.00 msnm |   |                         |



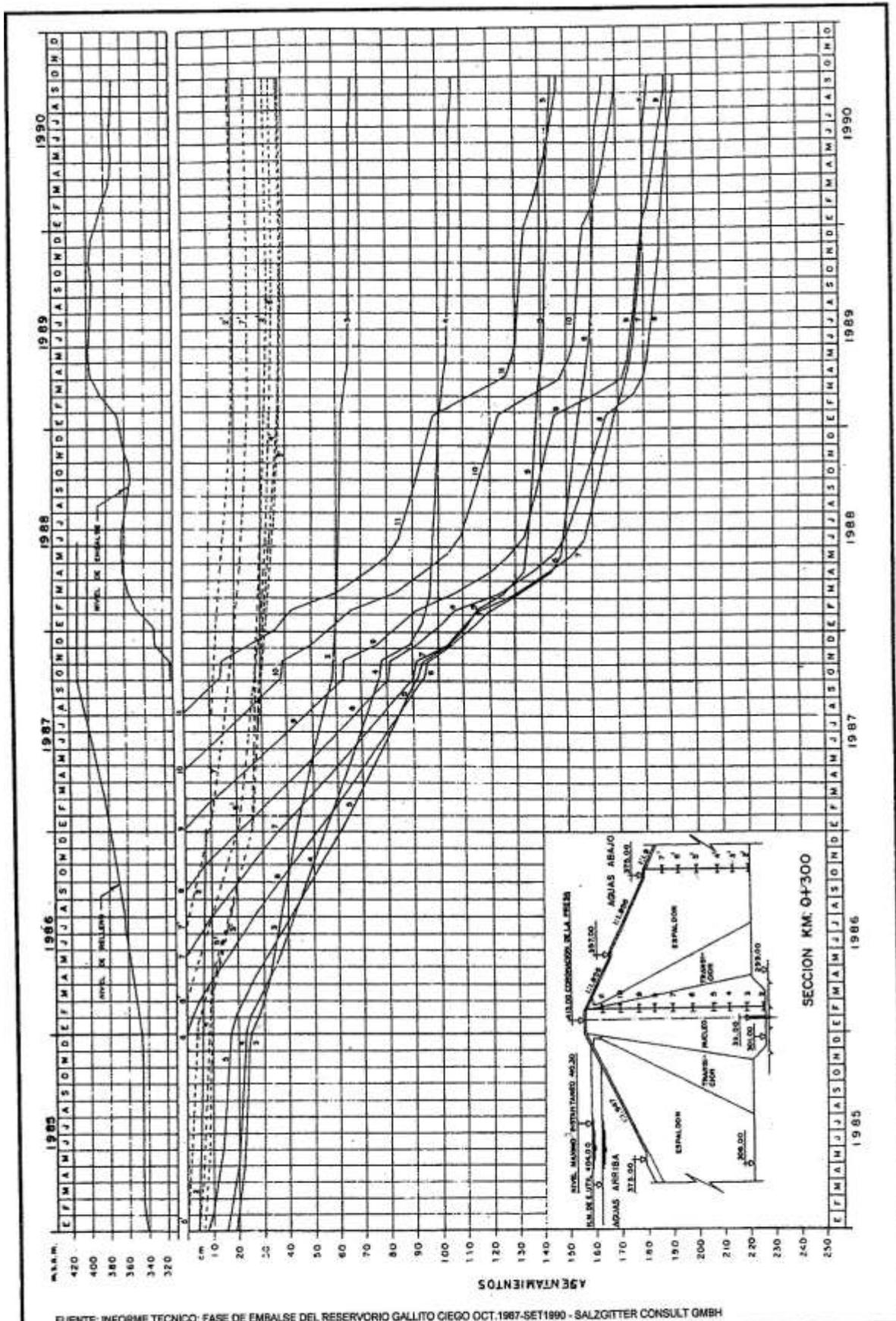
FUENTE: INFORME TÉCNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>12</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+100       |                         |



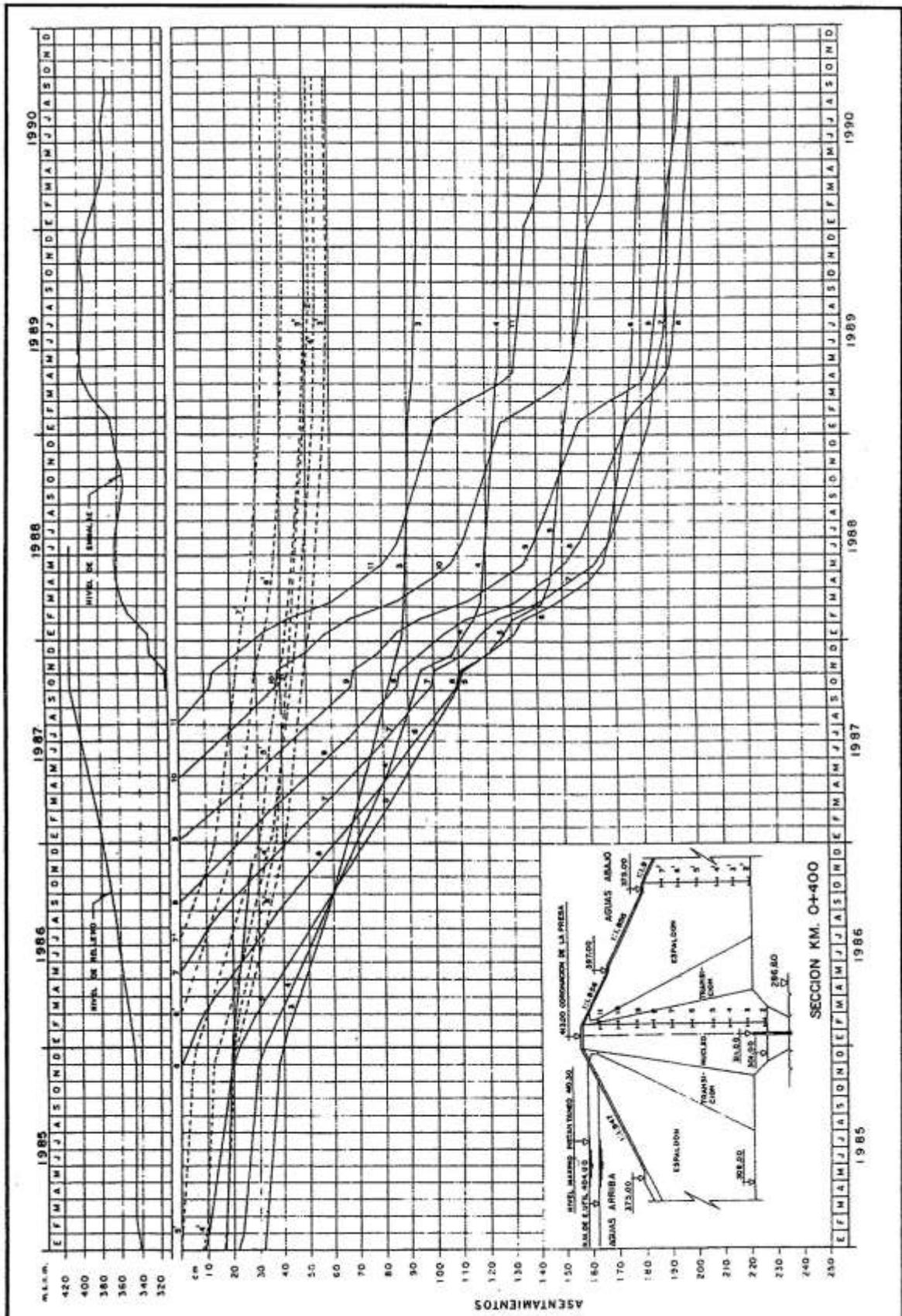
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>13</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+200       |                         |



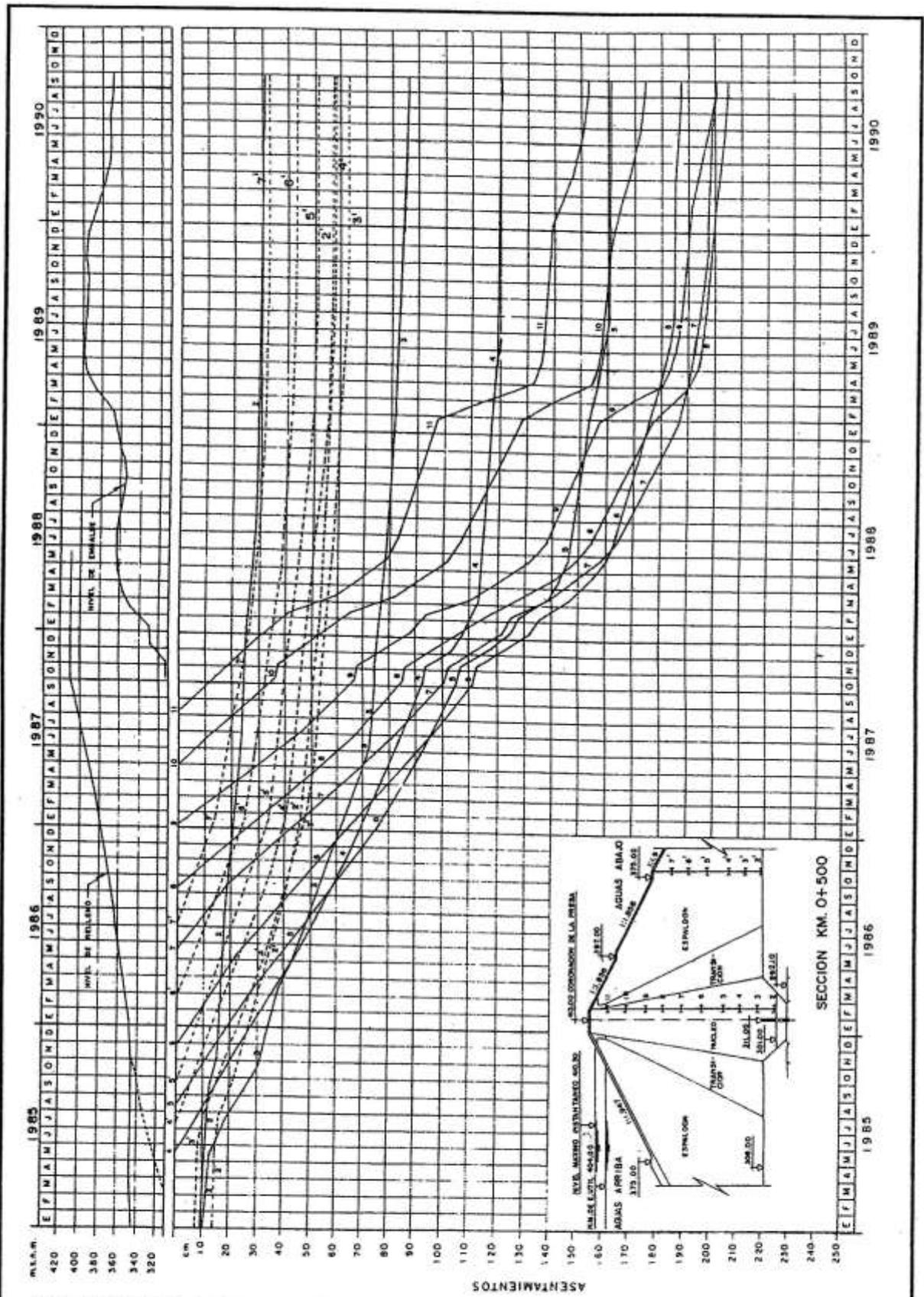
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|         |                           |   |            |
|---------|---------------------------|---|------------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | GRAFICO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 14         |
|         | GRAFICO:                  | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+300       |            |



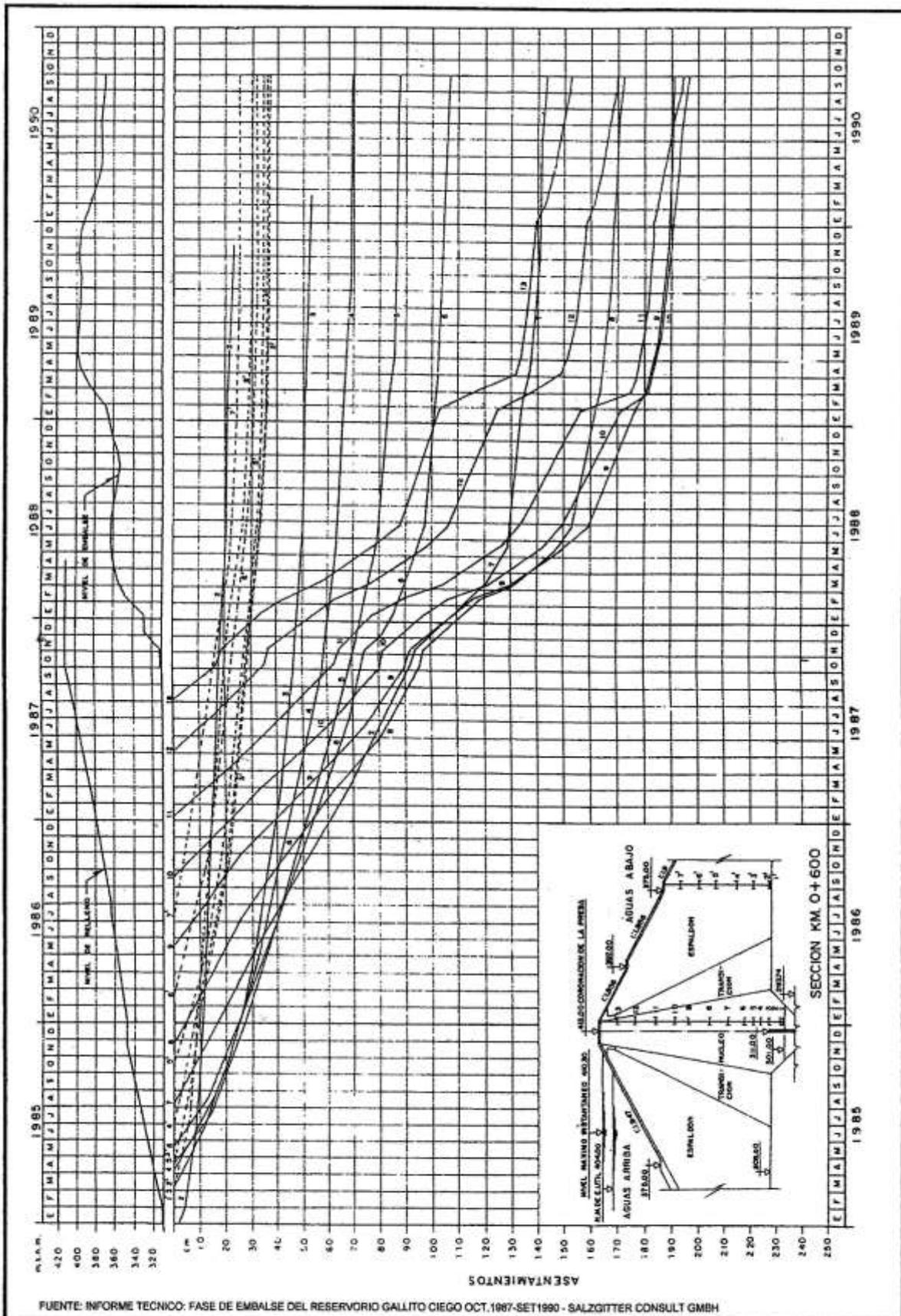
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|               |                                  |   |            |
|---------------|----------------------------------|---|------------|
| FUENTE:       | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N° |
| <b>PEJEZA</b> | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | <b>15</b>  |
|               | GRAFICO:                         | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+400       |            |



FUENTE: INFORME TÉCNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT QMBH

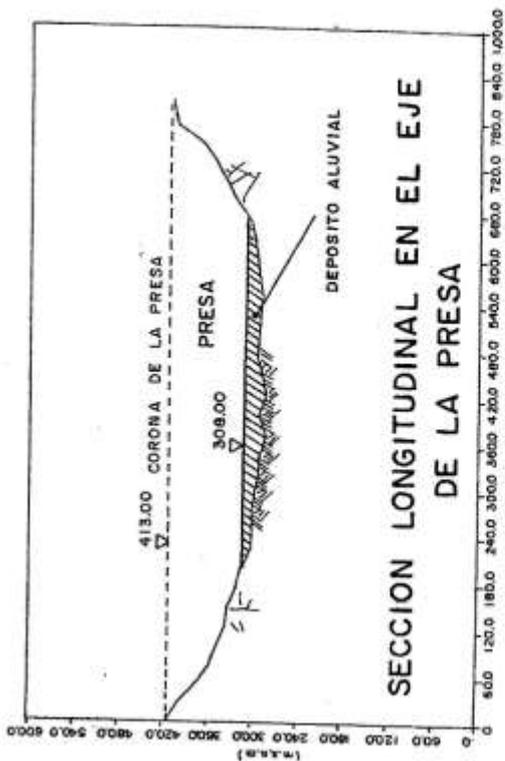
|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>16</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+500       |                         |



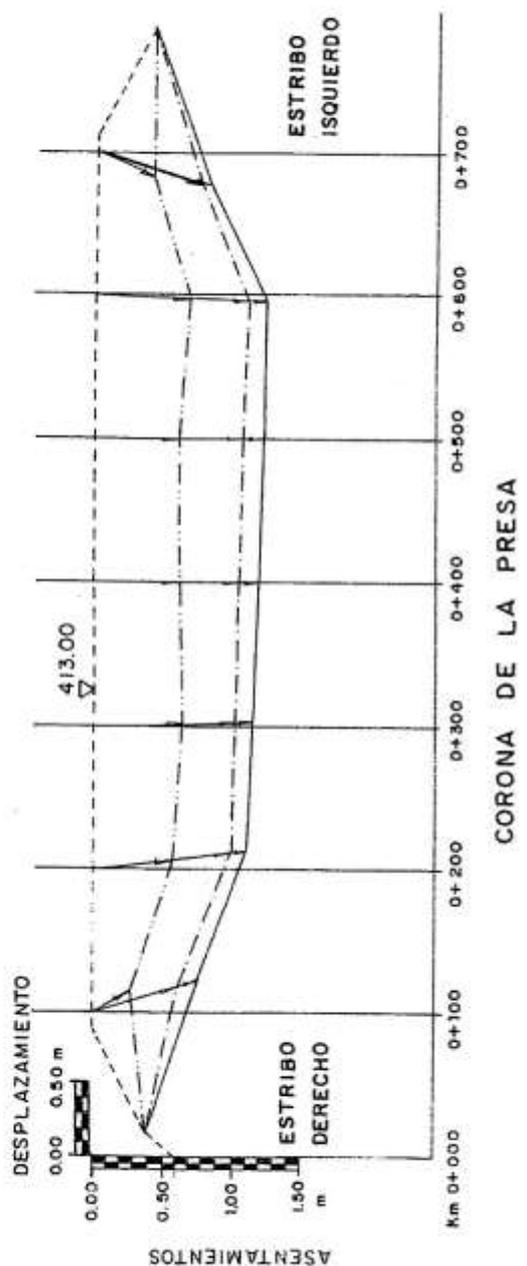
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>17</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO SECCION: 0+600       |                         |



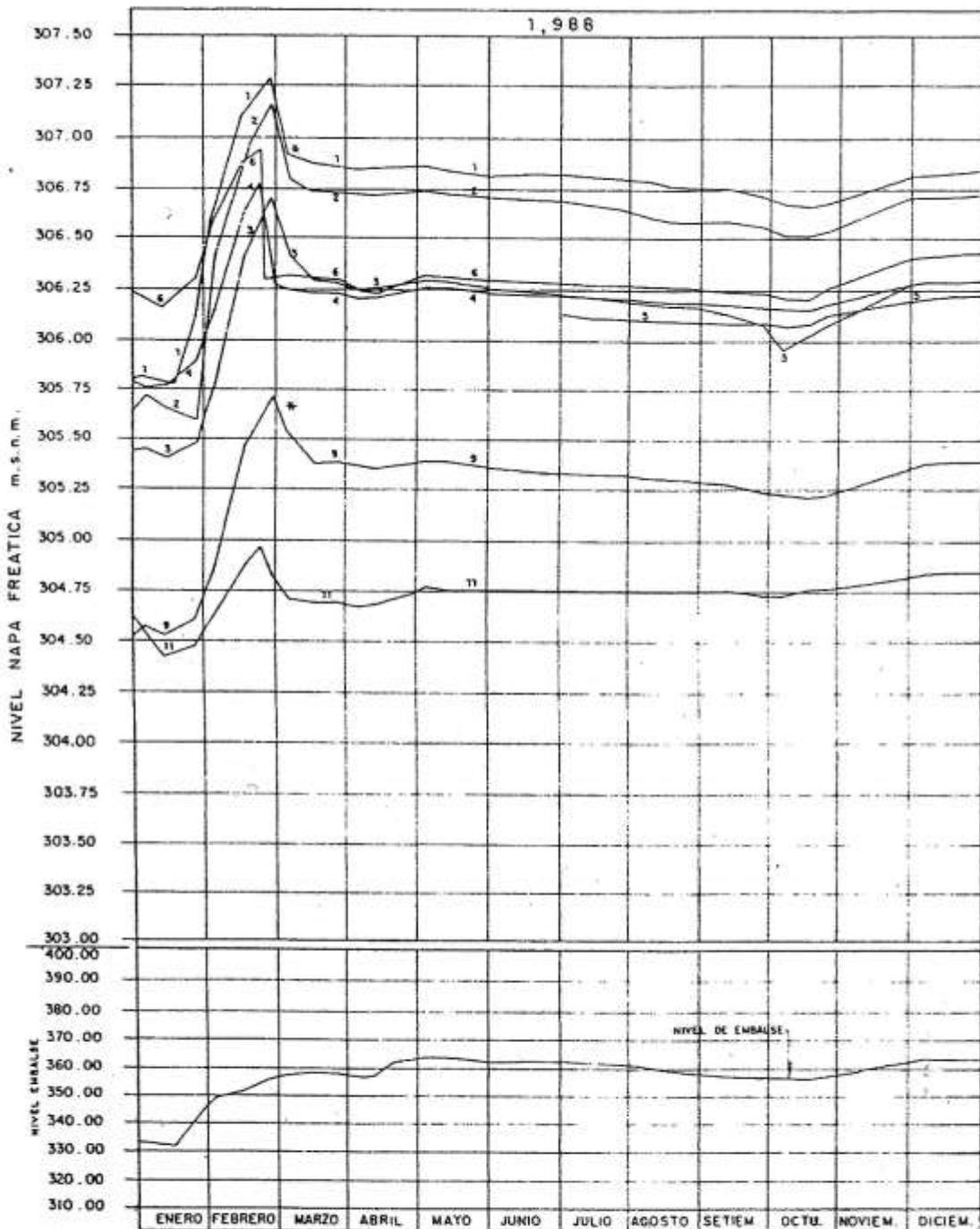


- CORONA DIC. 1987
- - - CORONA SET. 1988
- CORONA SET. 1989
- CORONA SET. 1990
- DESPLAZAMIENTO



FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-5ET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                                 |                                  |  |                                |
|---------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------|
| <b>FUENTE:</b><br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |  | <b>GRAFICO N°</b><br><b>19</b> |
|                                 | <b>TESIS:</b>                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016      |                                |
|                                 | <b>GRAFICO:</b>                  | ASENTAMIENTOS EN CORONA DE PRESA PRESA GALLITO CIEGO 1985-1990 |                                |

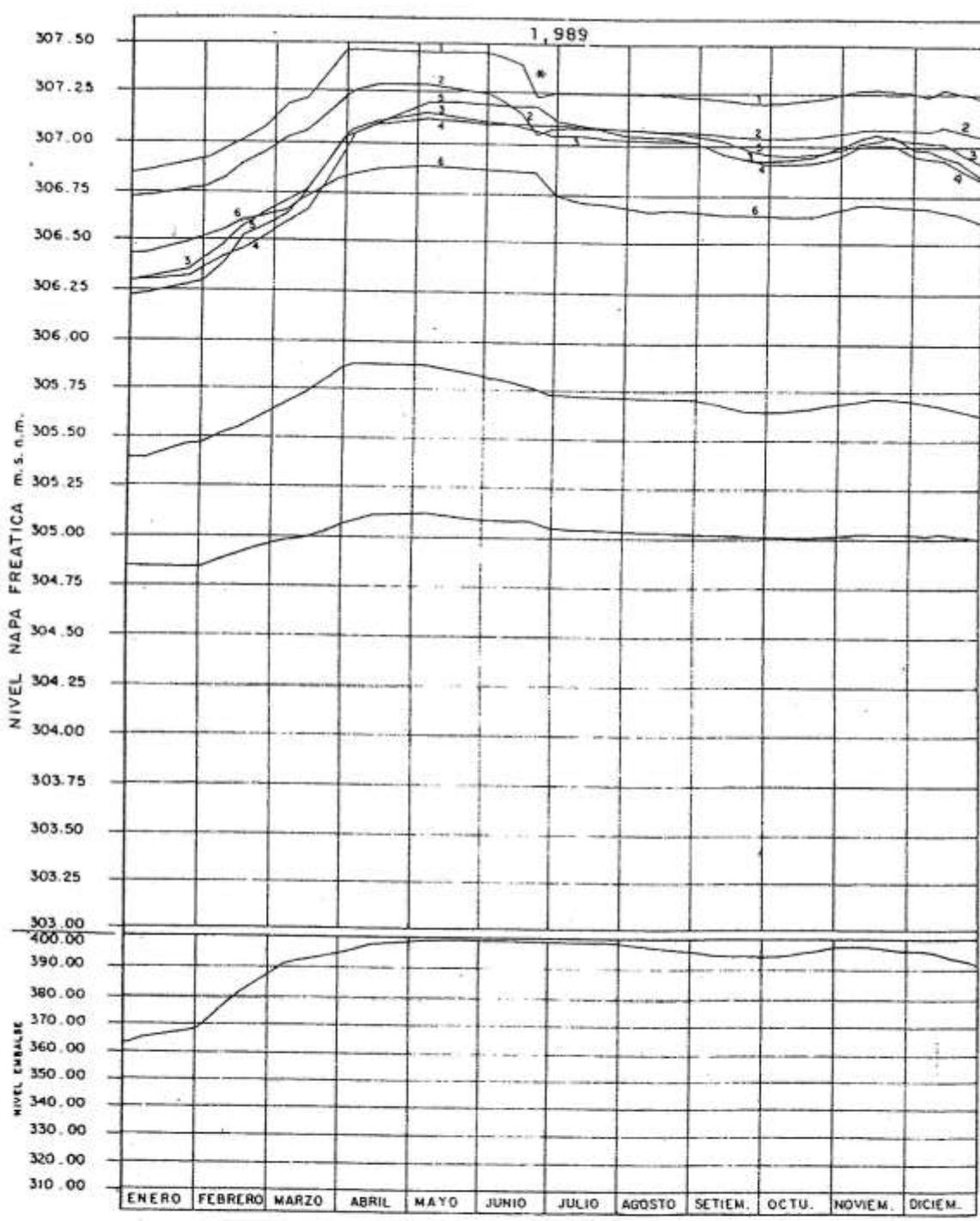


OBSERVACIONES :

\* DEPRESION POR EXCAVACION DE DRENAJE

FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVORIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

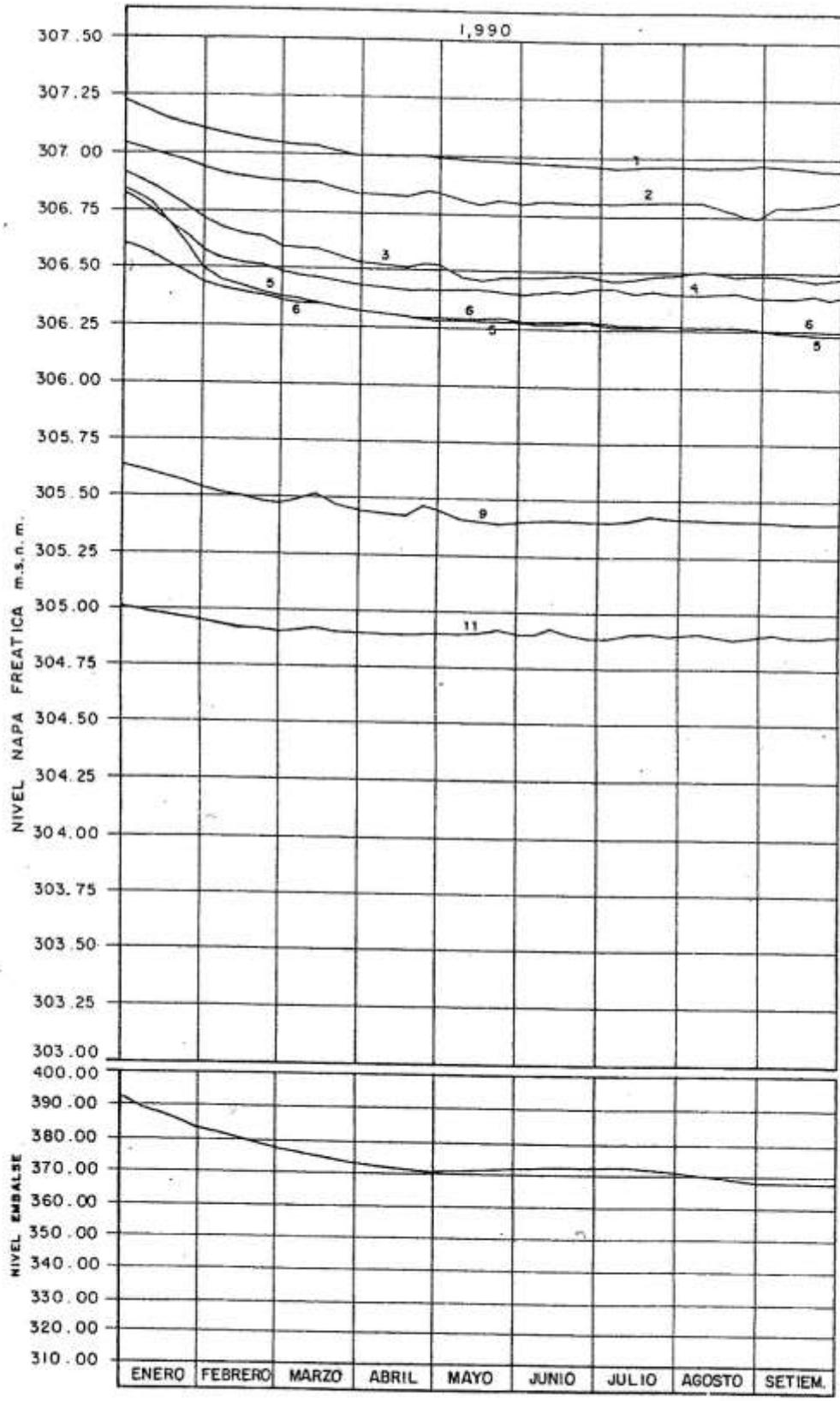
|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>20</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | PIEZOMETROS - FLUCTUACIONES DE NIVELES FREATICOS 1988     |                         |



OBSERVACIONES :  
 \* DEPRESION POR EXCAVACION DE DRENAJE

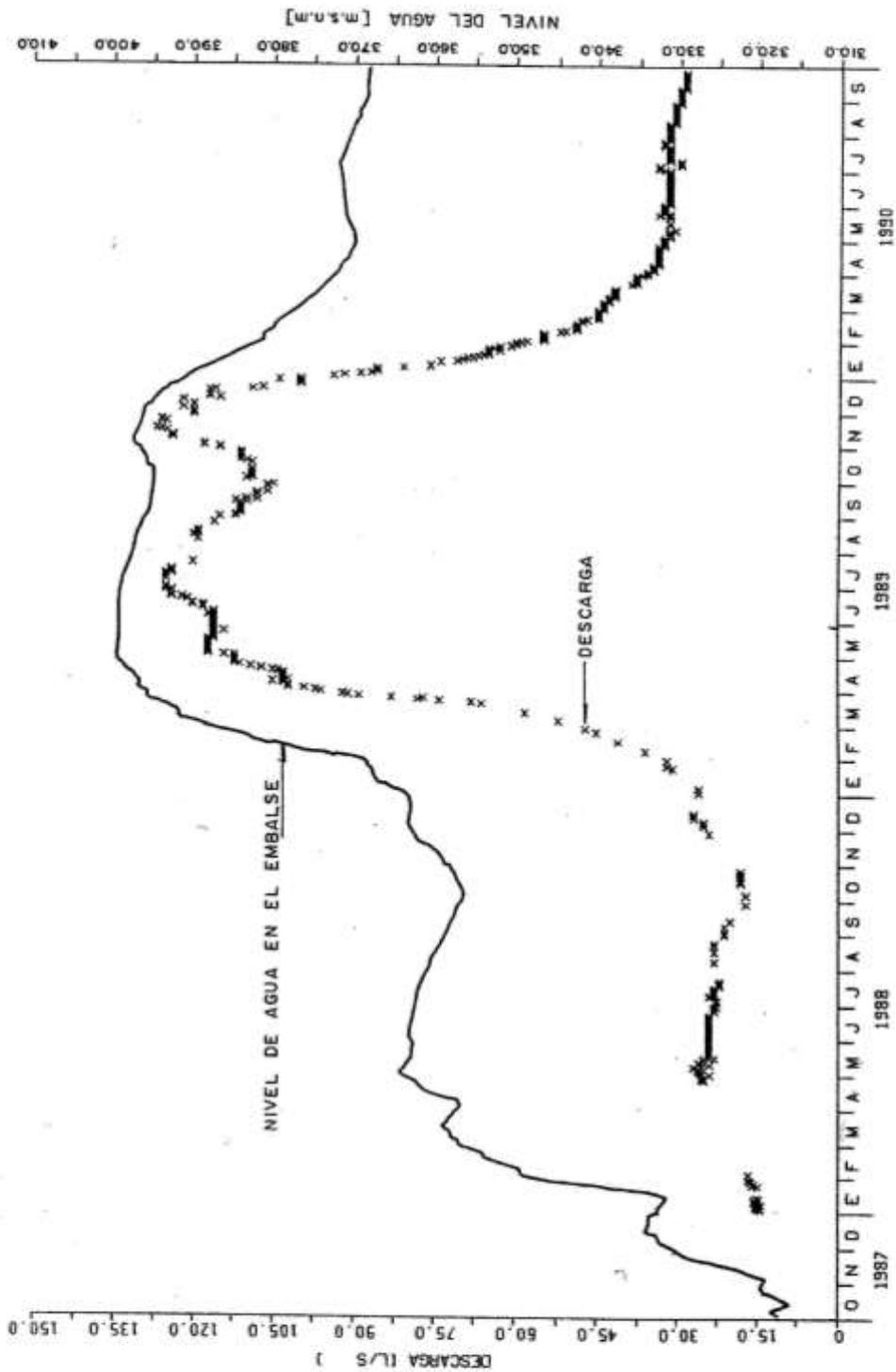
FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>21</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | PIEZOMETROS - FLUCTUACIONES DE NIVELES FREATICOS 1989     |                         |



FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVORIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>22</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | PIEZOMETROS - FLUCTUACIONES DE NIVELES FREATICOS 1990     |                         |



FUENTE: INFORME TECNICO: FASE DE EMBALSE DEL RESERVOIRIO GALLITO CIEGO OCT.1987-SET1990 - SALZGITTER CONSULT GMBH

|                          |                                  |   |                         |
|--------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | GRAFICO N°<br><b>23</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                         |
|                          | GRAFICO:                         | CAUDALES DE DRENAJE EN PIE DE PRESA GALLITO CIEGO         |                         |

GRAFICO N° 24  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0 + 100 - 345.00 msnm

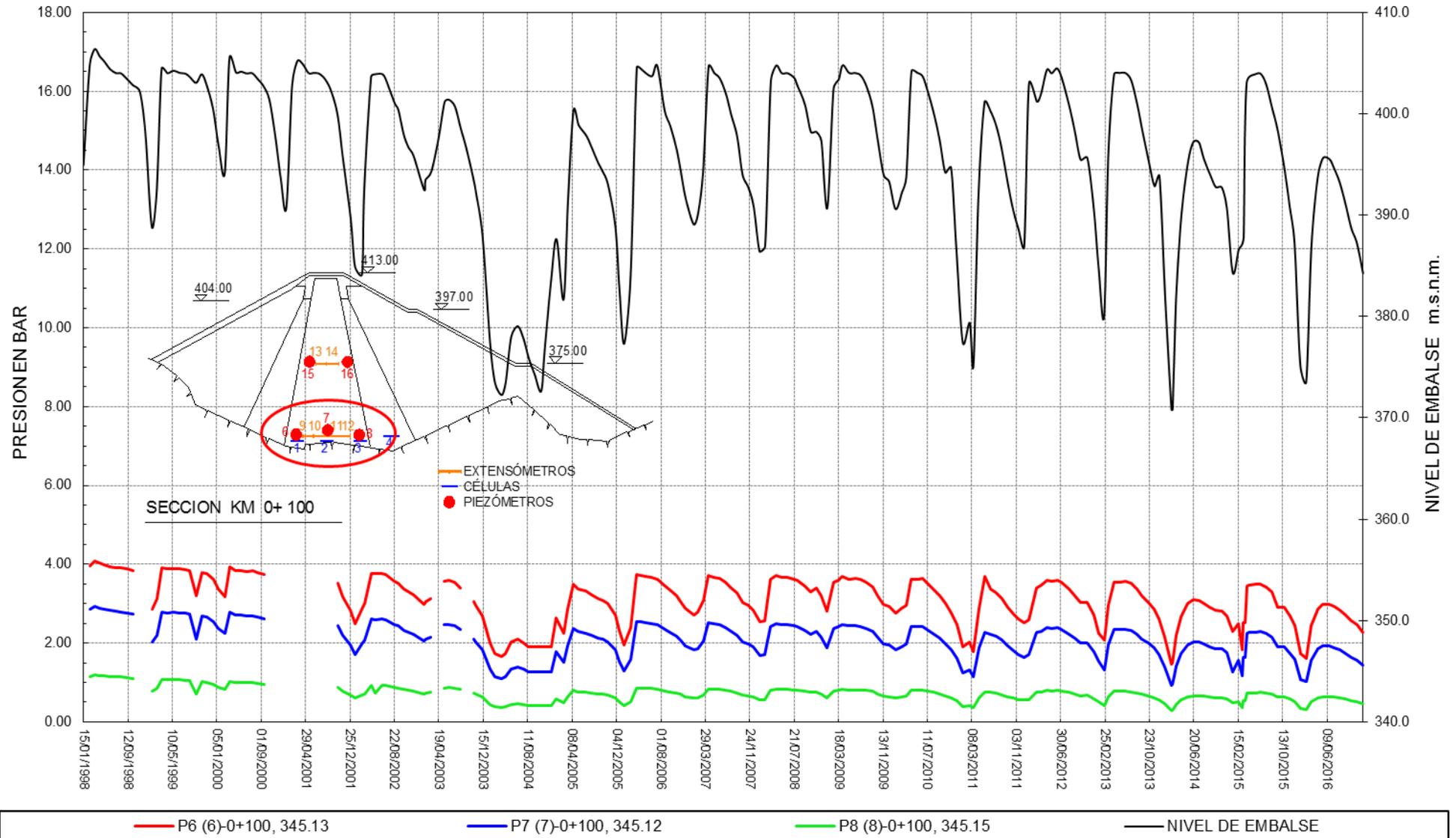


GRAFICO N° 25  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 KM 0+100 - 374.00 msnm

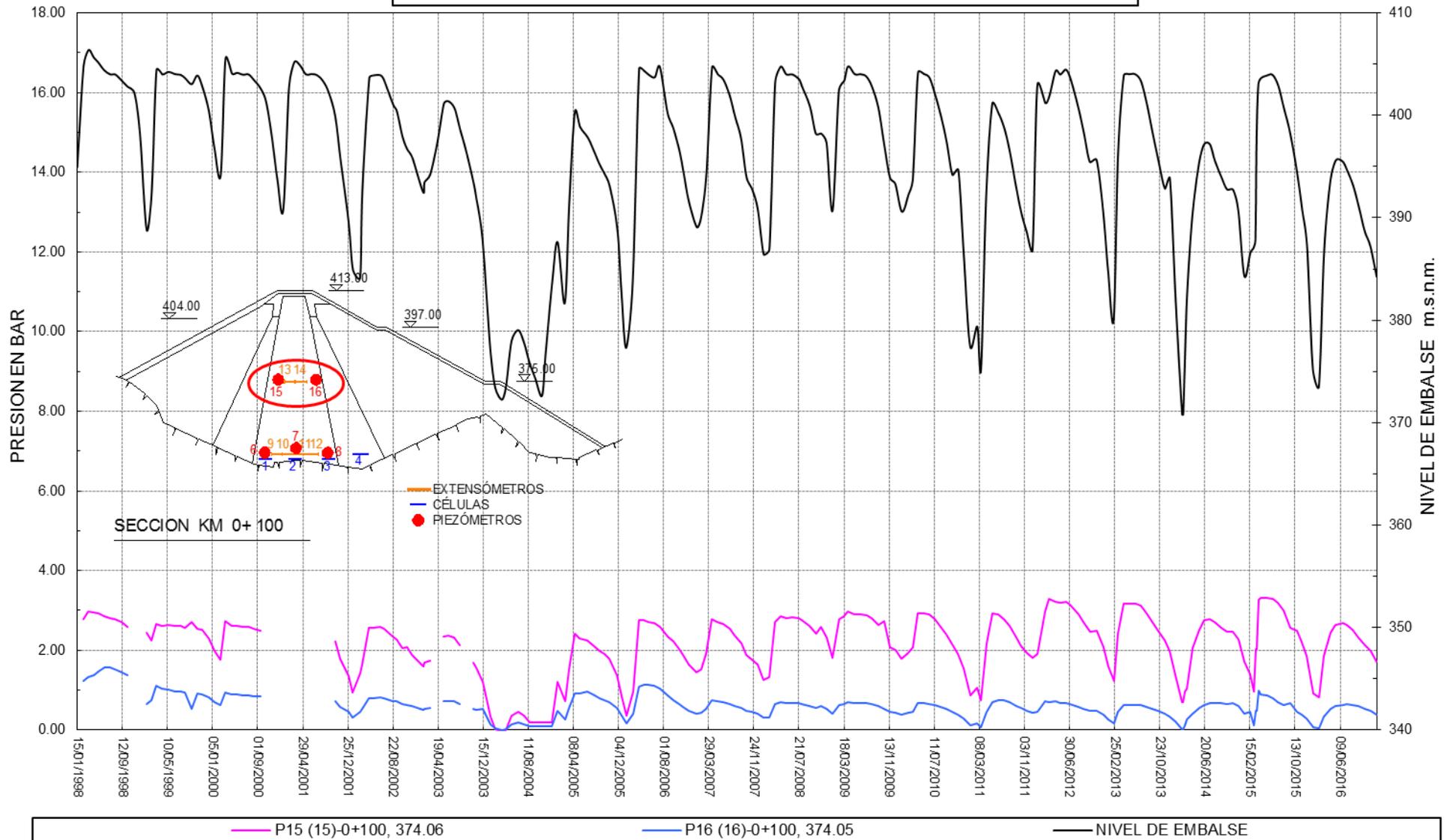
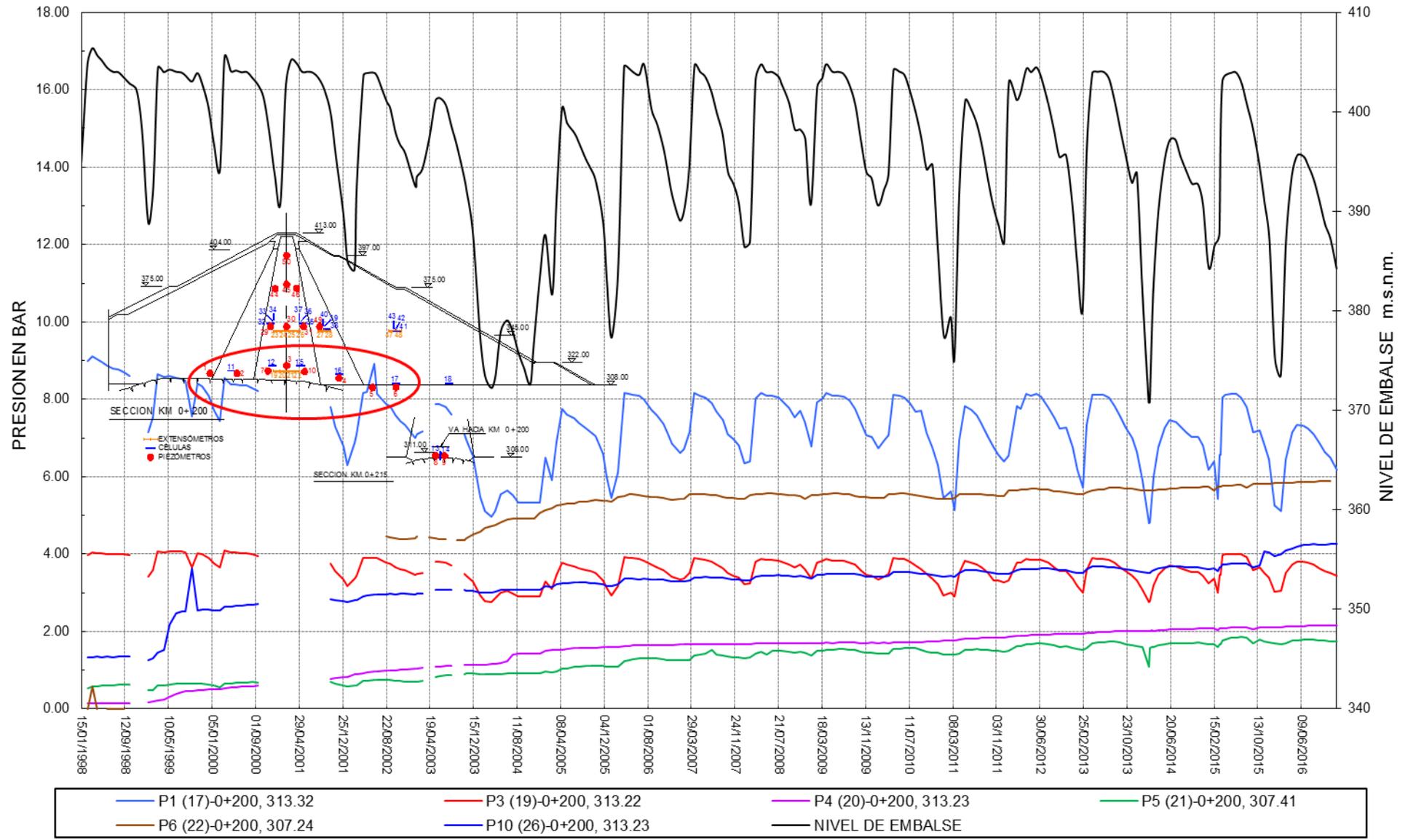


GRAFICO N° 26  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+200 - 313.00 msnm



**GRAFICO N° 27**  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
**Km 0+200 - 345.00 msnm**

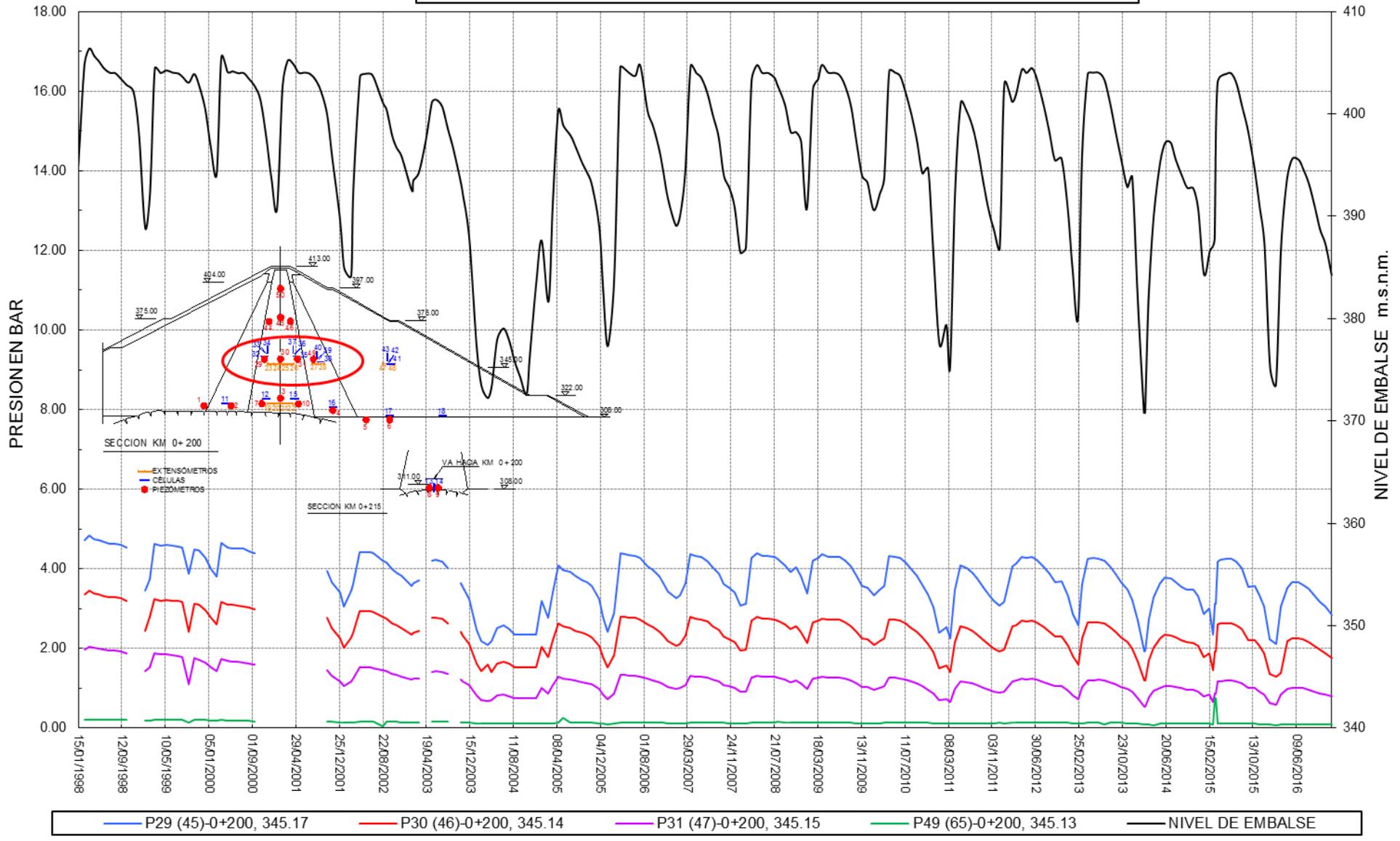


GRAFICO N° 28  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+200 - 375.00 msn

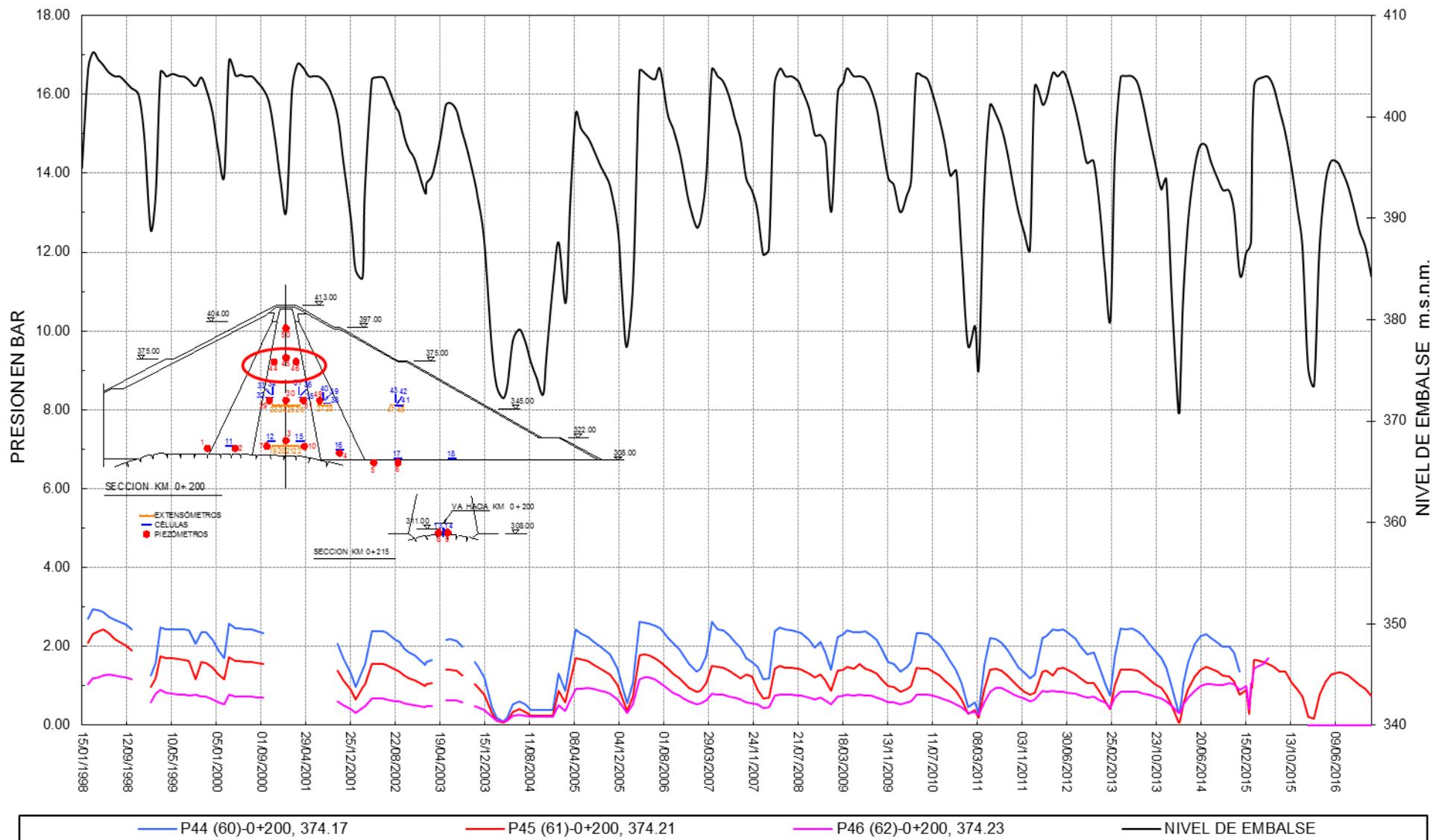
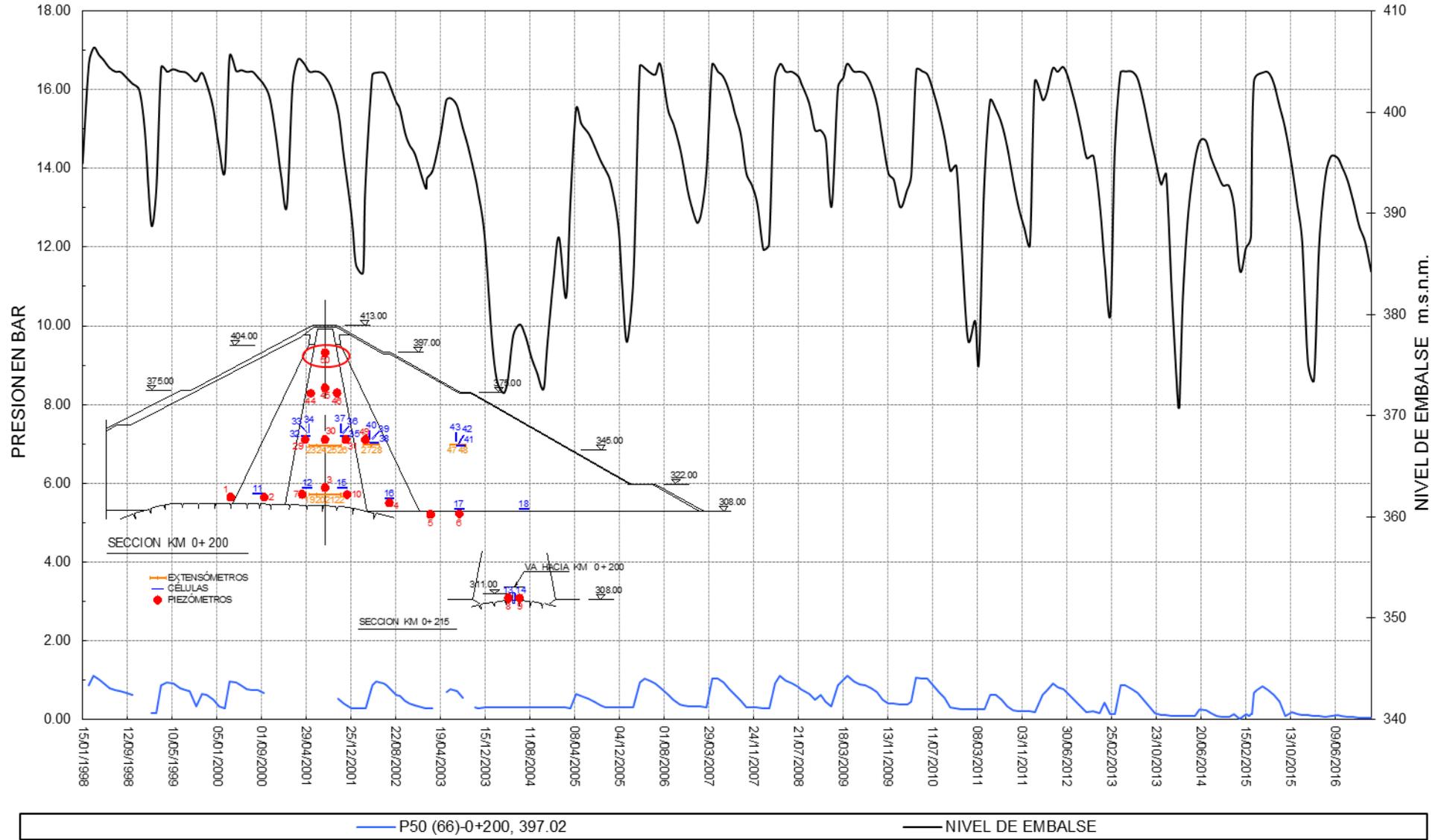


GRAFICO N° 29  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+200 - 397.00 msn



**GRAFICO N° 30**  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+215 - 309.00 msn

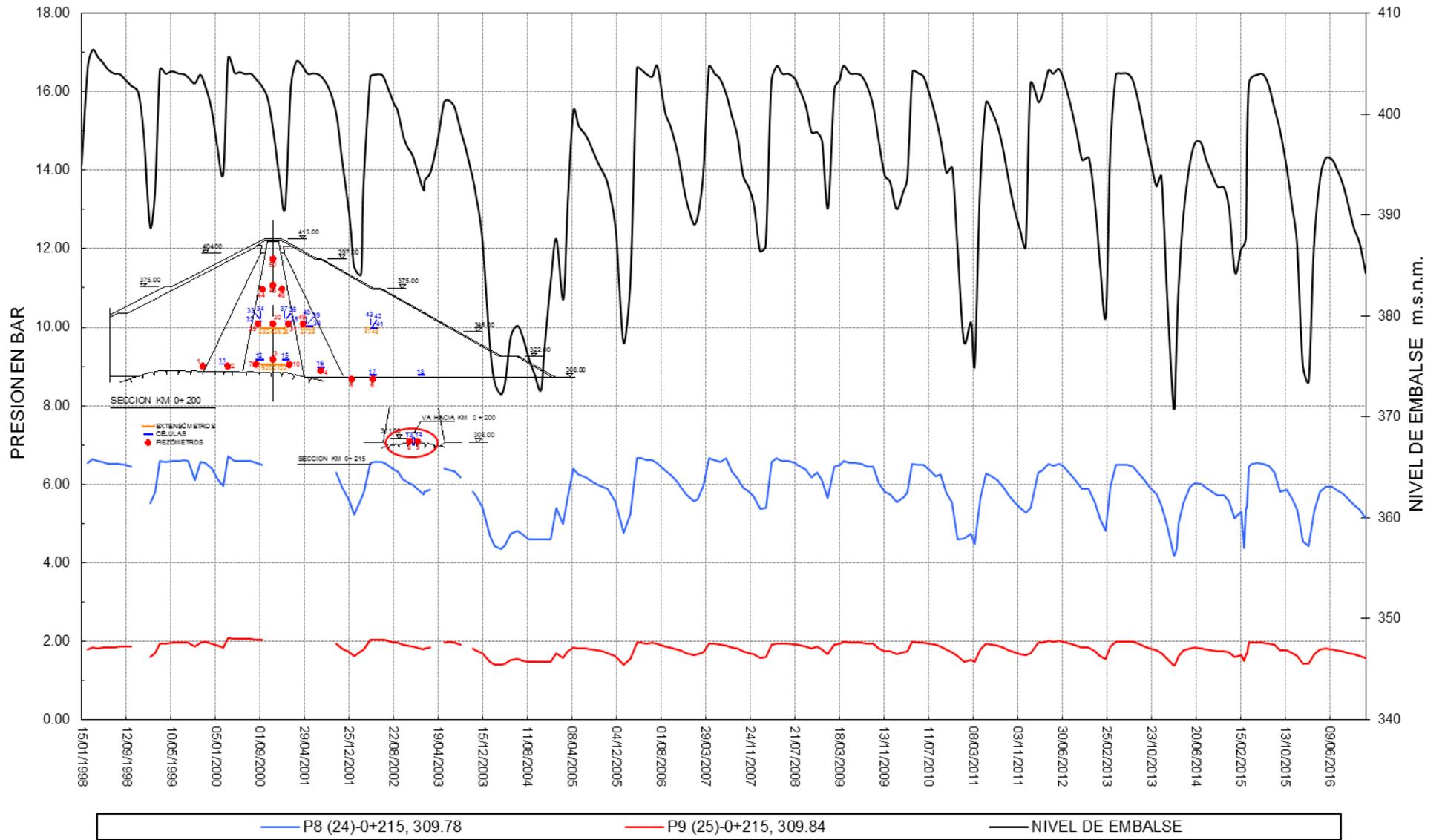


GRAFICO N° 31  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+300 - 300.00 y 307.00 msnm

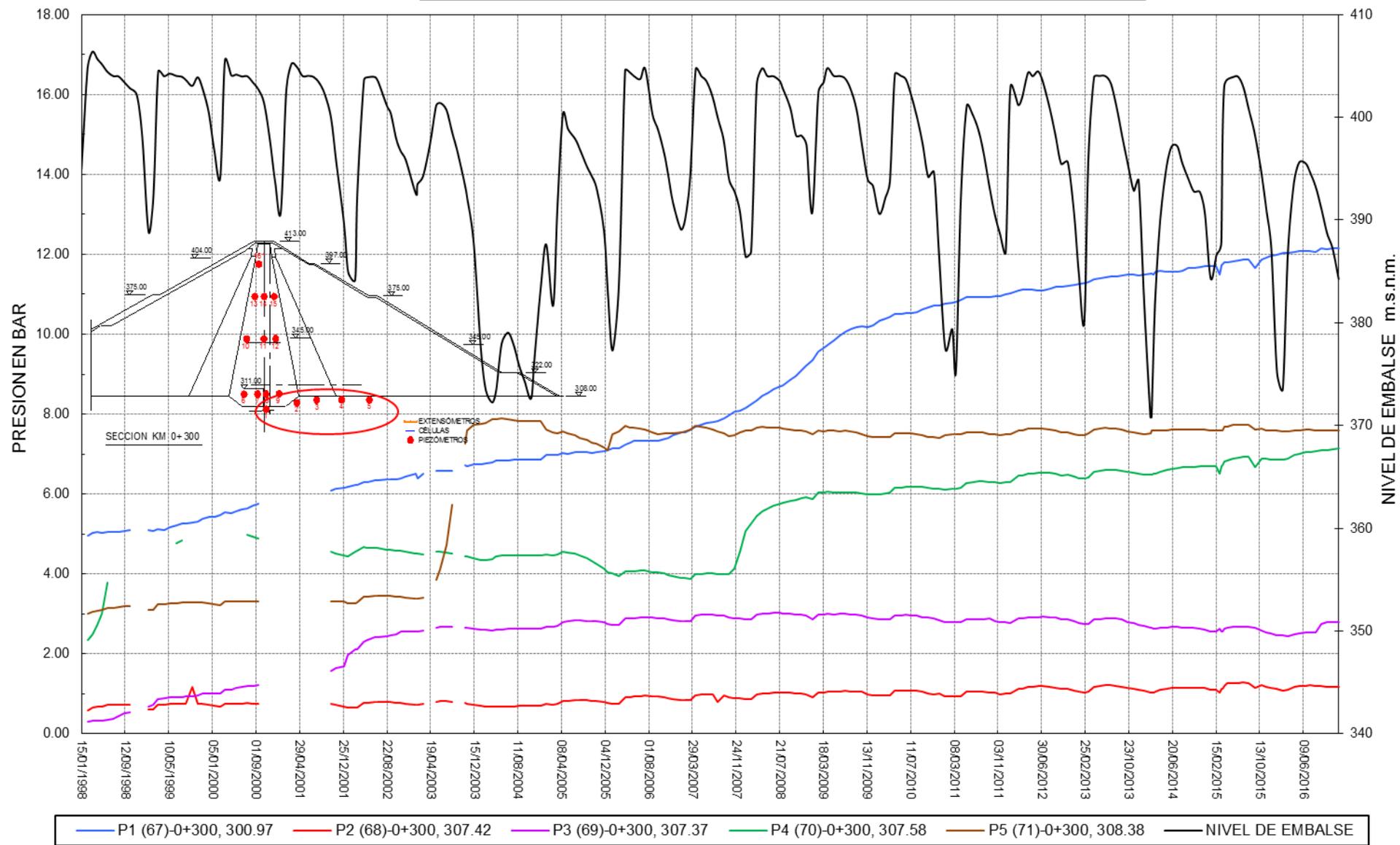


GRAFICO N° 32  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
Km 0+300 - 307.00 msnm

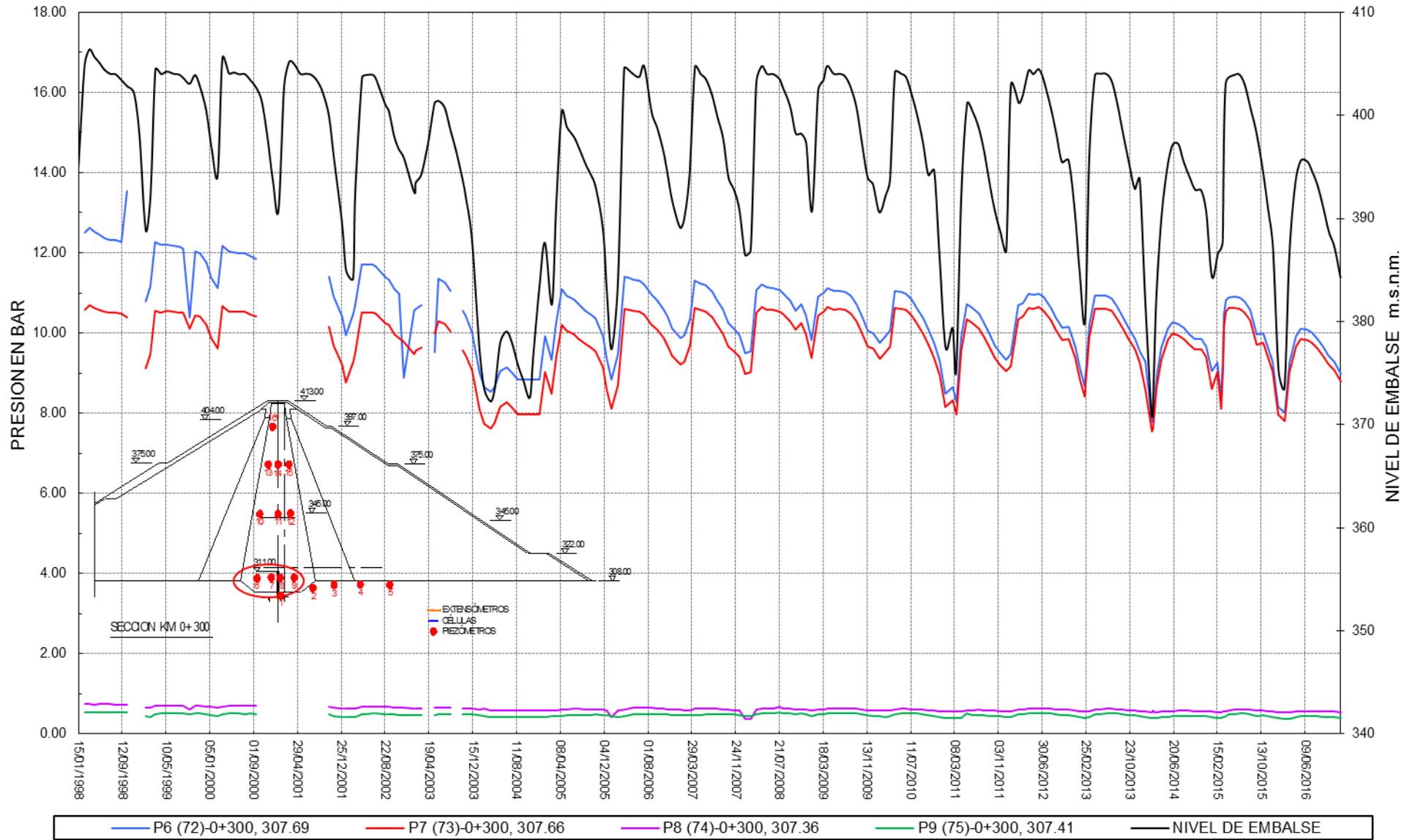


GRAFICO N° 33  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+300 - 345.00 msnm

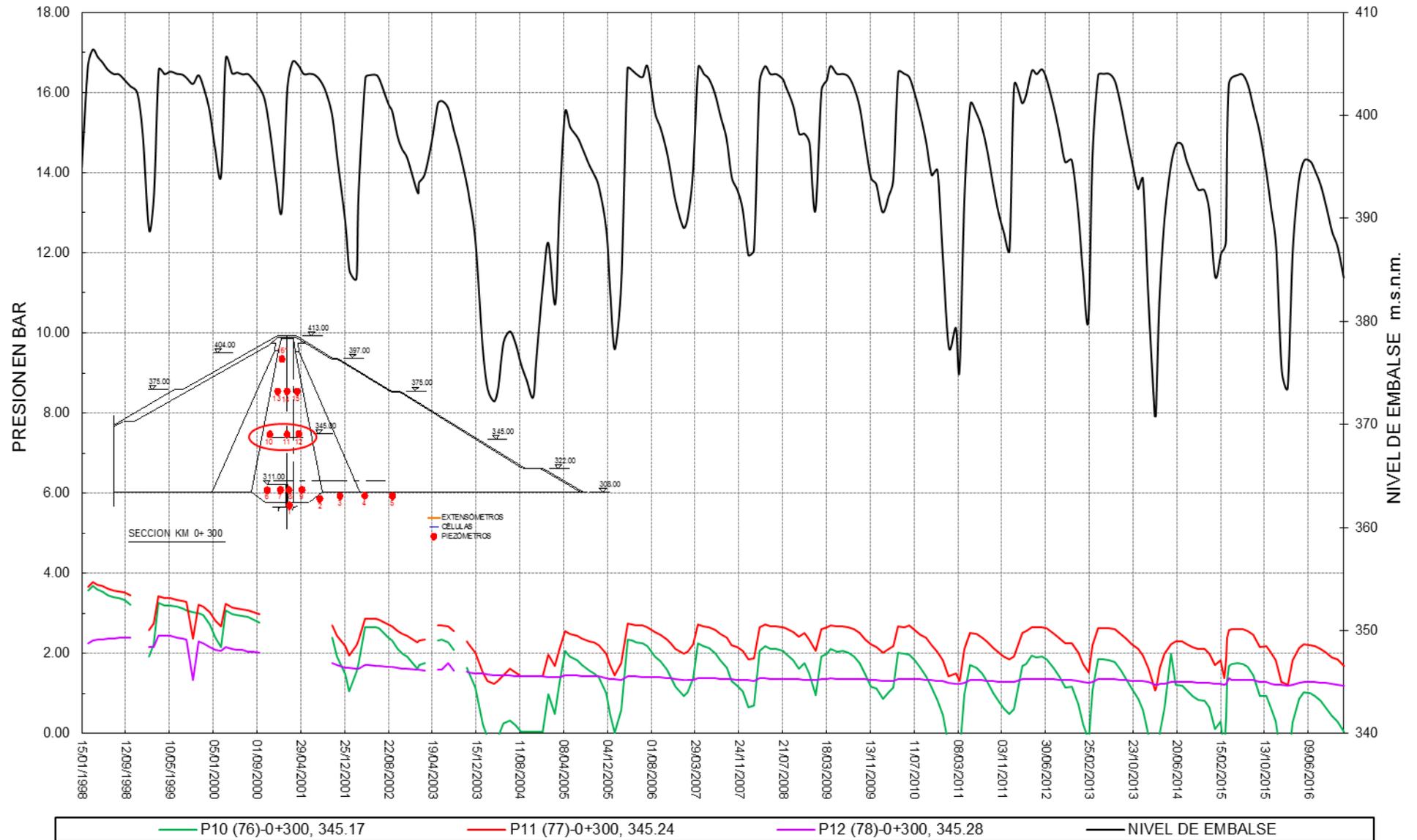


GRAFICO N° 34  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
Km 0+300 - 374.00 msnm

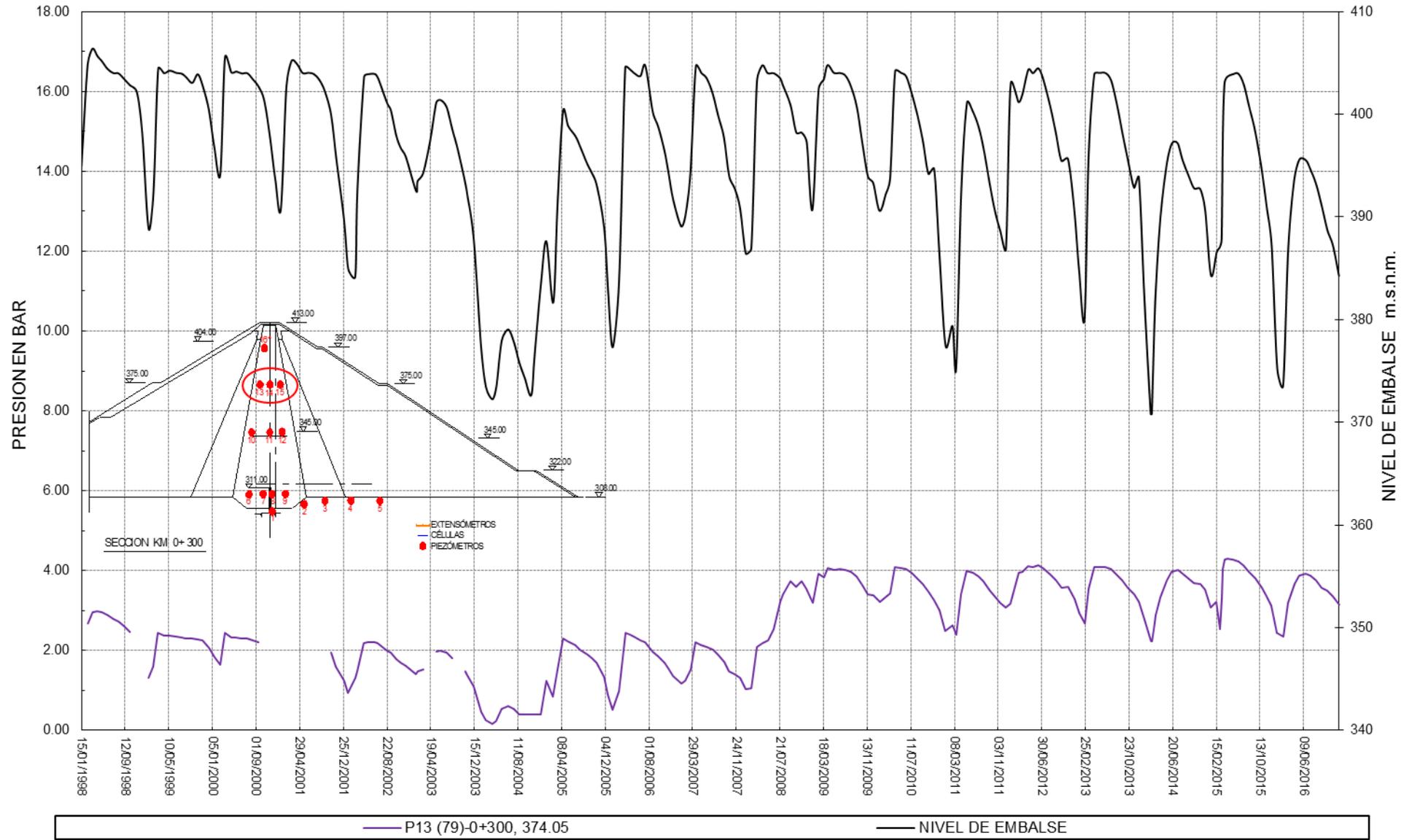


GRAFICO N° 35  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+400 - 307.00 msnm

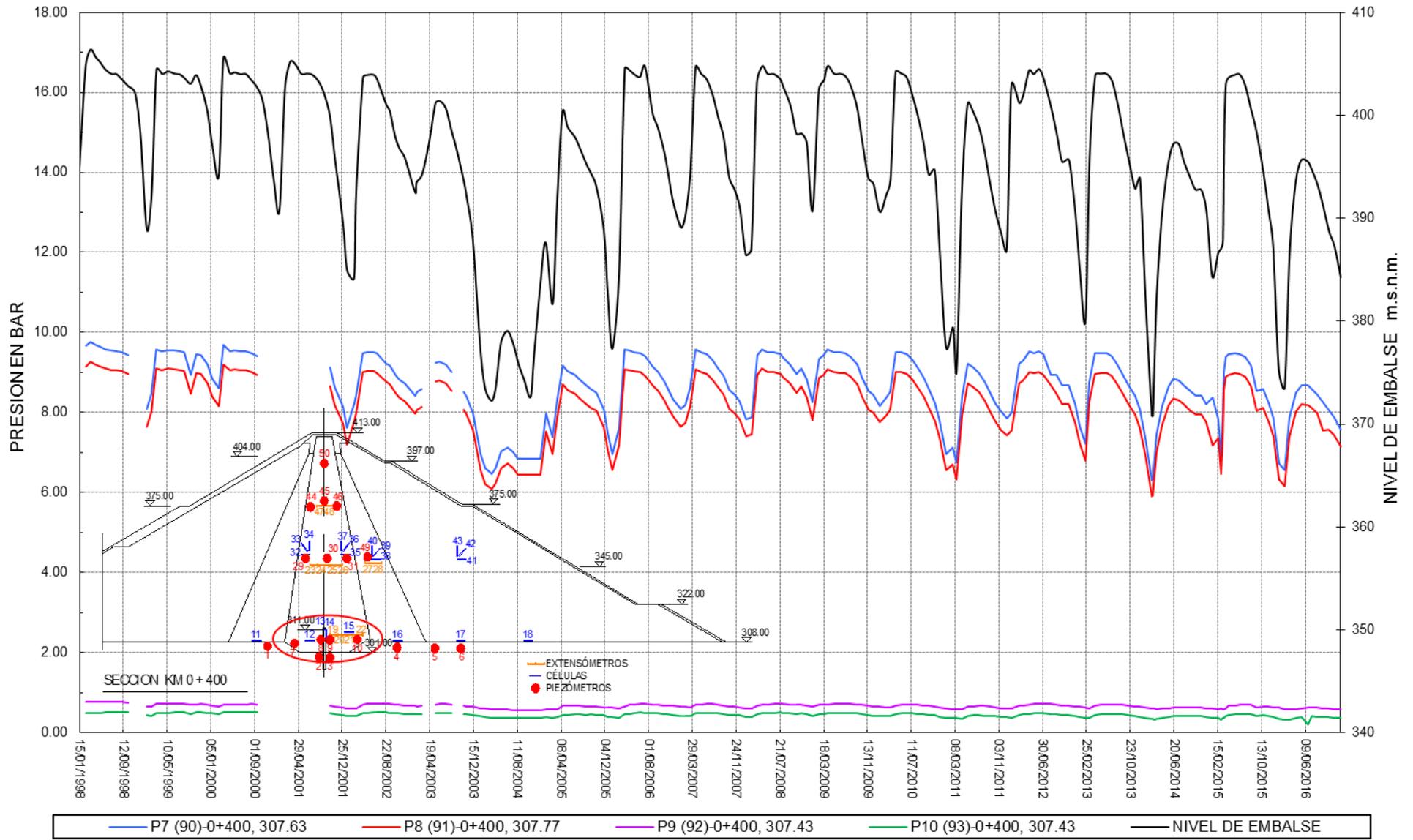


GRAFICO N° 36  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+400 - 301.00 y 307.00 msnm

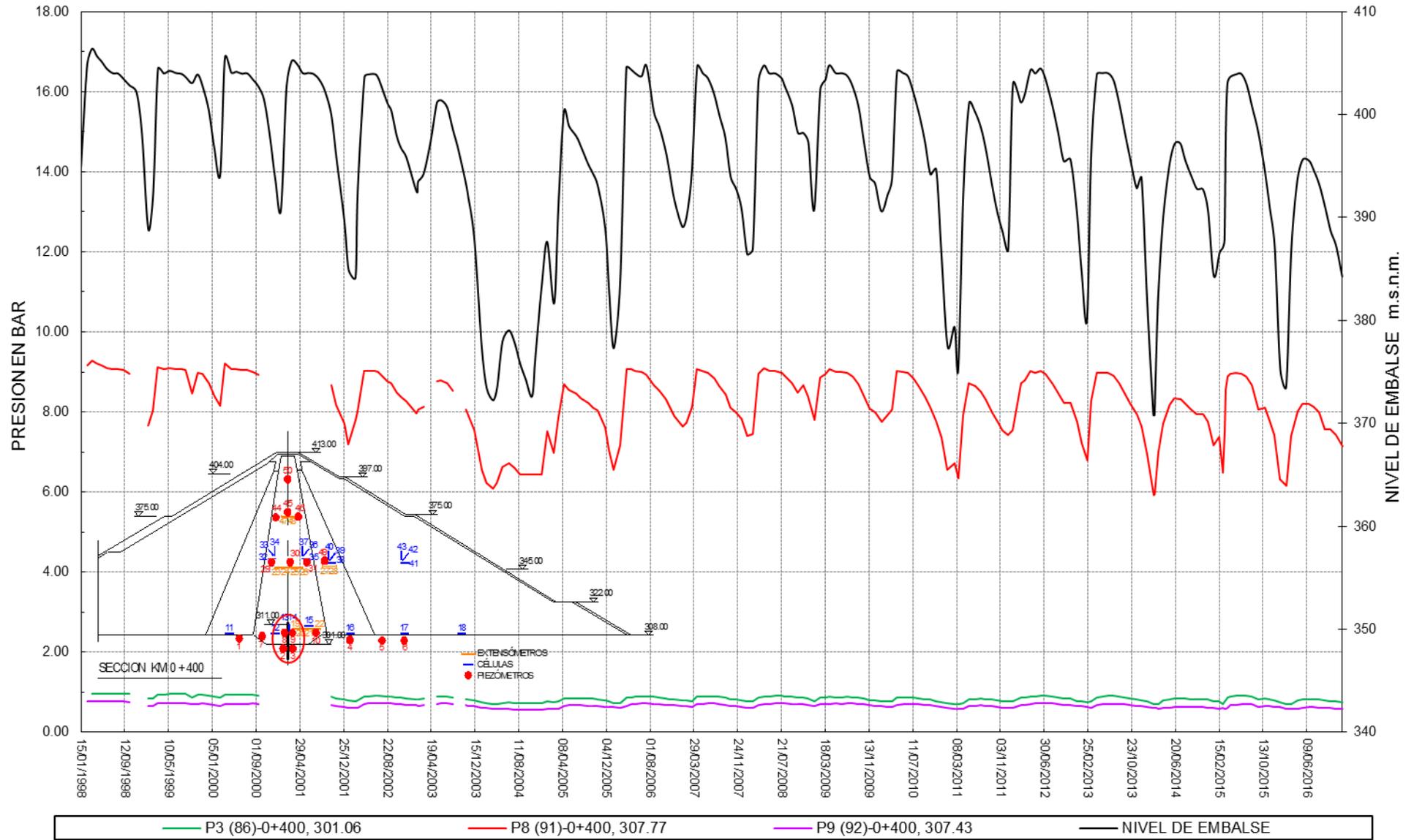
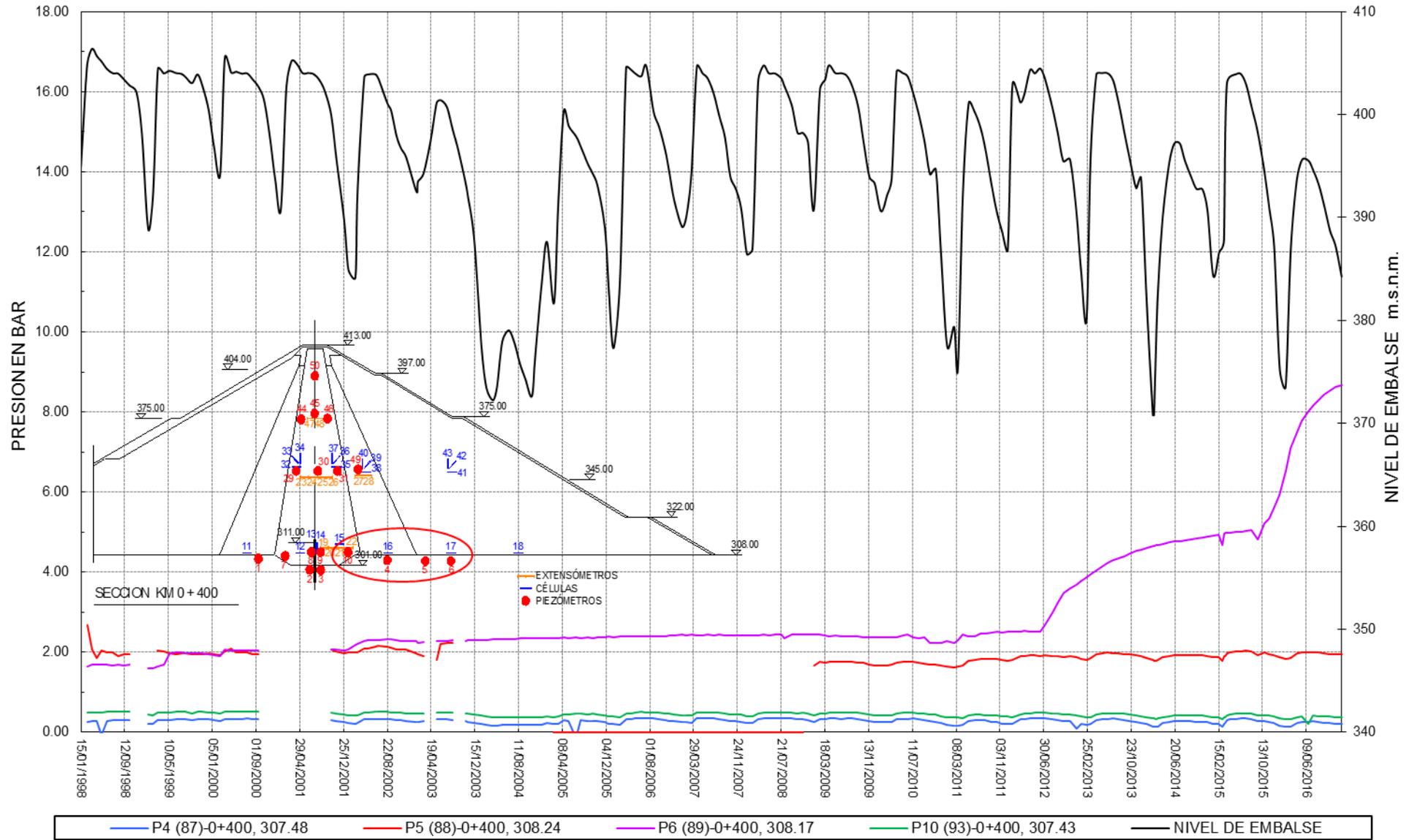


GRAFICO N° 37  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+400 - 307.00 msnm



**GRAFICO N° 38**  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
**Km 0+400 - 345.00 msnm**

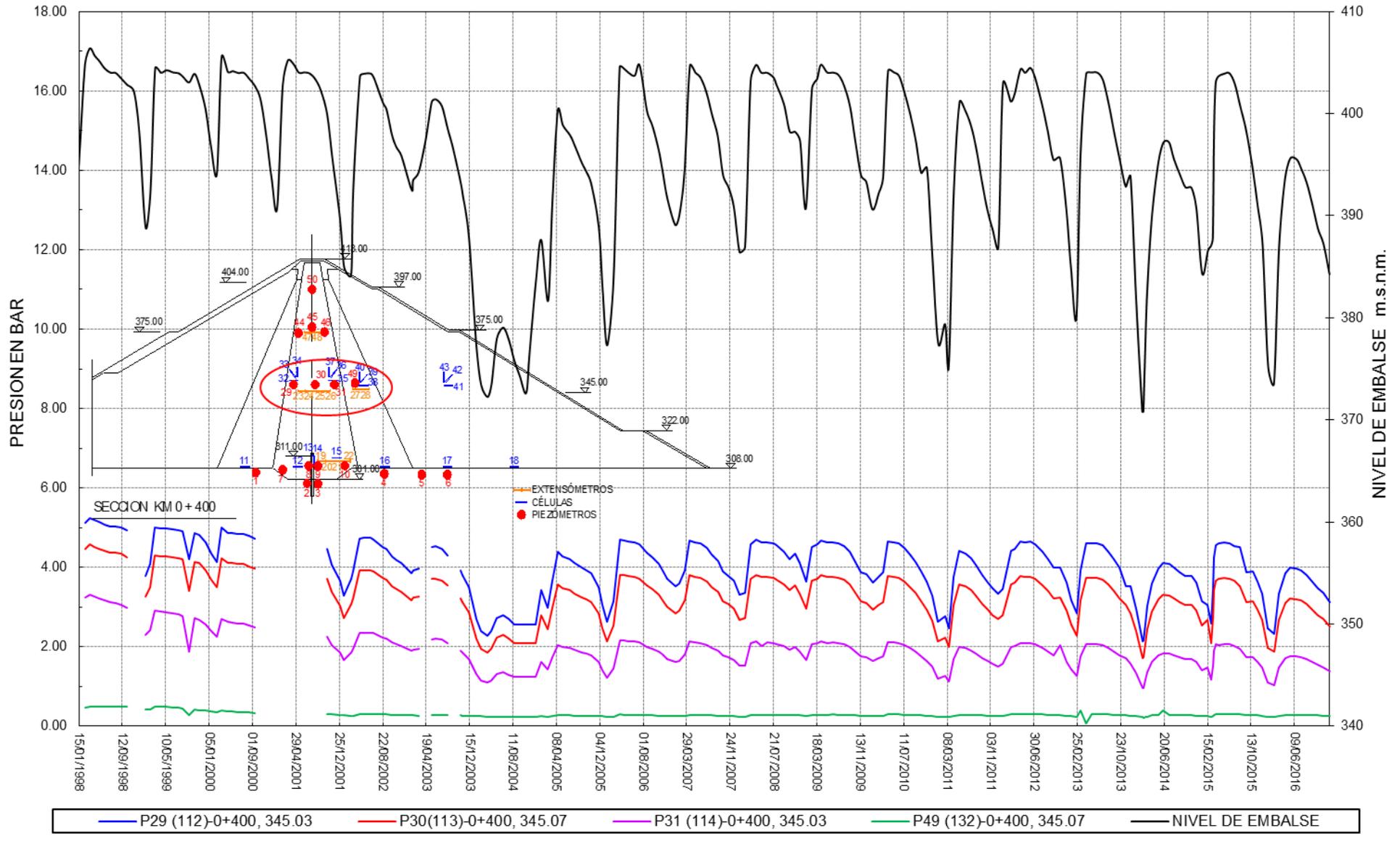


GRAFICO N° 39  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+400 - 374.00 msnm

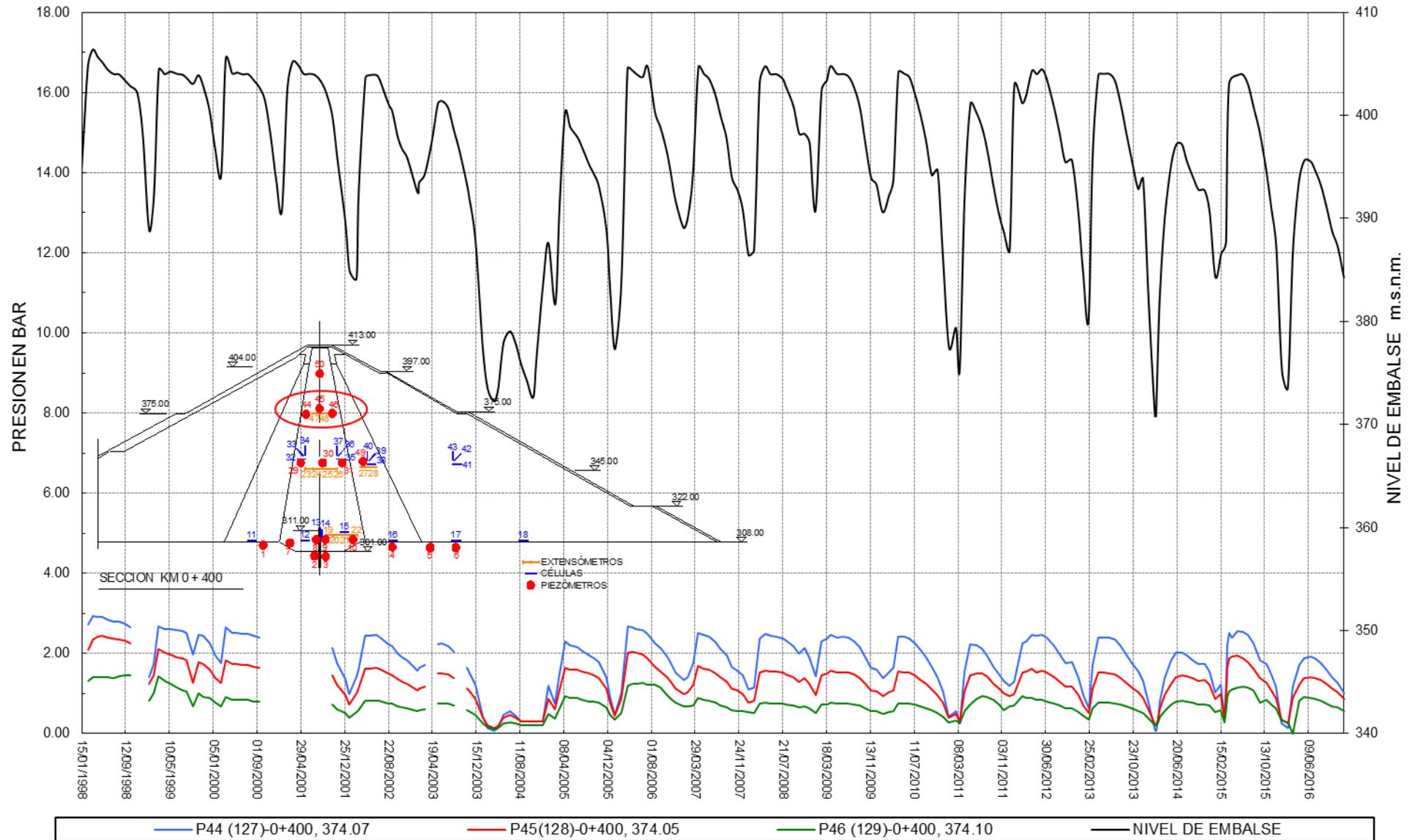


GRAFICO N° 40  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+400 - 396.00 msnm

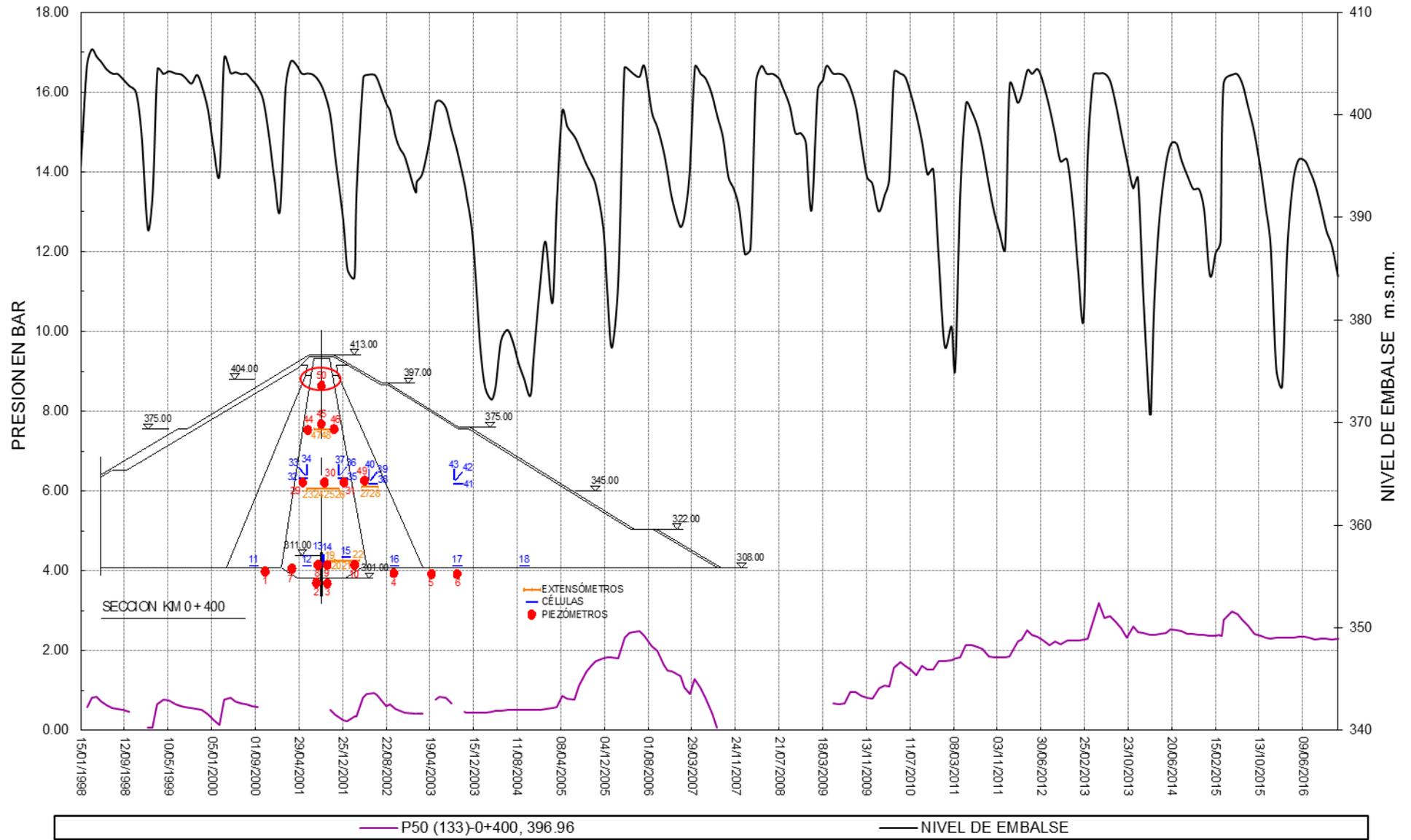


GRAFICO N° 41  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+500 - 307.00 msnm

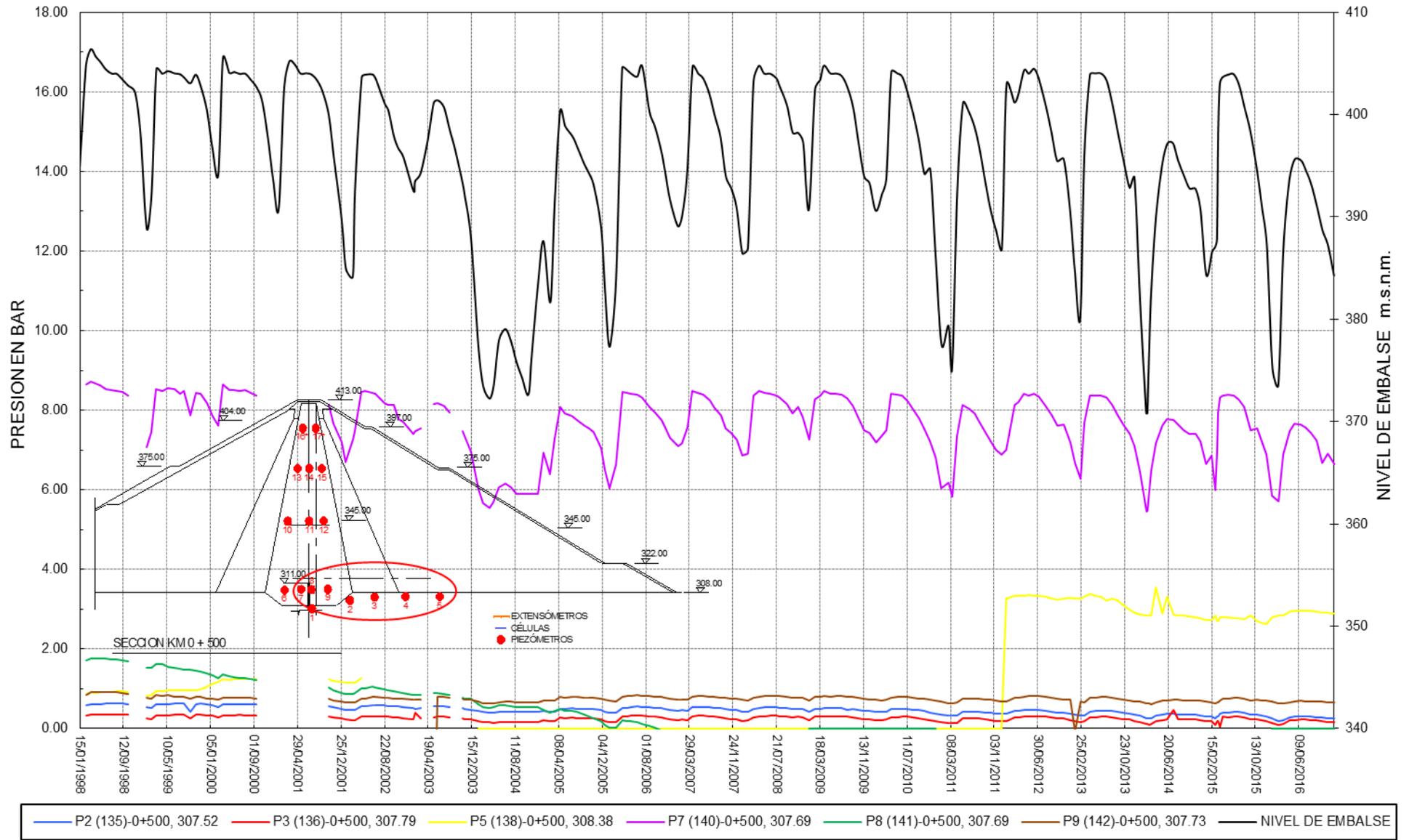


GRAFICO N° 42  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+500 - 300.00 y 307.00 msnm

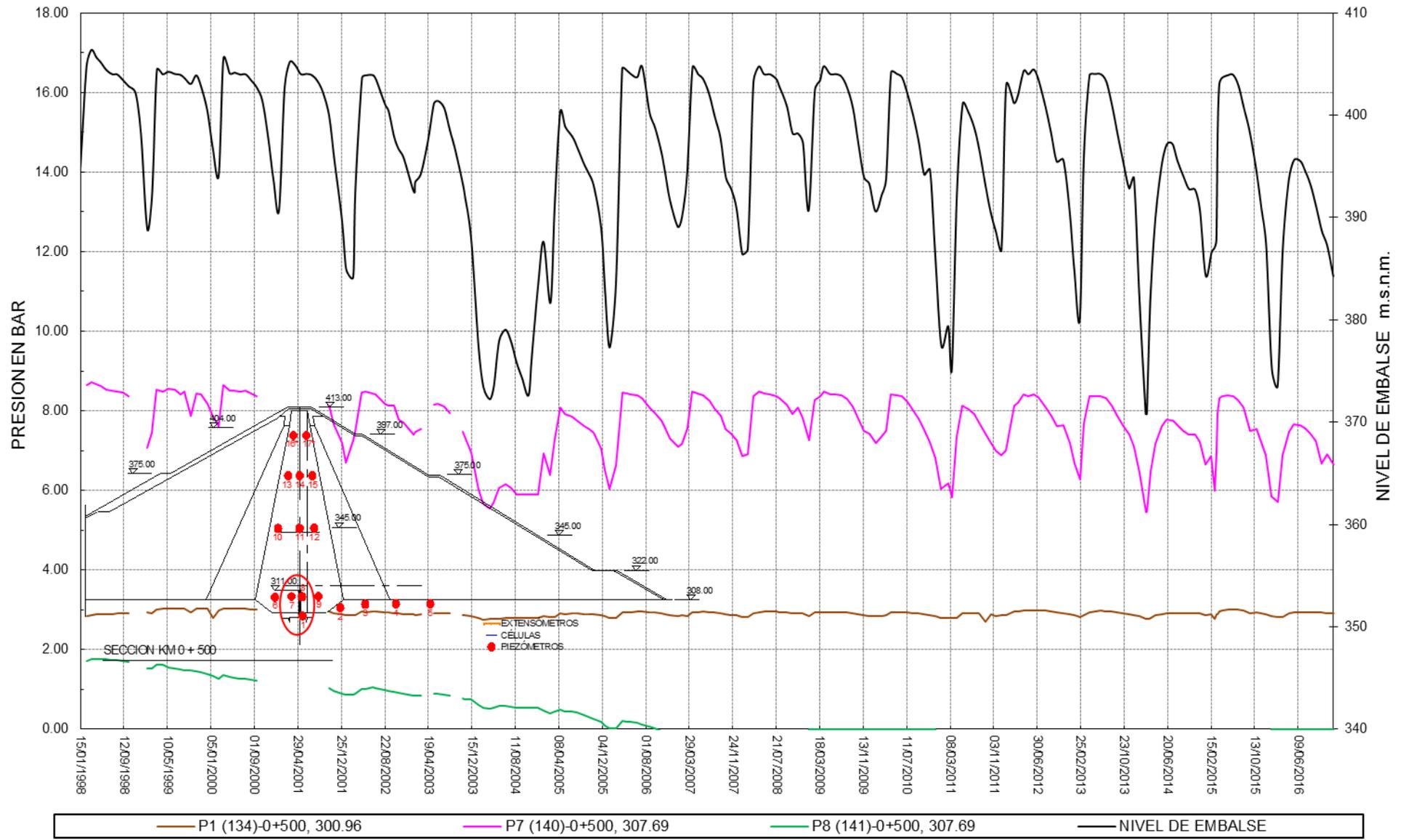


GRAFICO N° 43  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+500 - 345.00 msnm

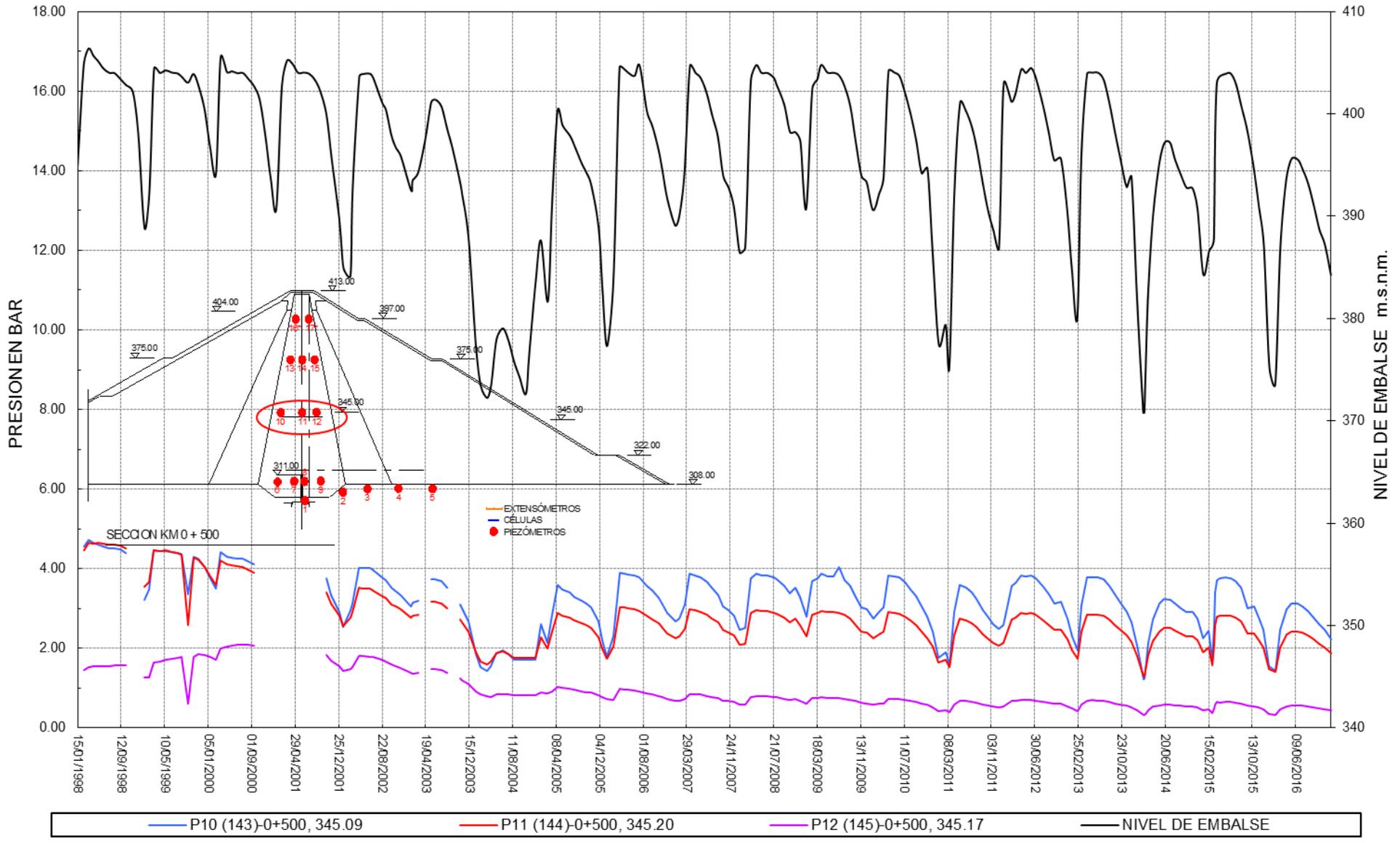


GRAFICO N° 44  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+500 - 374.00 msnm

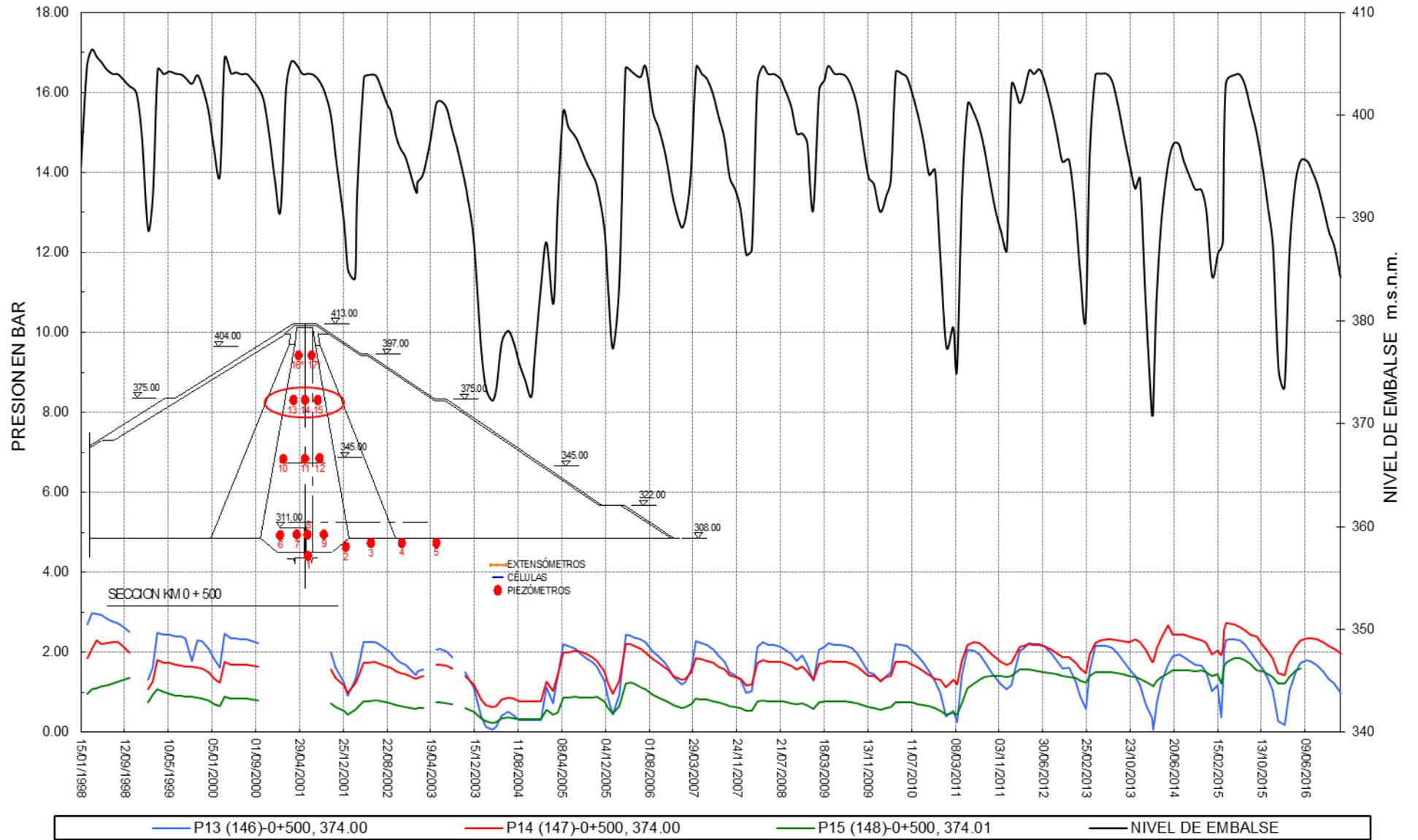


GRAFICO N° 45  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+500 - 396.00 msnm

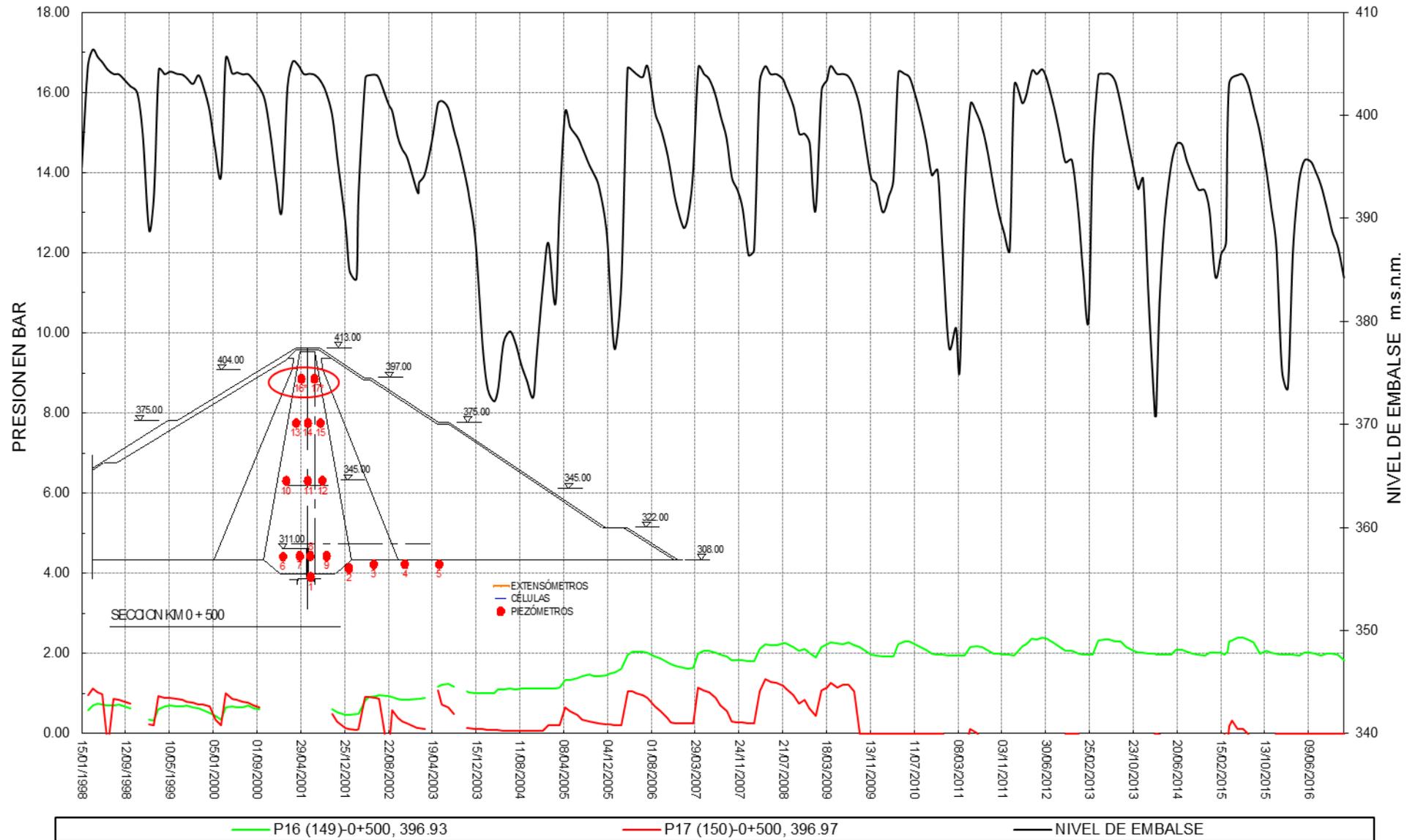


GRAFICO N° 46  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+600 - 300.00 y 308.00 msnm

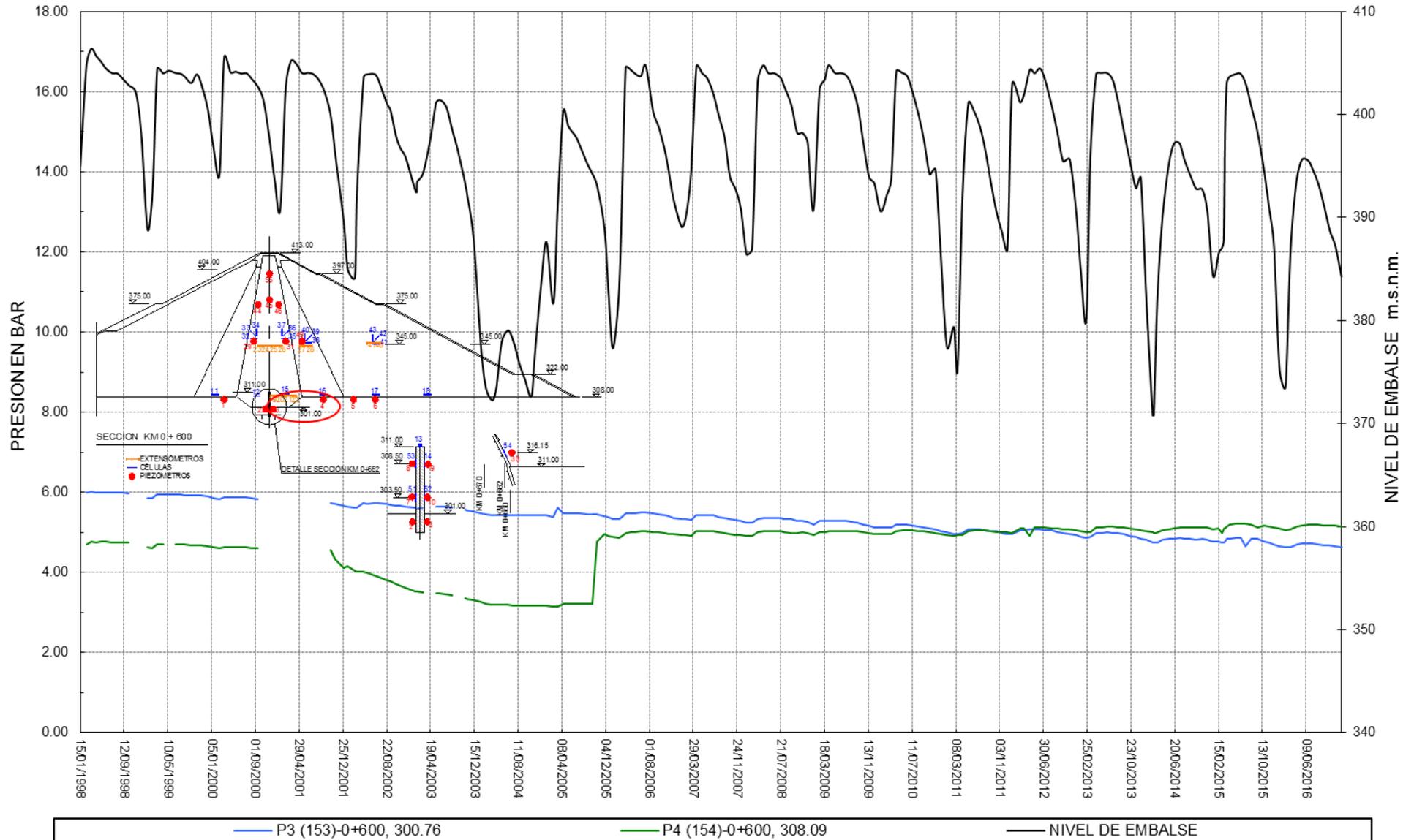


GRAFICO N° 47  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+600 - 345.00 msnm

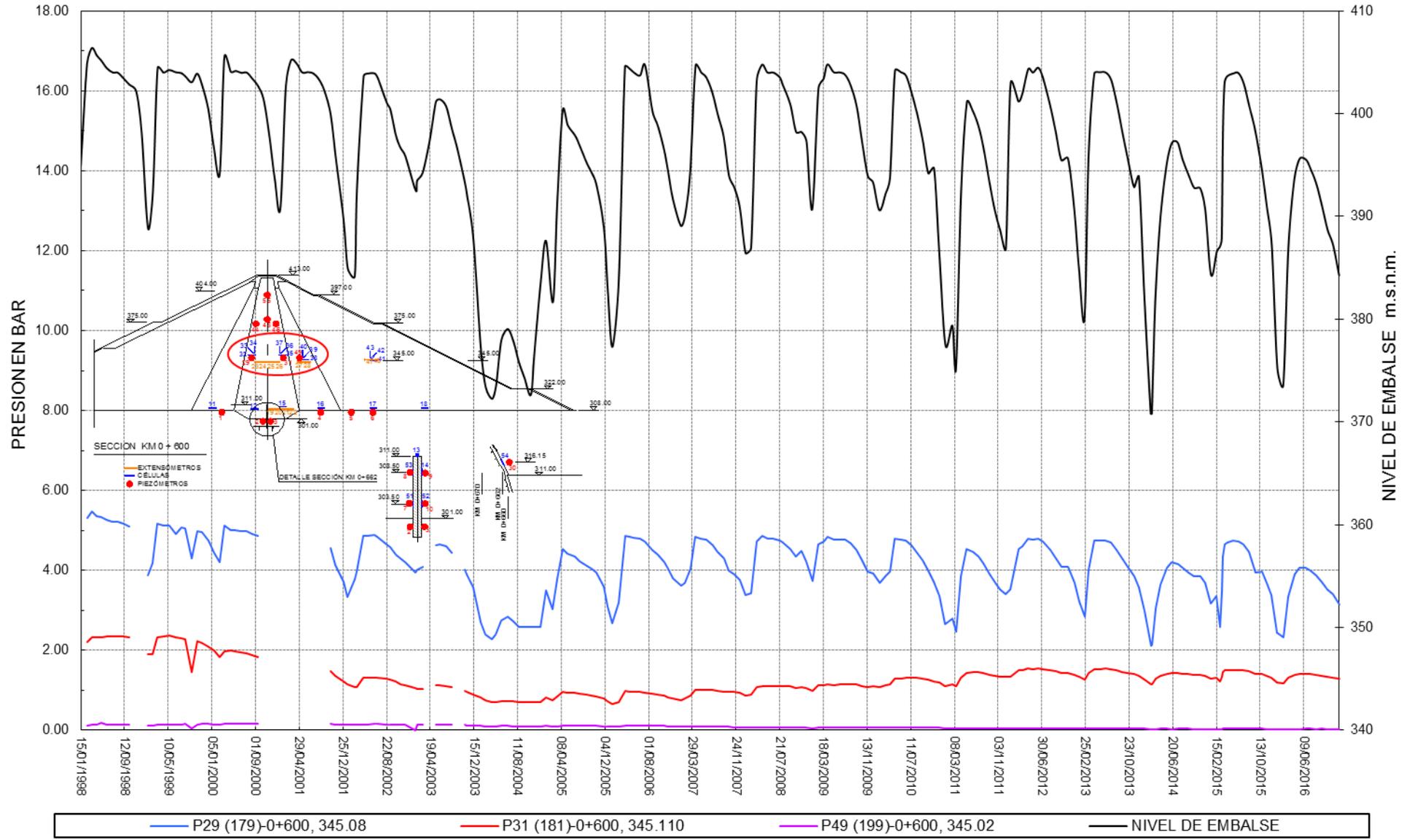


GRAFICO N° 48  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+600 - 374.00 msnm

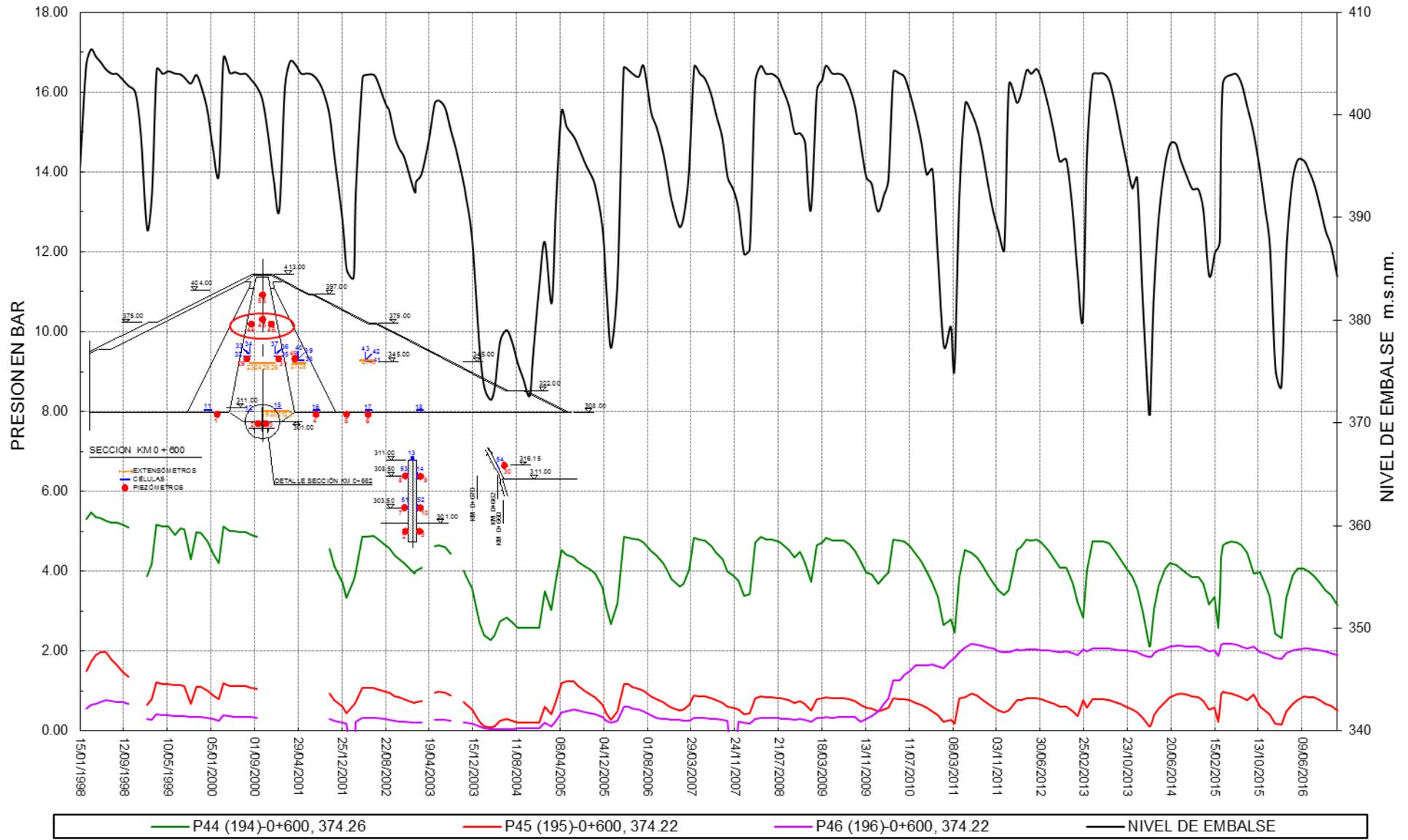


GRAFICO N° 49  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+600 - 303.00 y 308.00 msnm

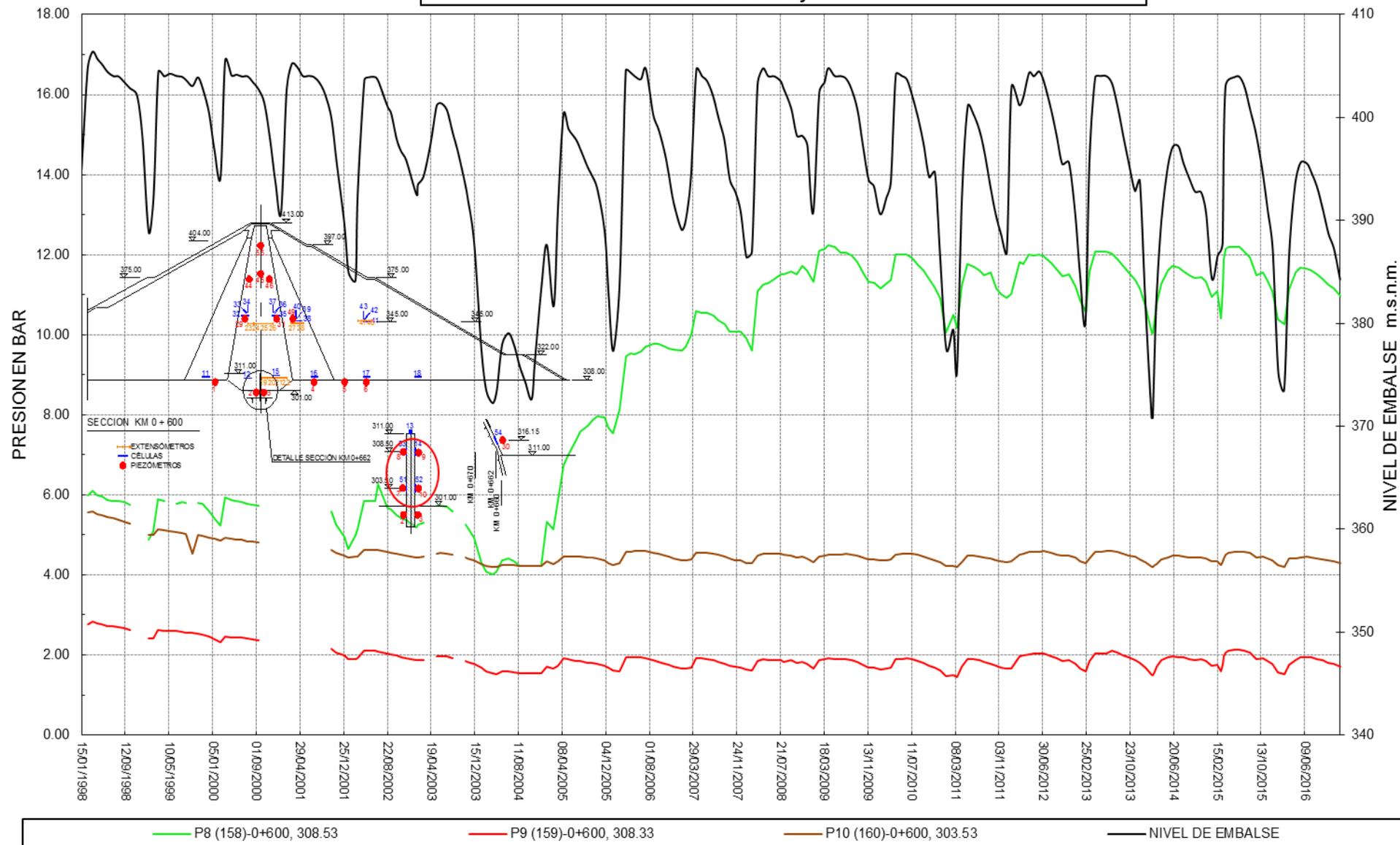


GRAFICO N° 50  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+600 - 396.00 msnm

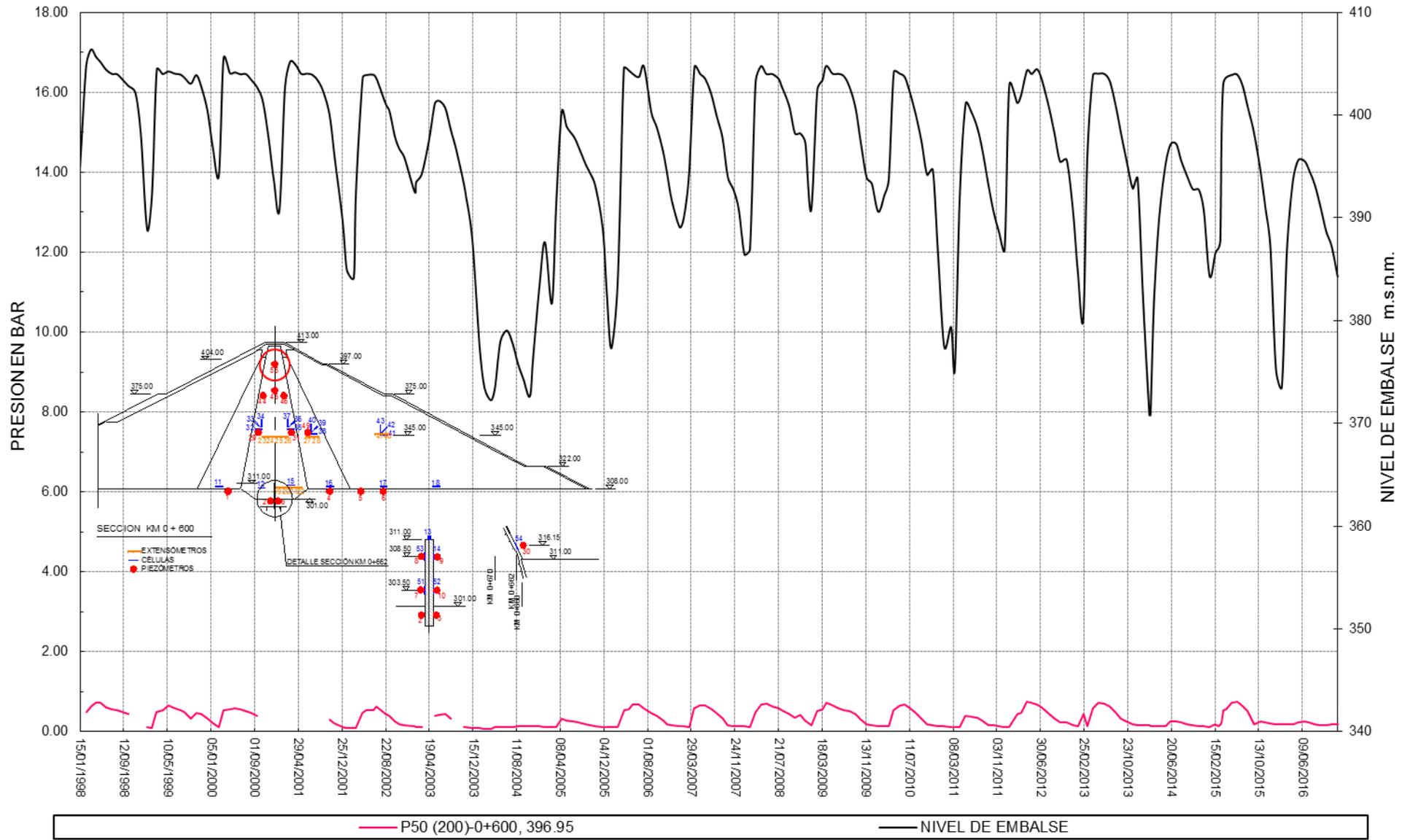


GRAFICO N° 51  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+700 - 345.00 msnm

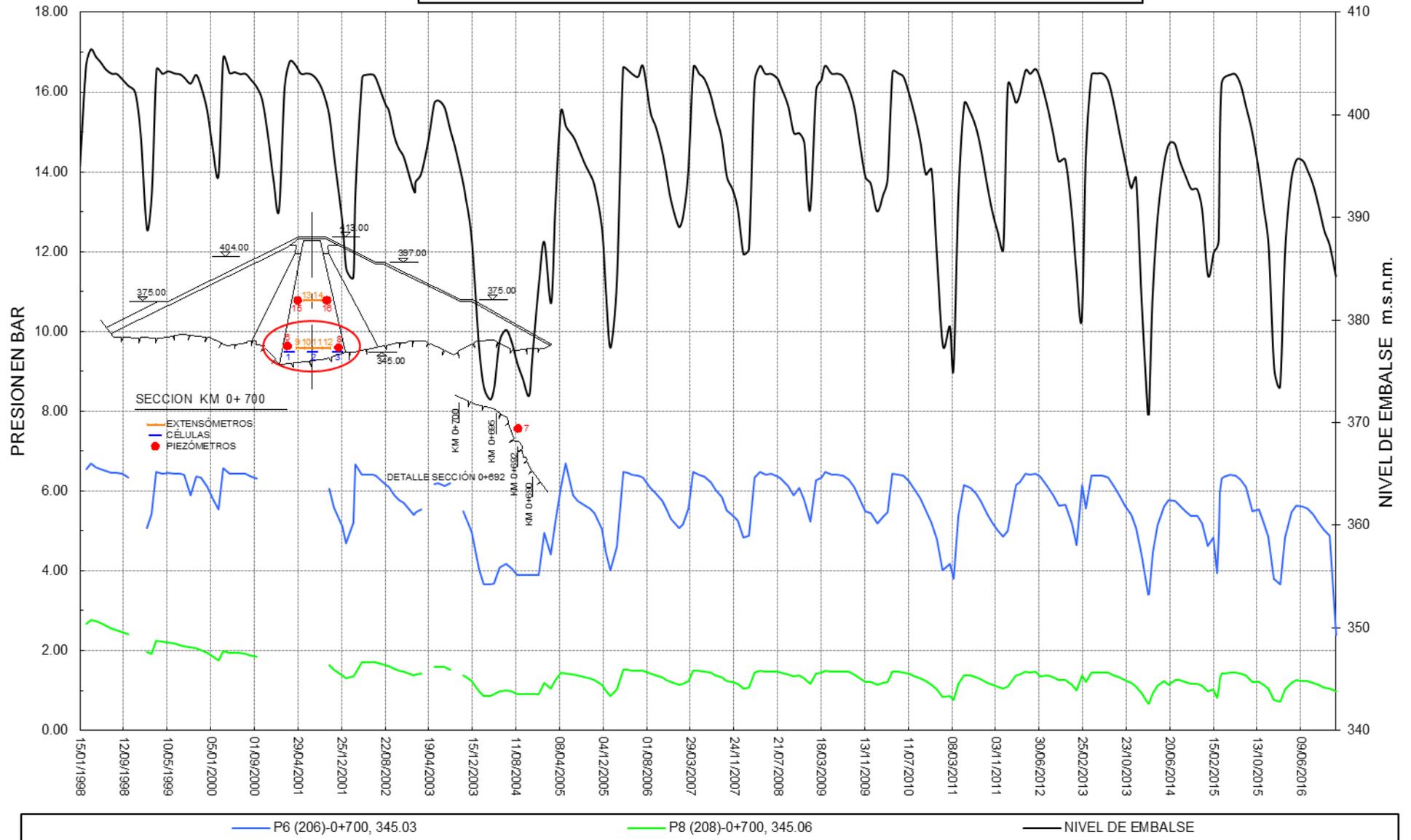


GRAFICO N° 52  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+700 - 374.00 msnm

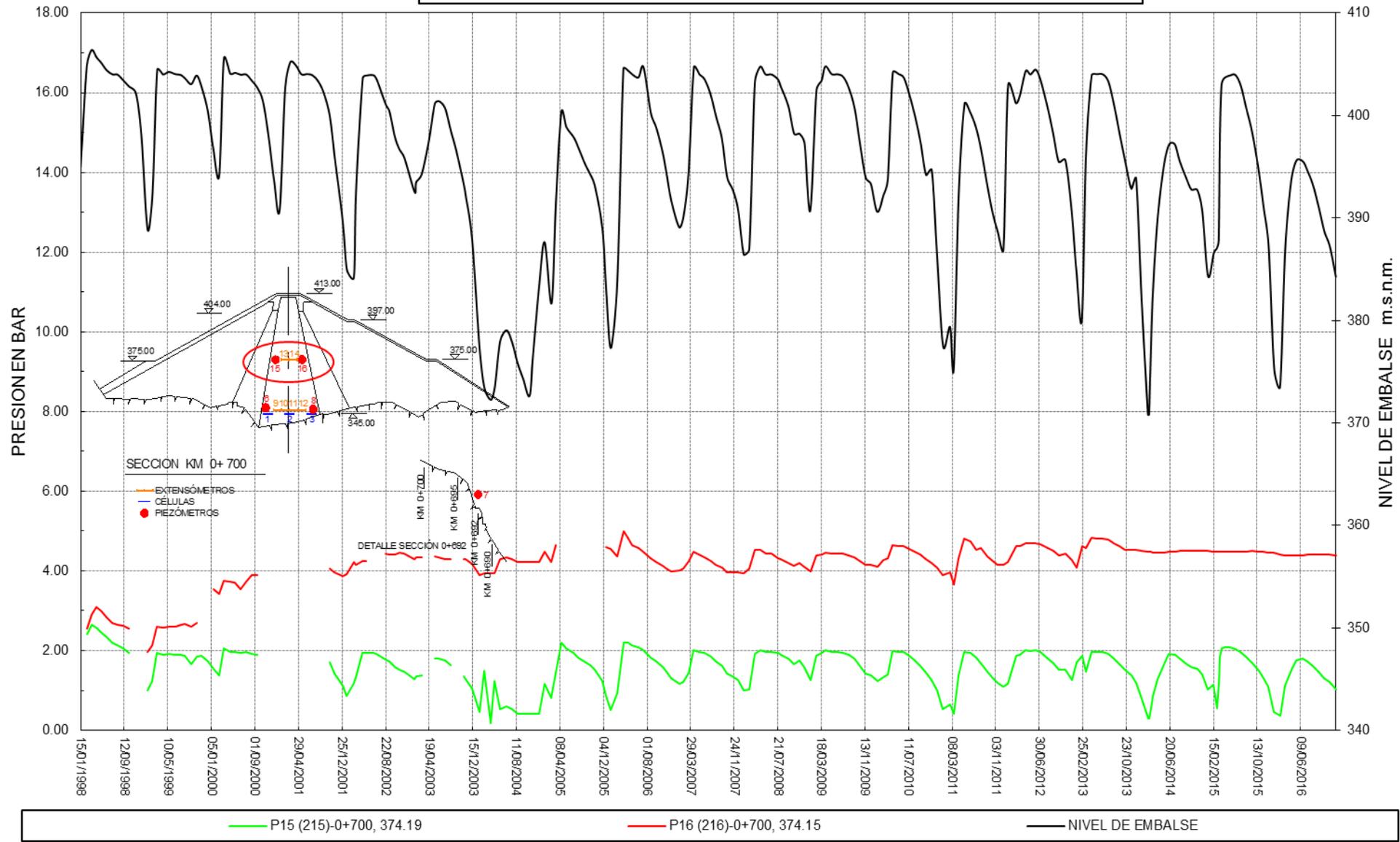


GRAFICO N° 53  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES DE POROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km 0+700 - 336.00 msnm

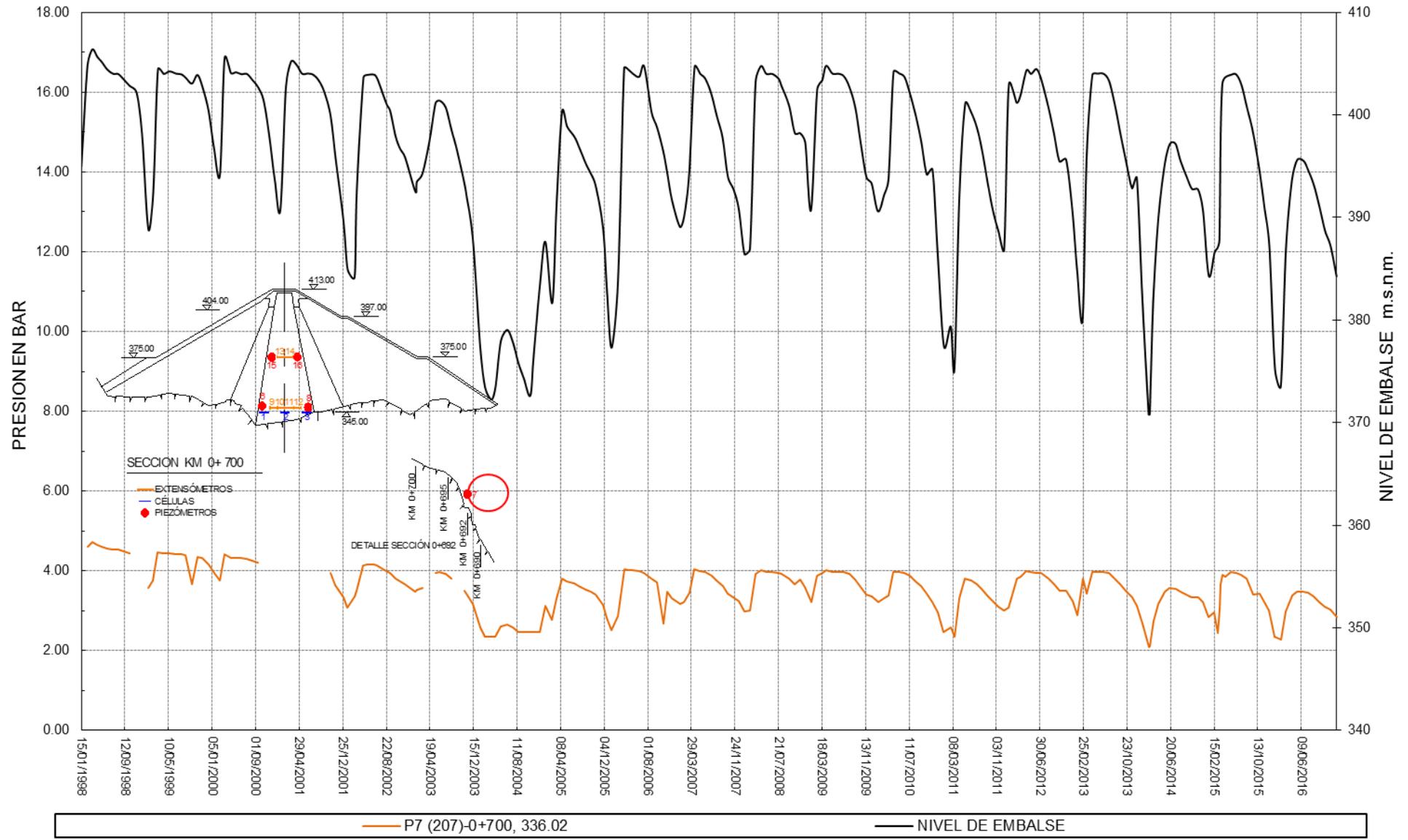


GRAFICO N° 54  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+100 - 345.00 msnm

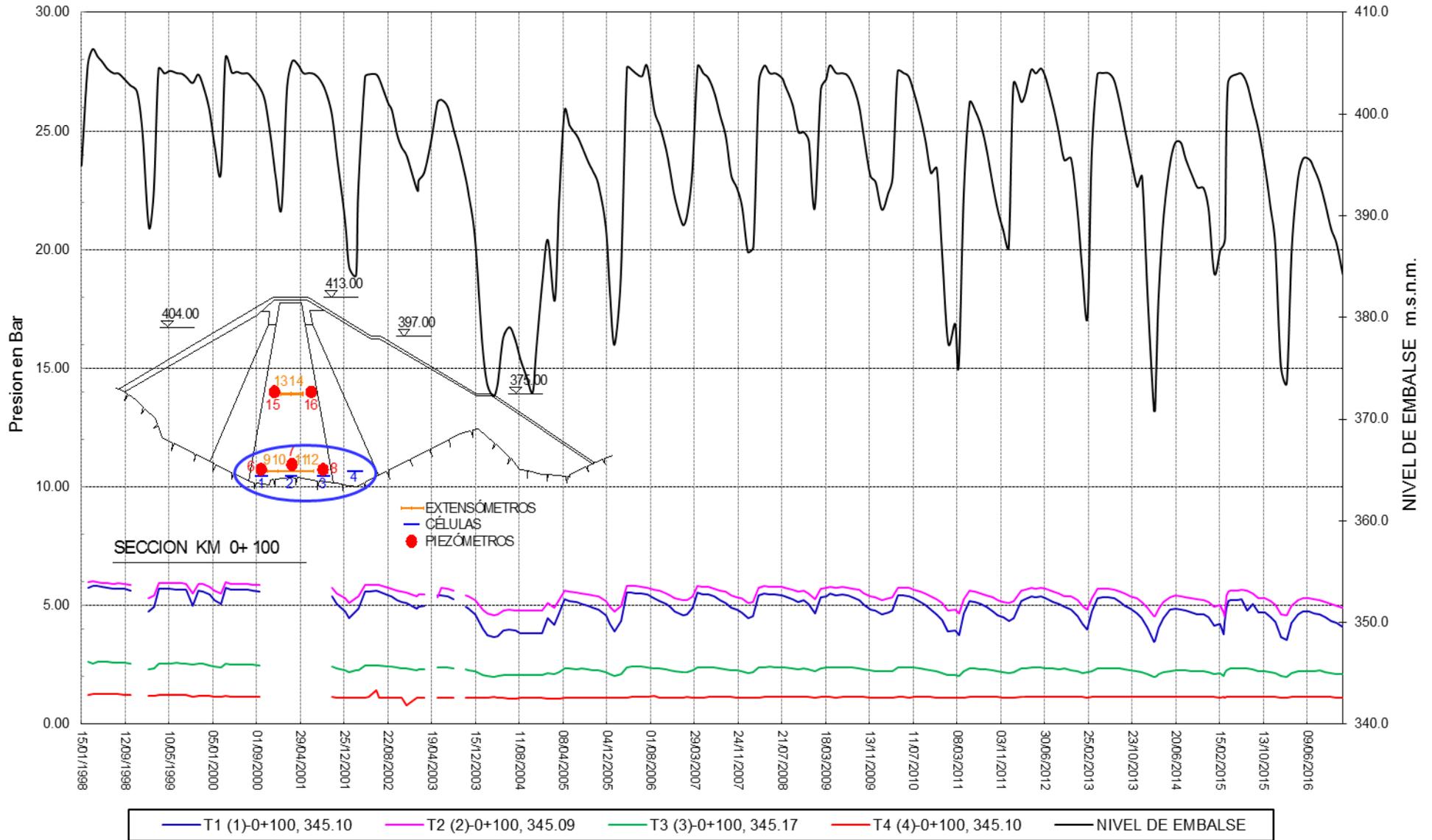


GRAFICO N° 55  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 307.00 y 309.00 msnm

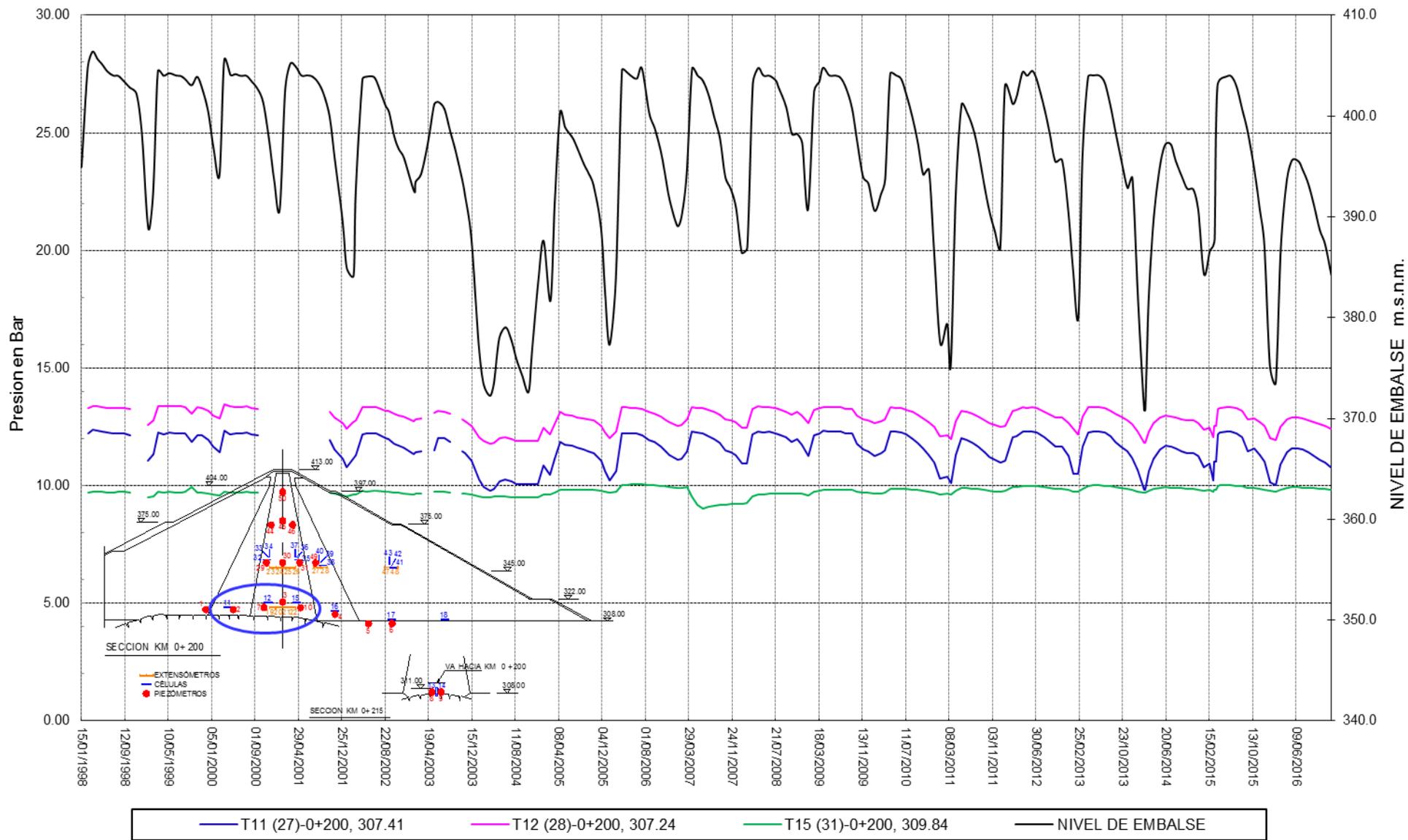


GRAFICO N° 56  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 313.00 msnm

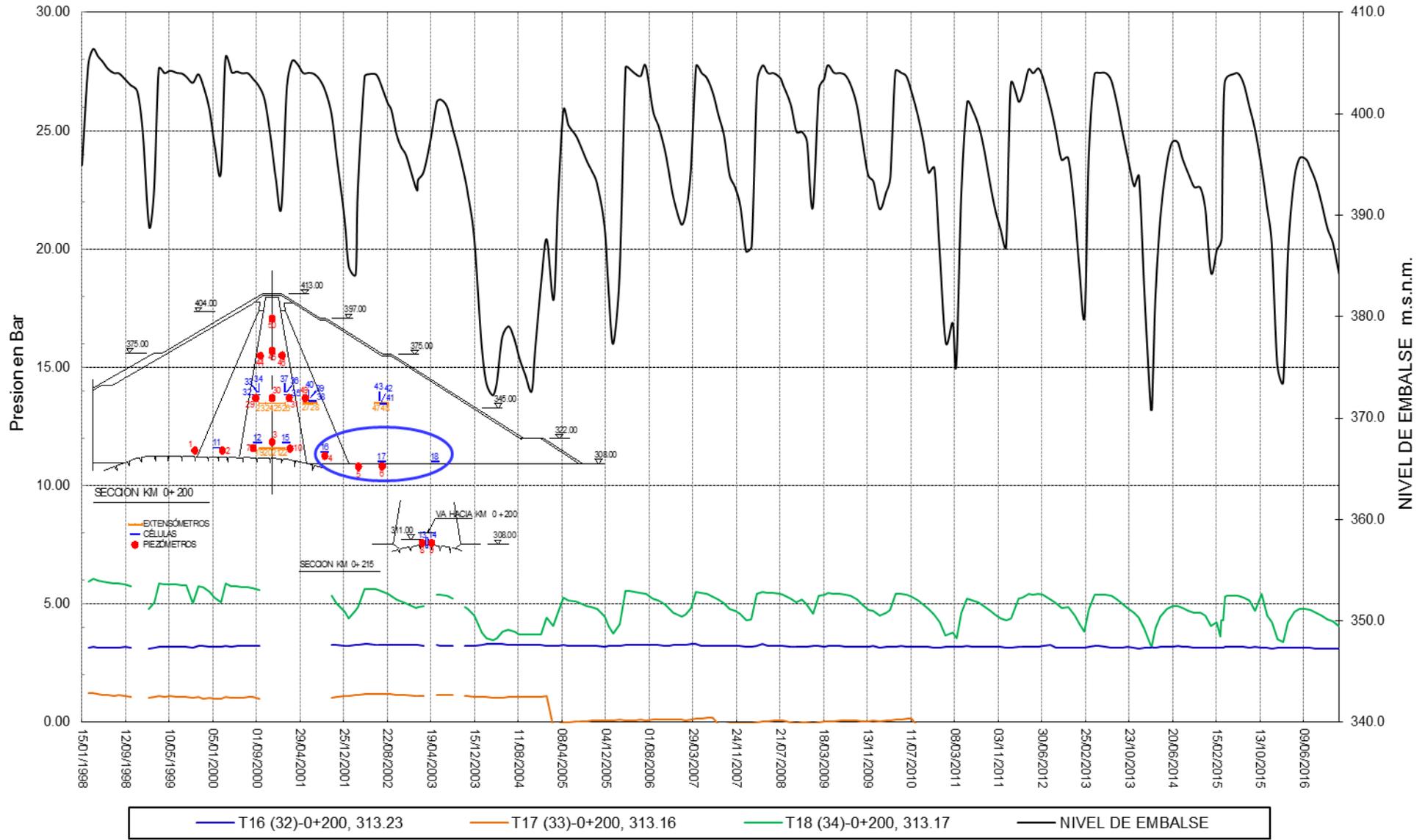


GRAFICO N° 57  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 345.00 msnm

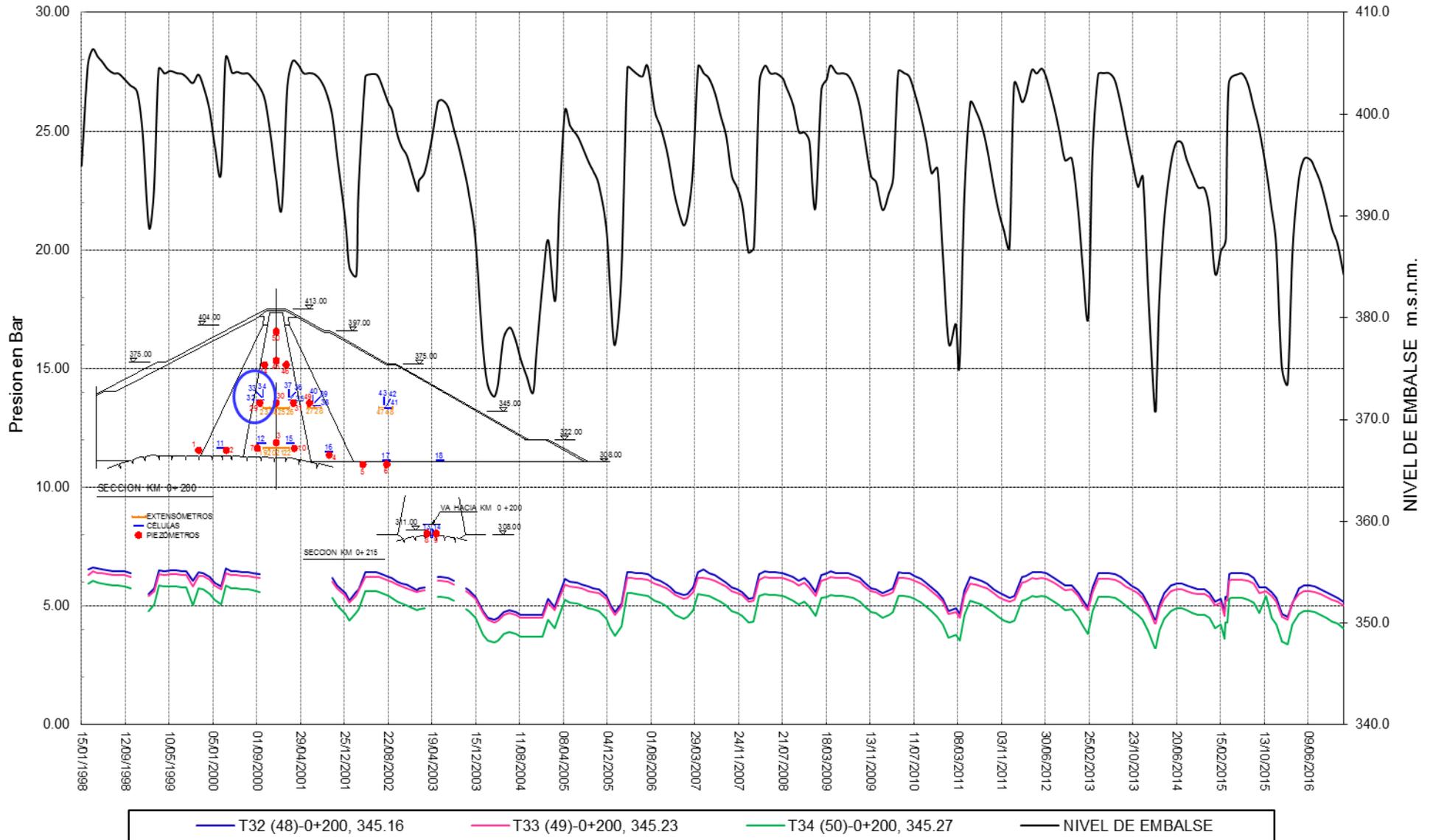


GRAFICO N° 58  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 345.00 msnm

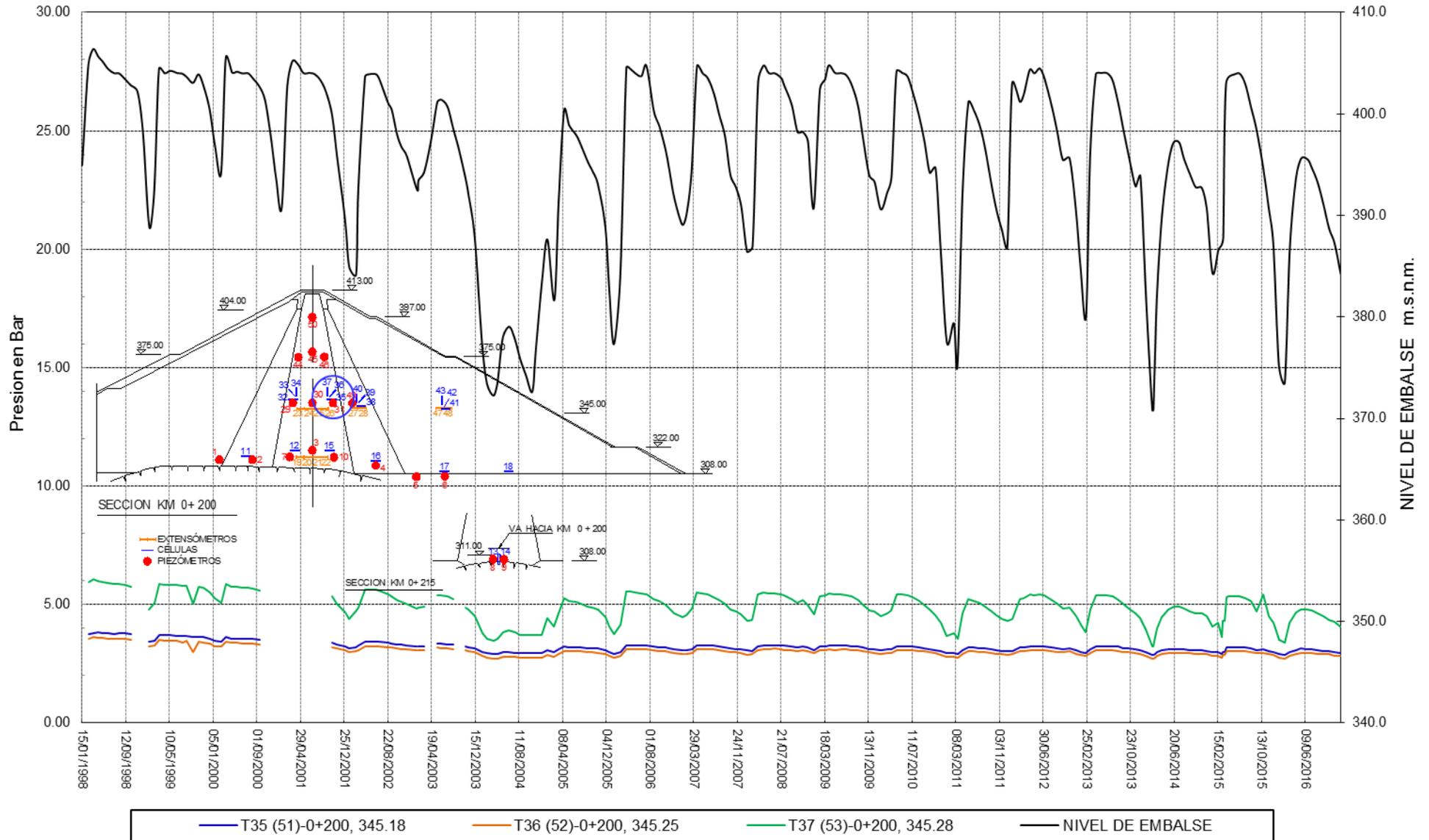


GRAFICO N° 59  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 345.00 msnm

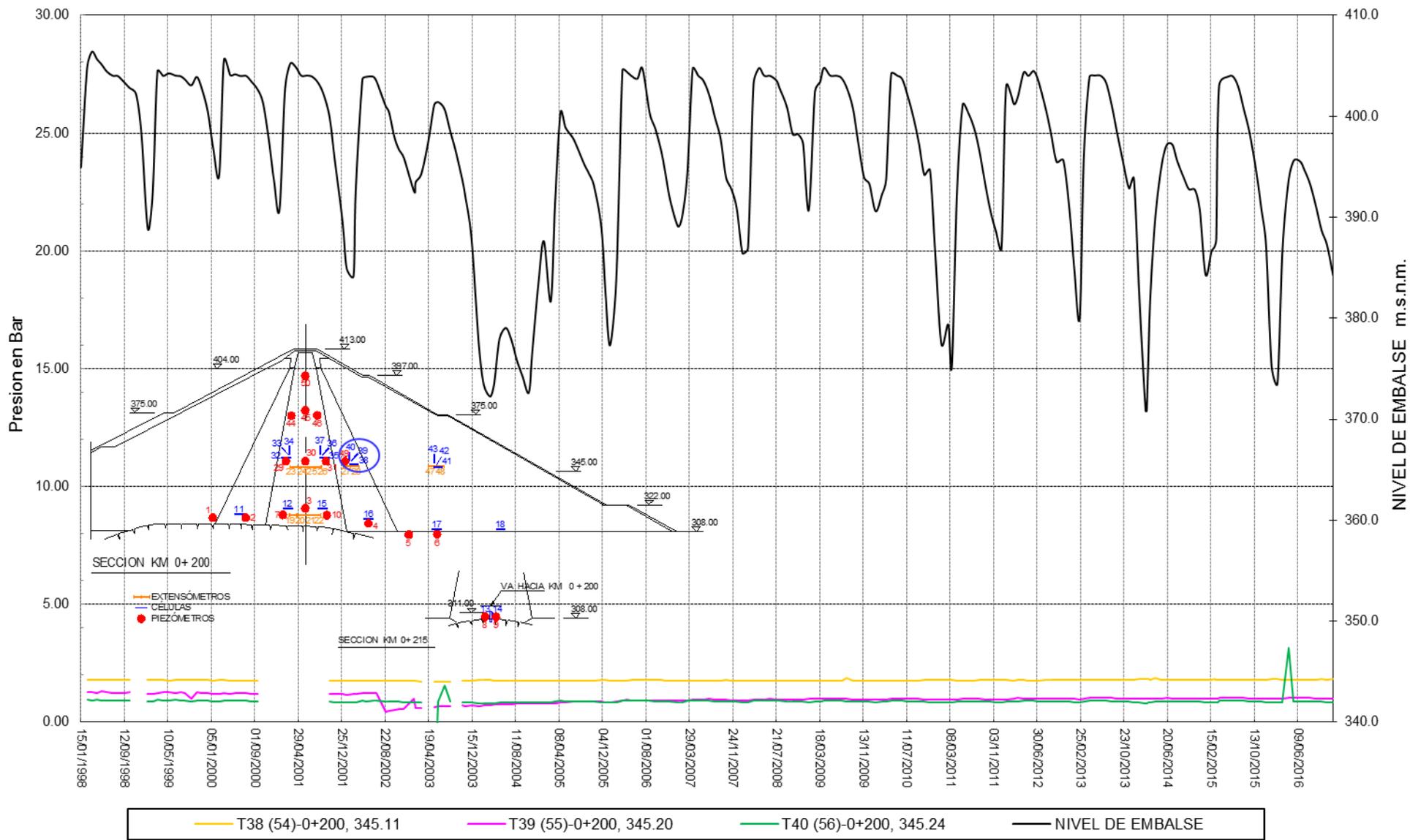


GRAFICO N° 60  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+200 - 345.00 msnm

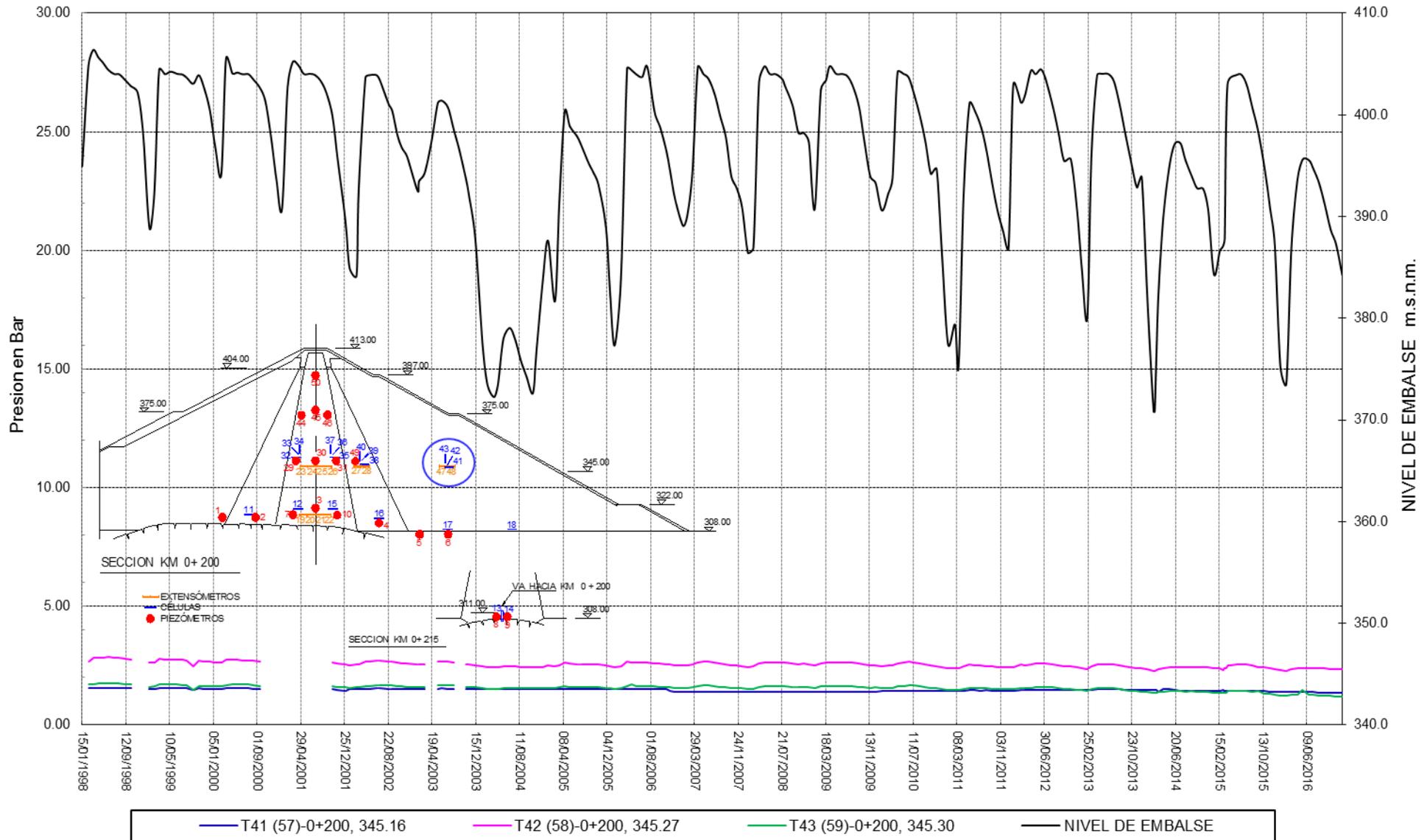


GRAFICO N° 61  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 307.00 msnm

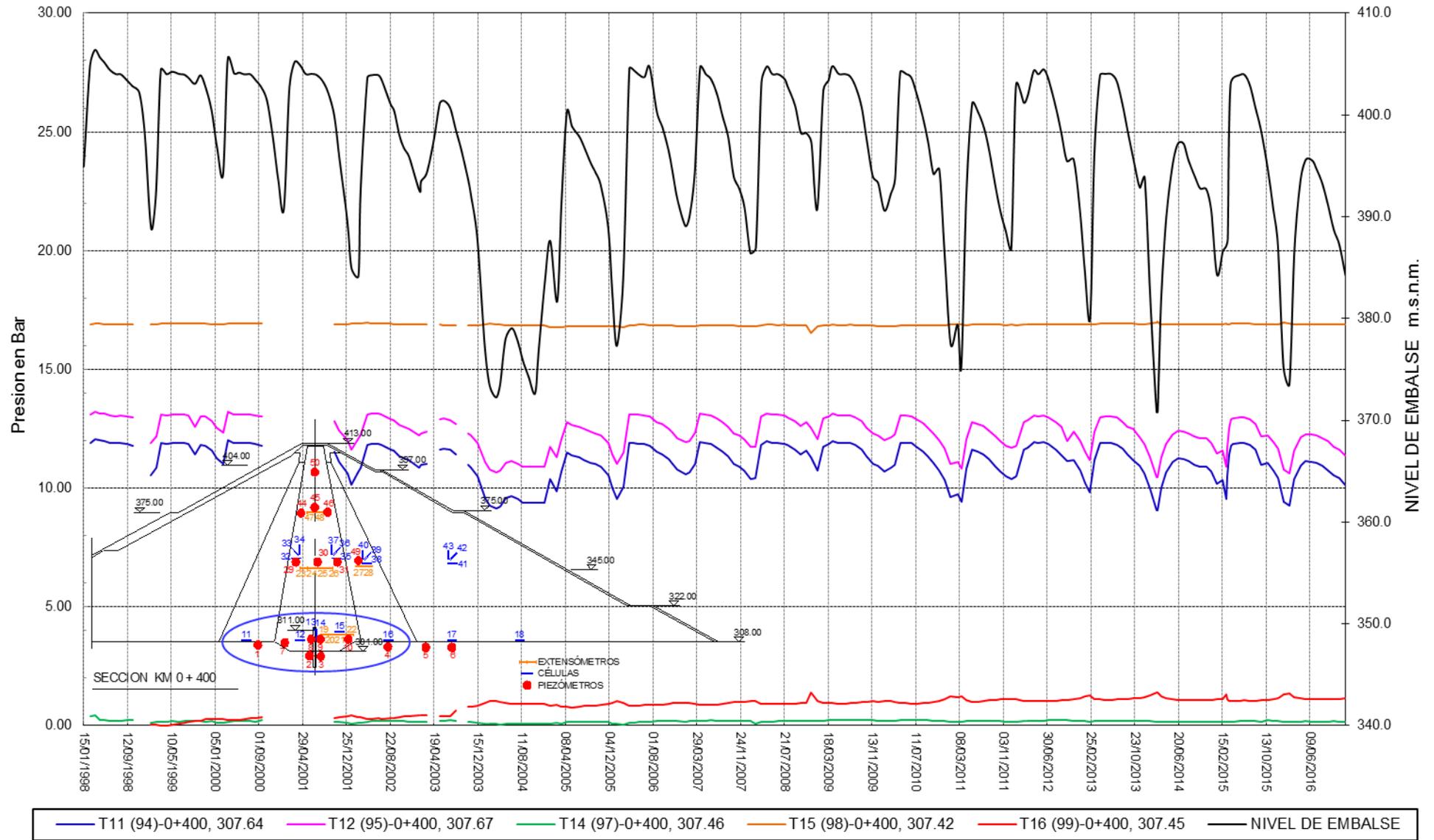


GRAFICO N° 62  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 311.00 y 312.00 msnm

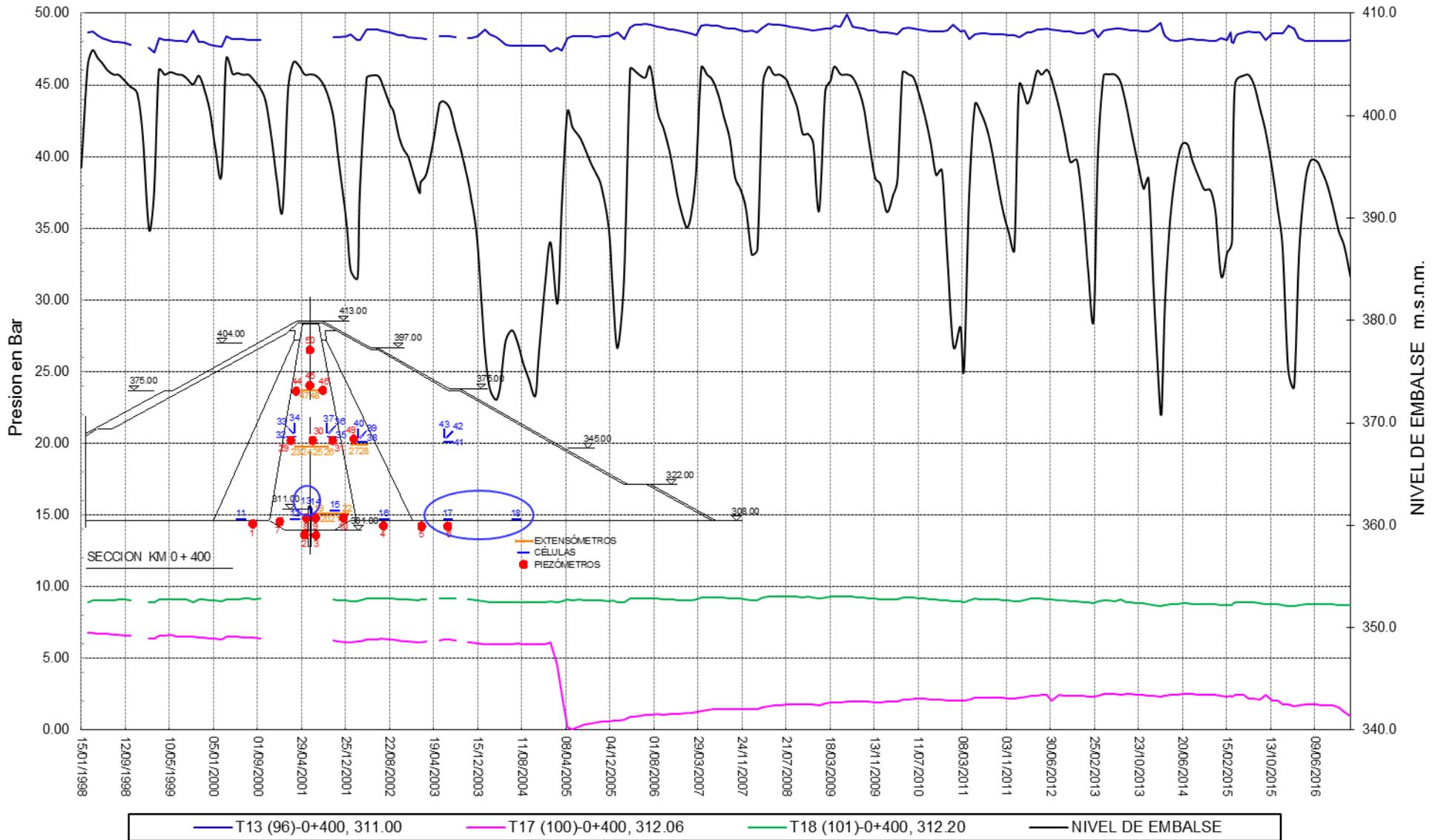


GRAFICO N° 63  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 345.00 msnm

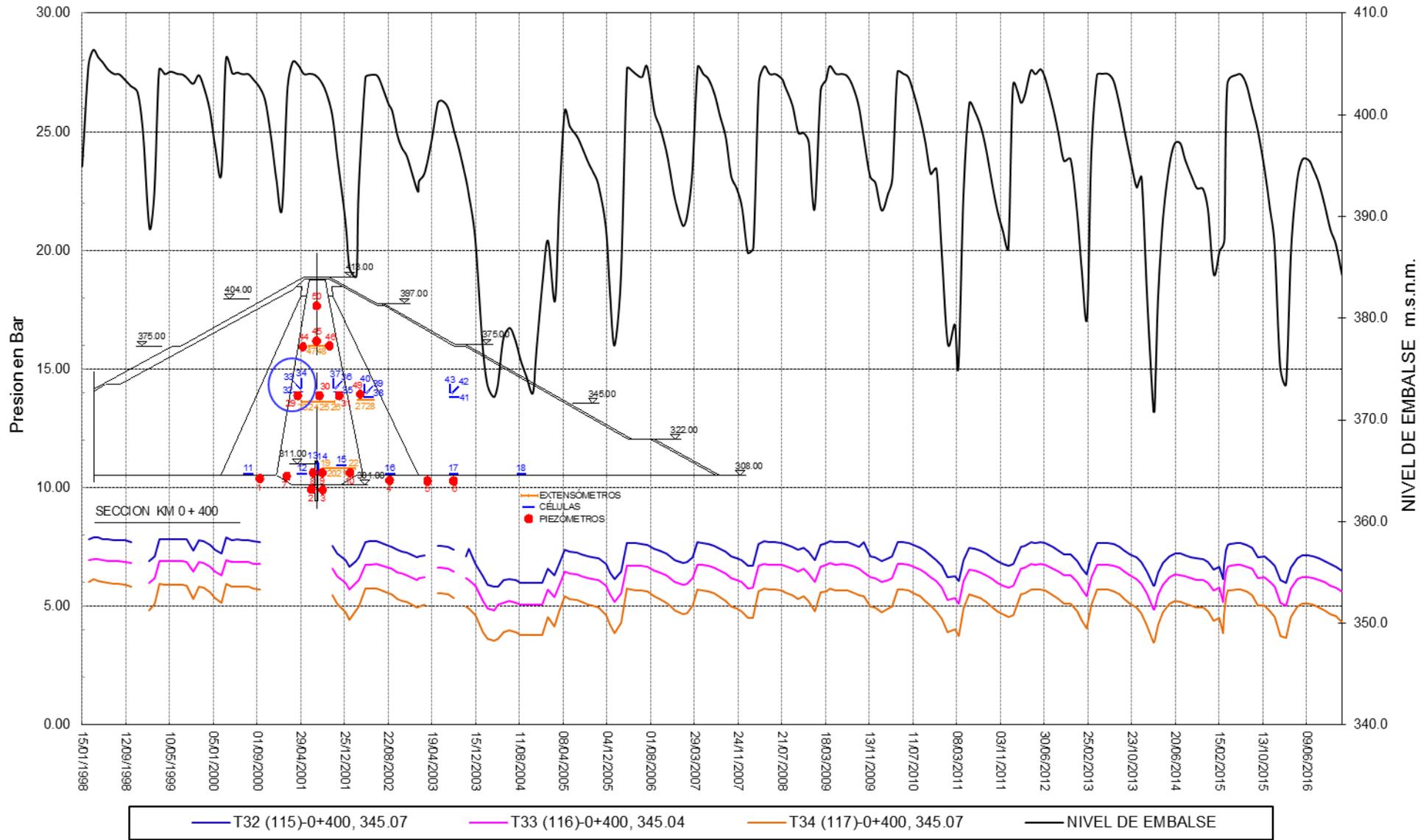


GRAFICO N° 64  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 345.00 msnm

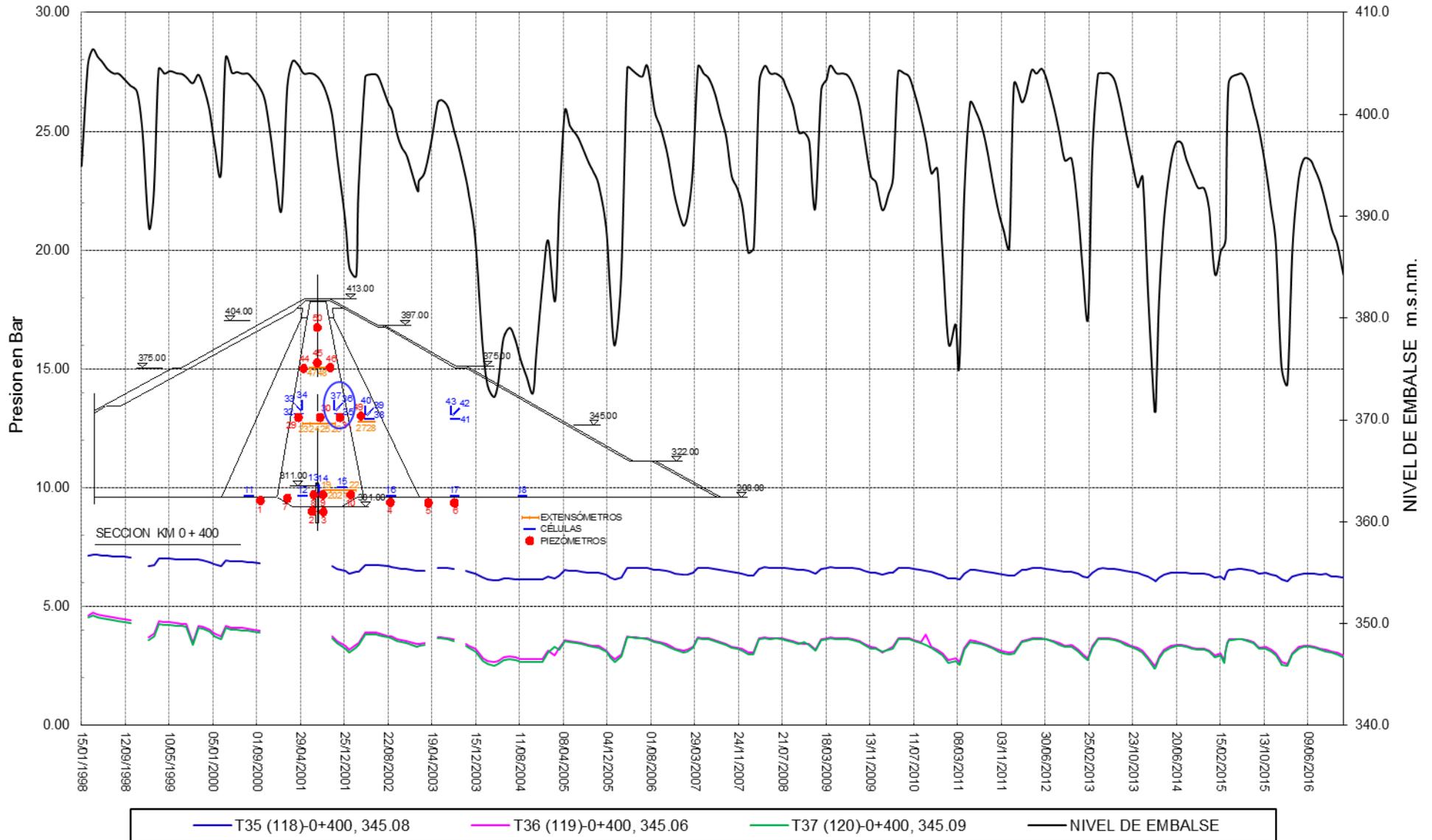


GRAFICO N° 65  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 345.00 msnm

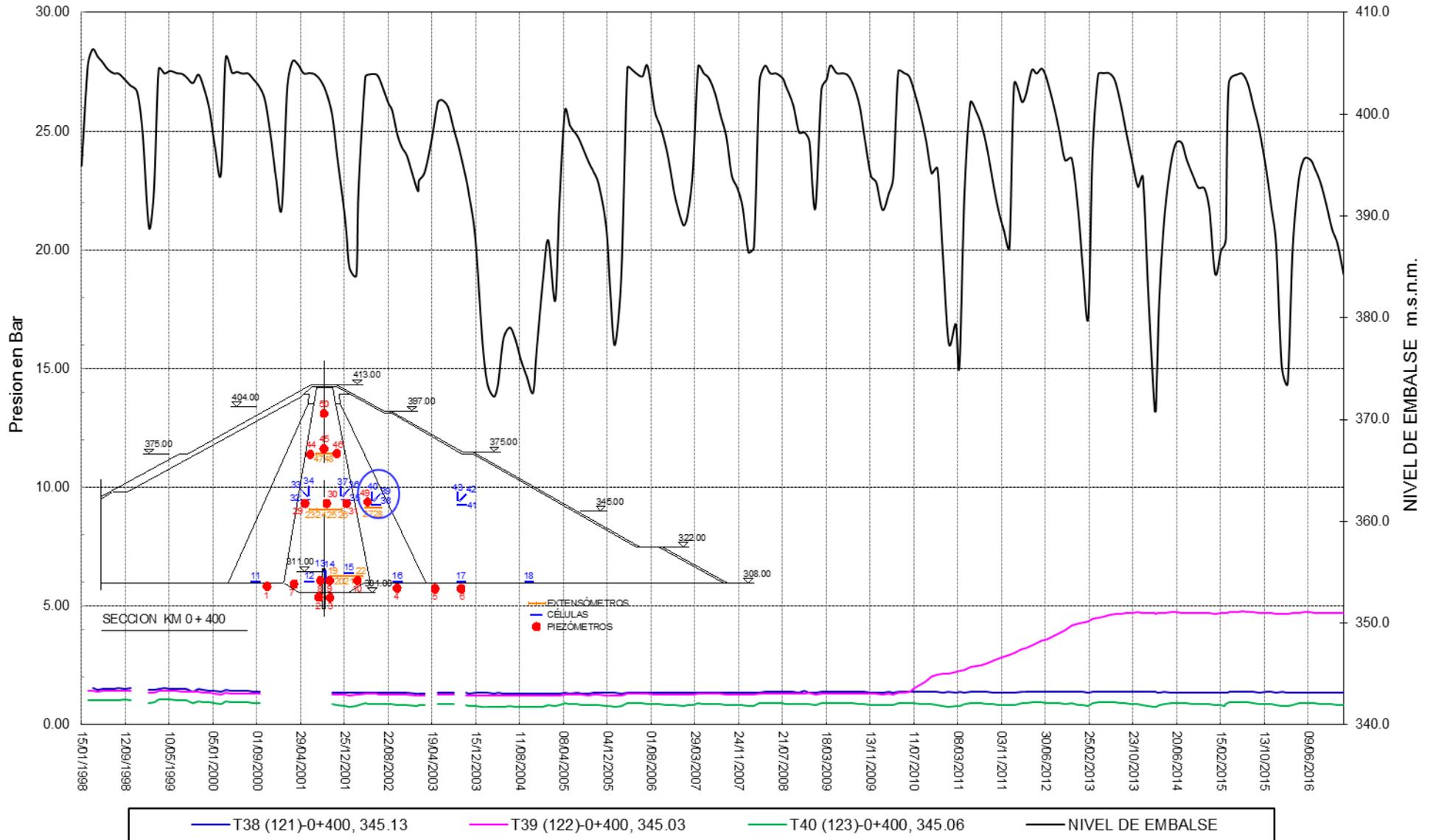


GRAFICO N° 66  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+400 - 345.00 msnm

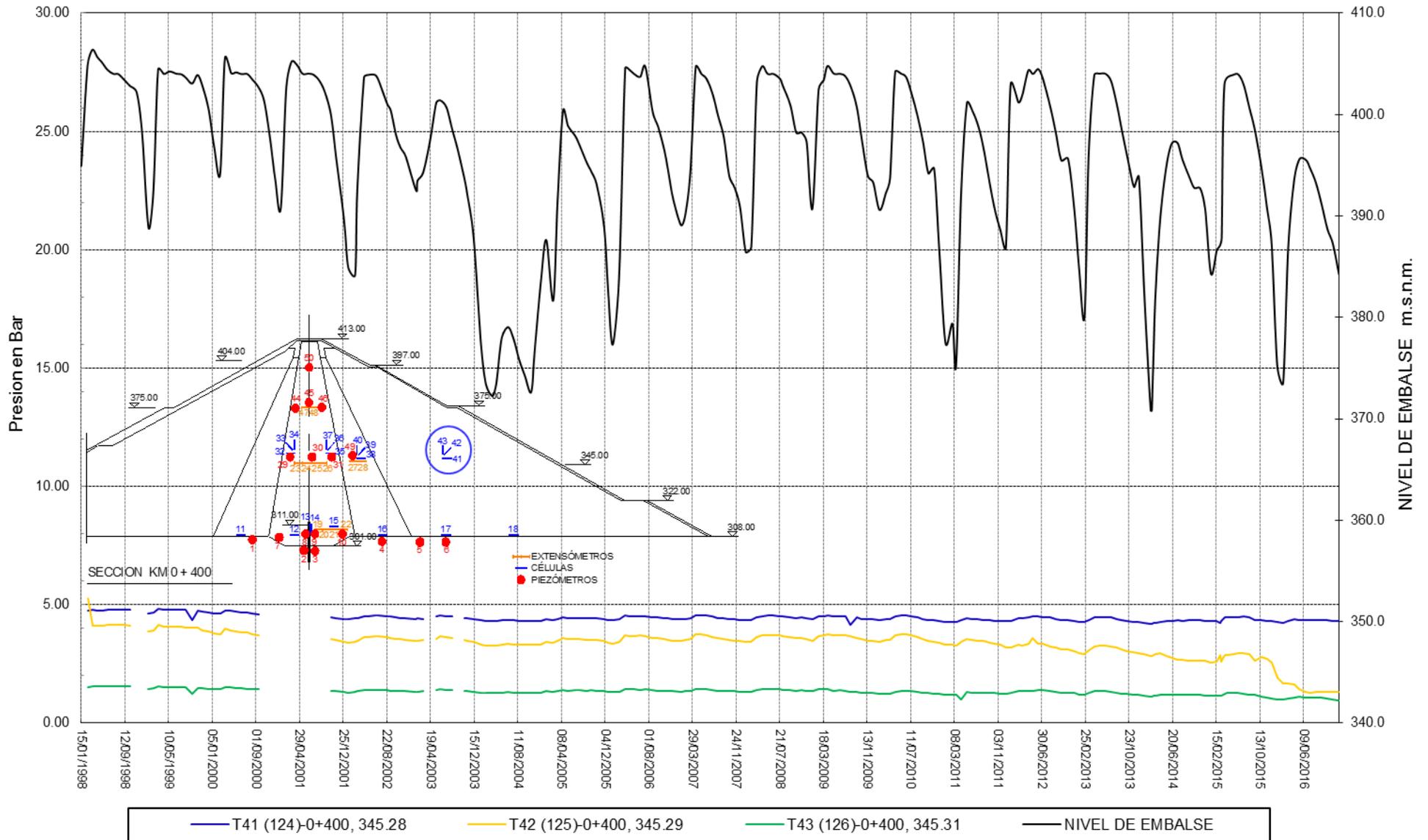
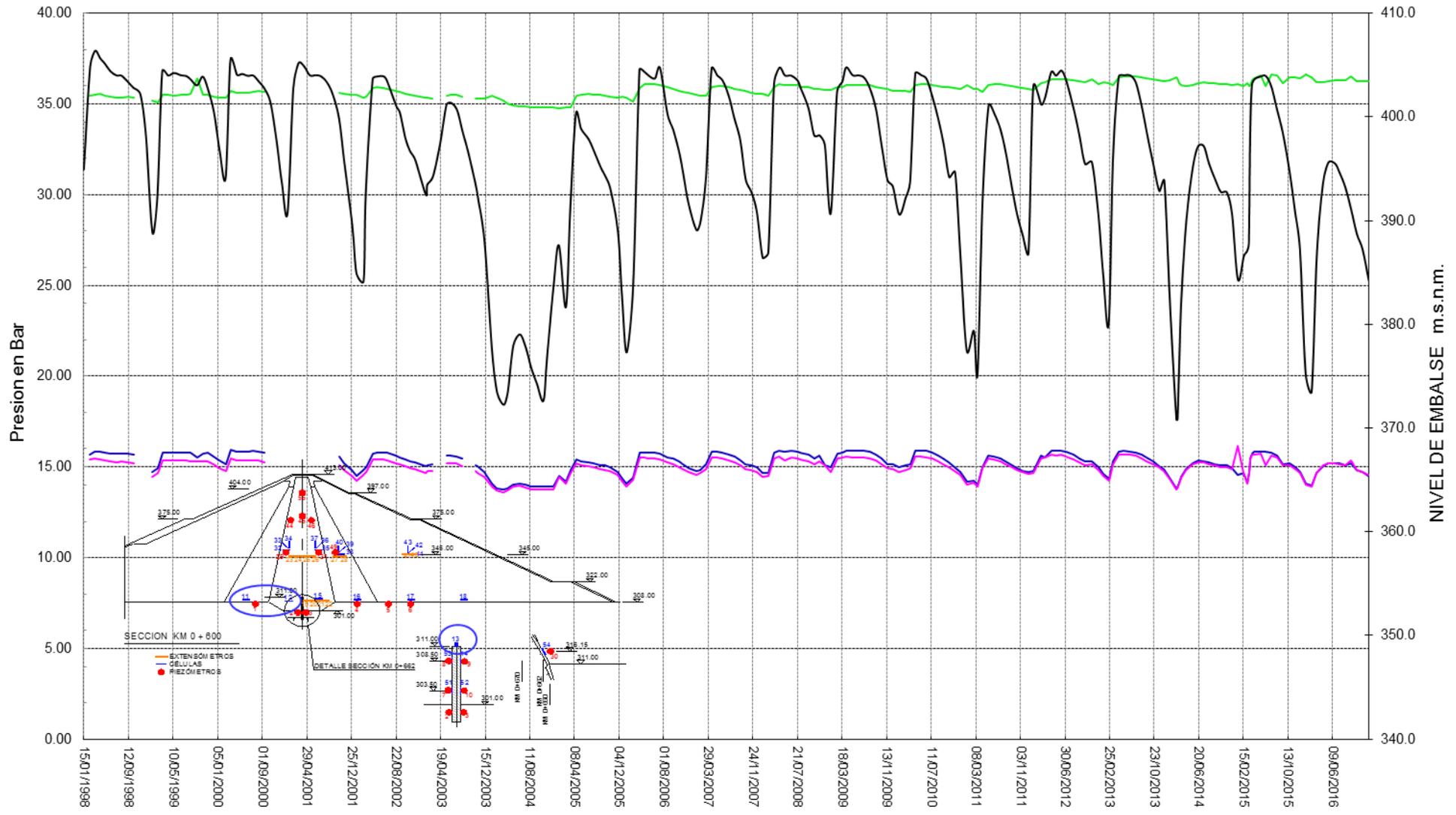


GRAFICO N° 67  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - Entre 307.00 y 311.00 msnm



— T11 (161)-0+600, 307.89      — T12 (162)-0+600, 308.61      — T13 (163)-0+600, 311.01      — NIVEL DE EMBALSE

GRAFICO N° 68  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - 308.00 msnm

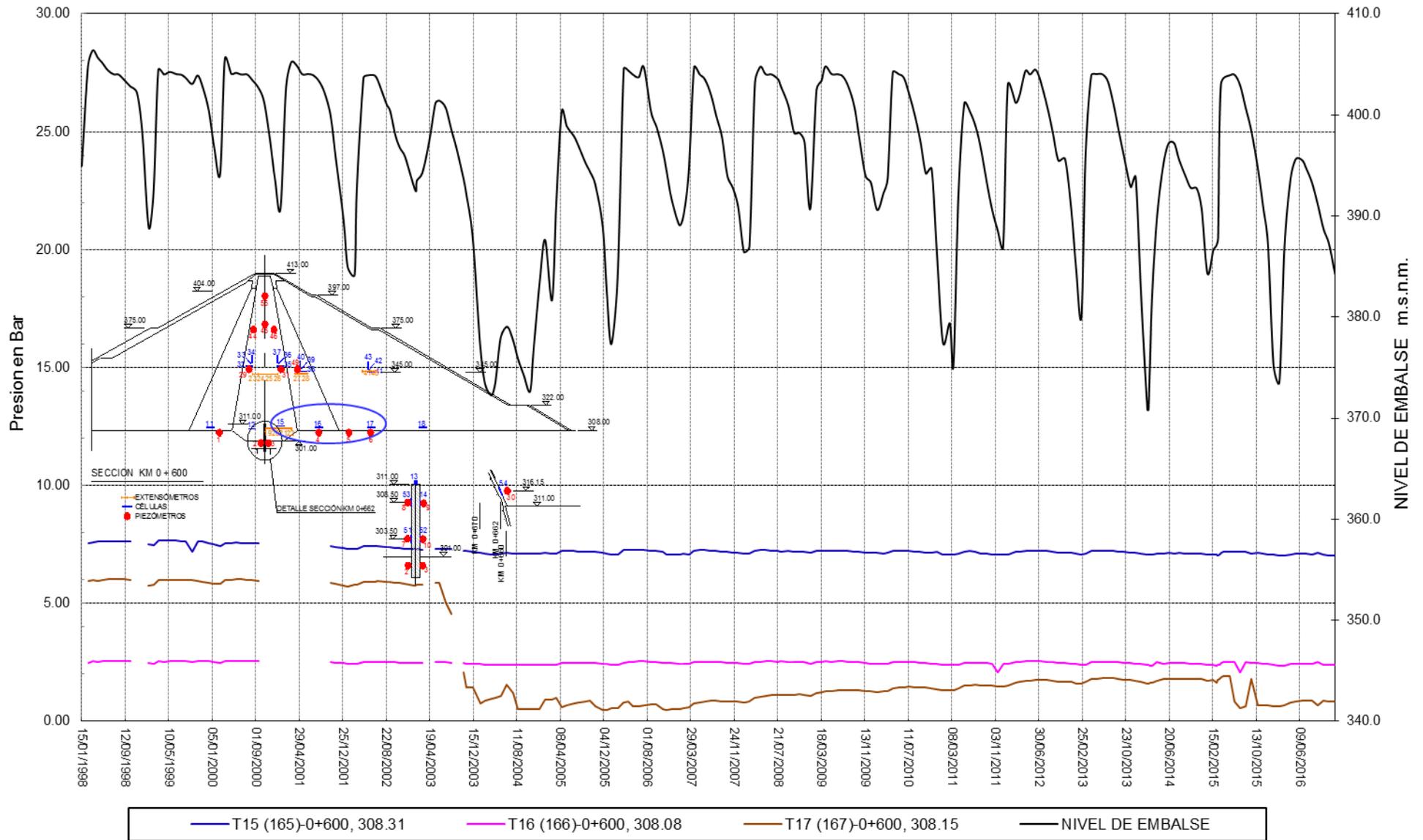




GRAFICO N° 70  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - 345.00 msnm

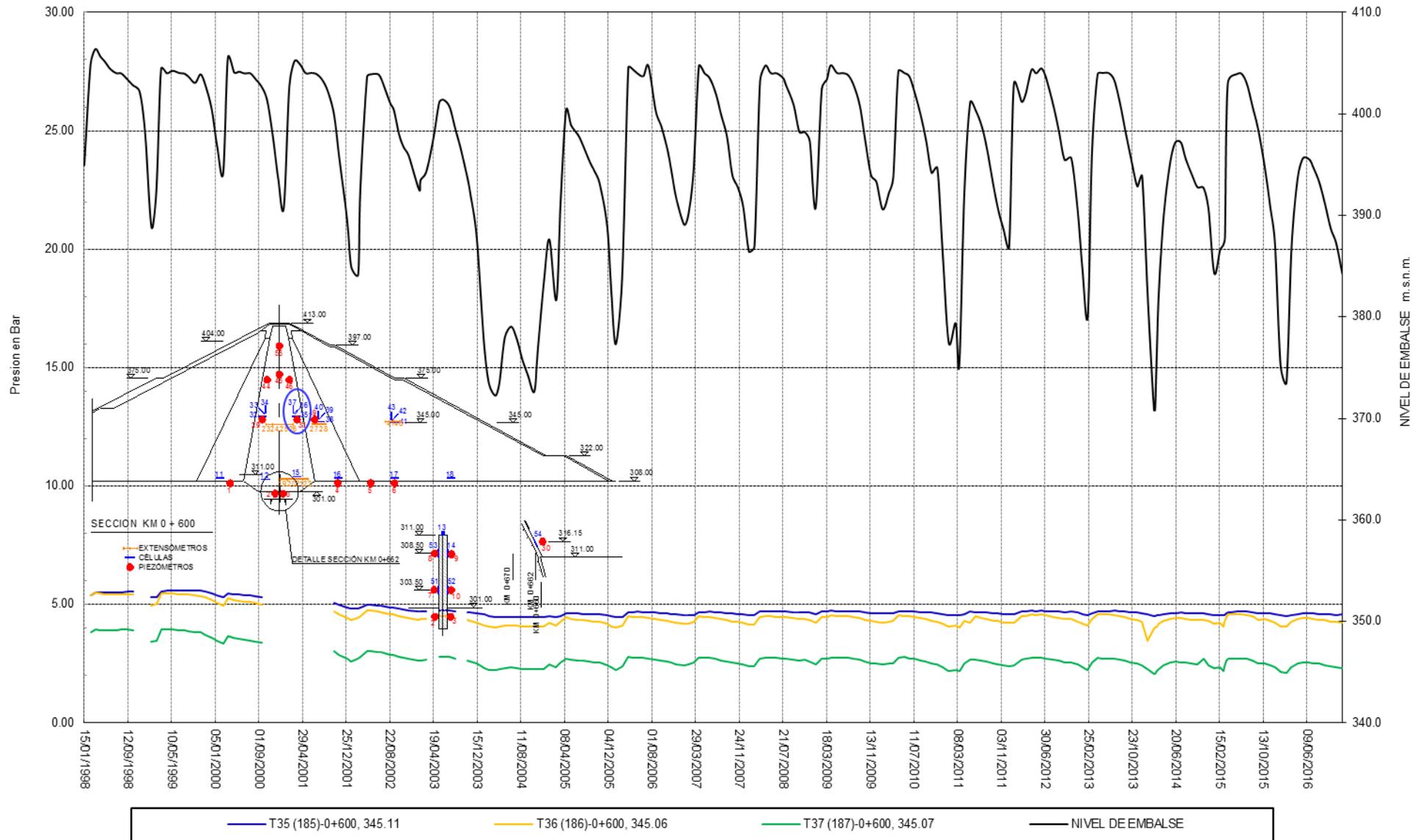


GRAFICO N° 71  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - 345.00 msnm

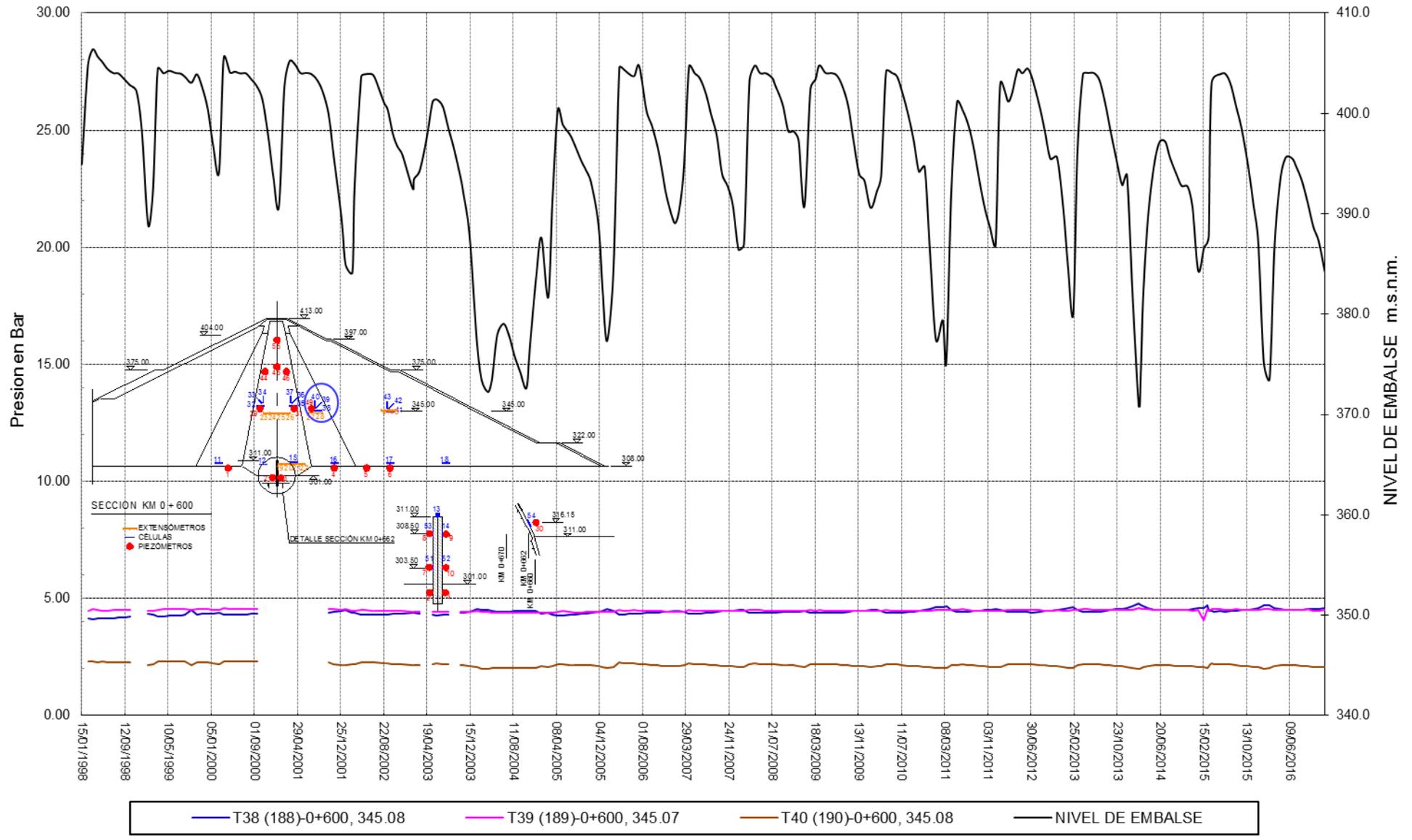


GRAFICO N° 72  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - 345.00 msnm

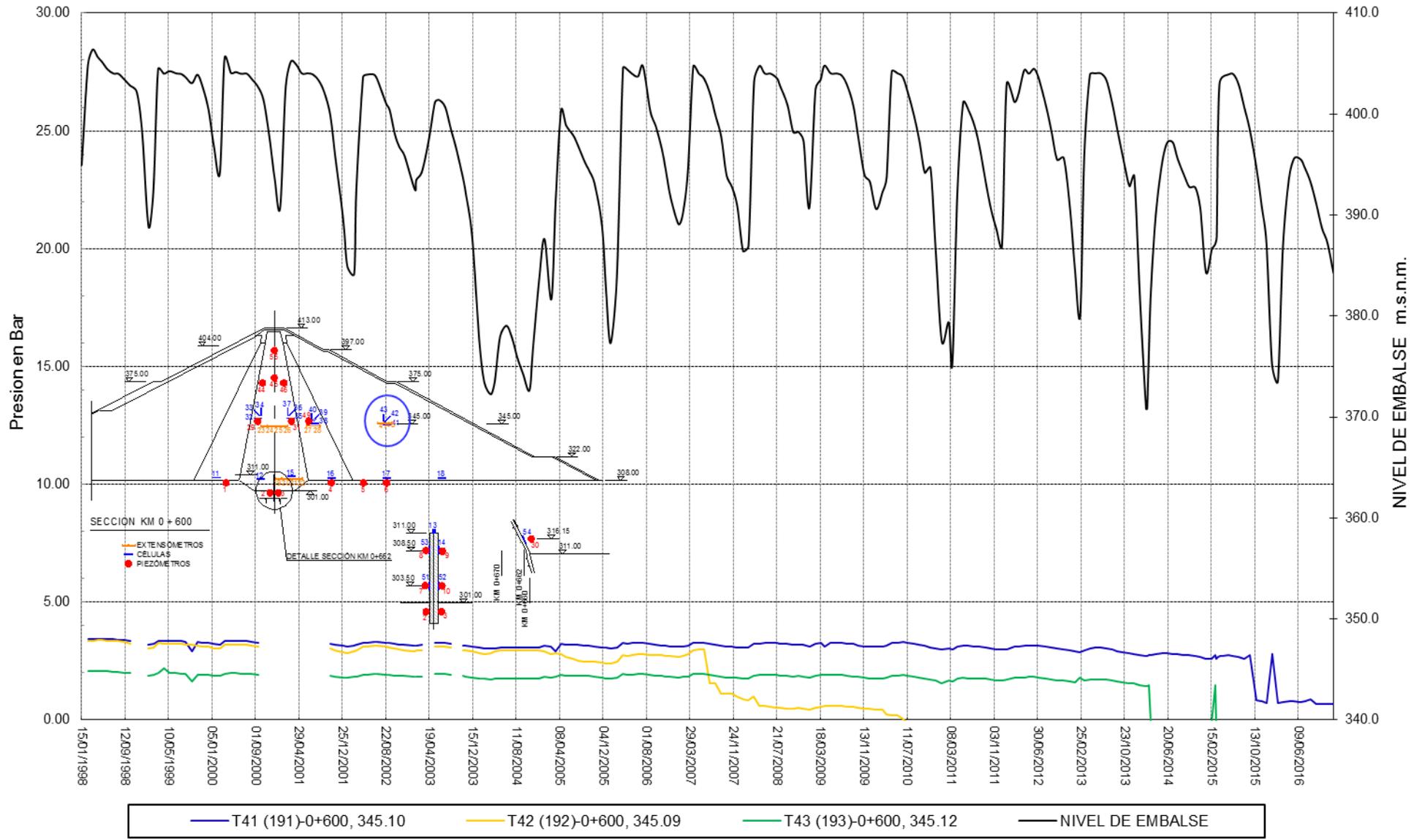


GRAFICO N° 73  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+600 - 303.00 y 308.00 msnm

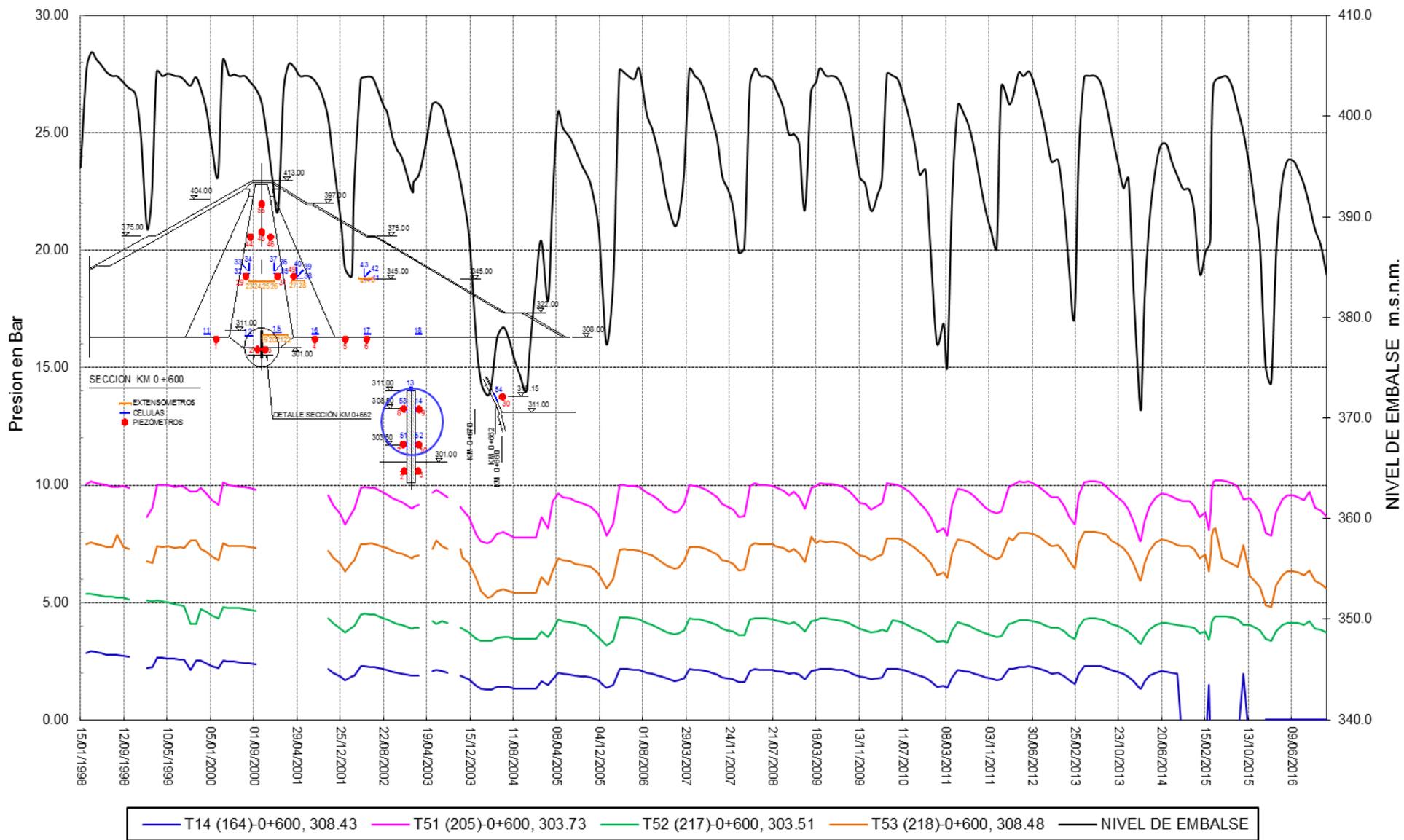


GRAFICO N° 74  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+700 - 345.00 msnm

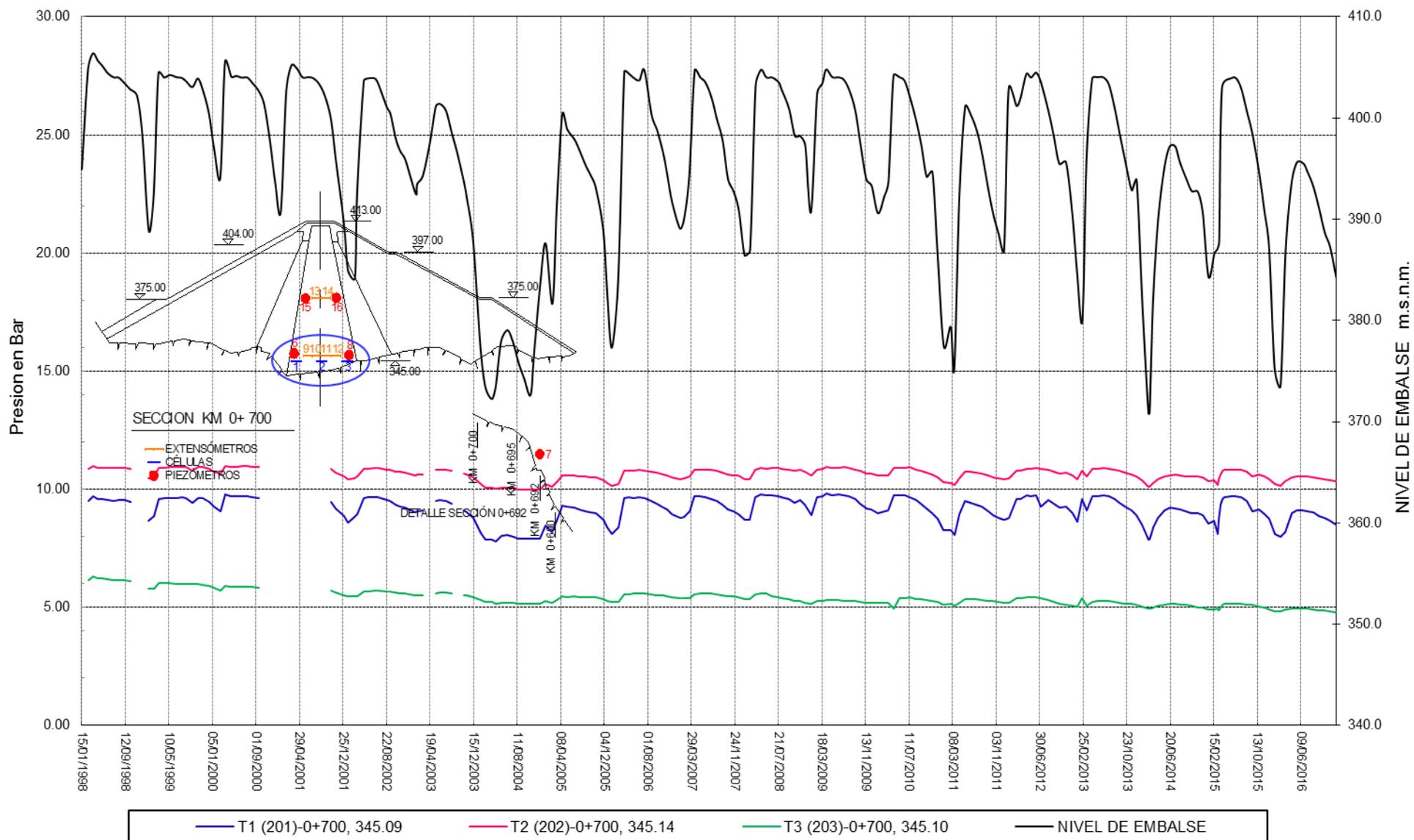


GRAFICO N° 75  
**COMPORTAMIENTO DE PRESIONES TOTALES EN PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 Km. 0+700 - 336.00 msnm

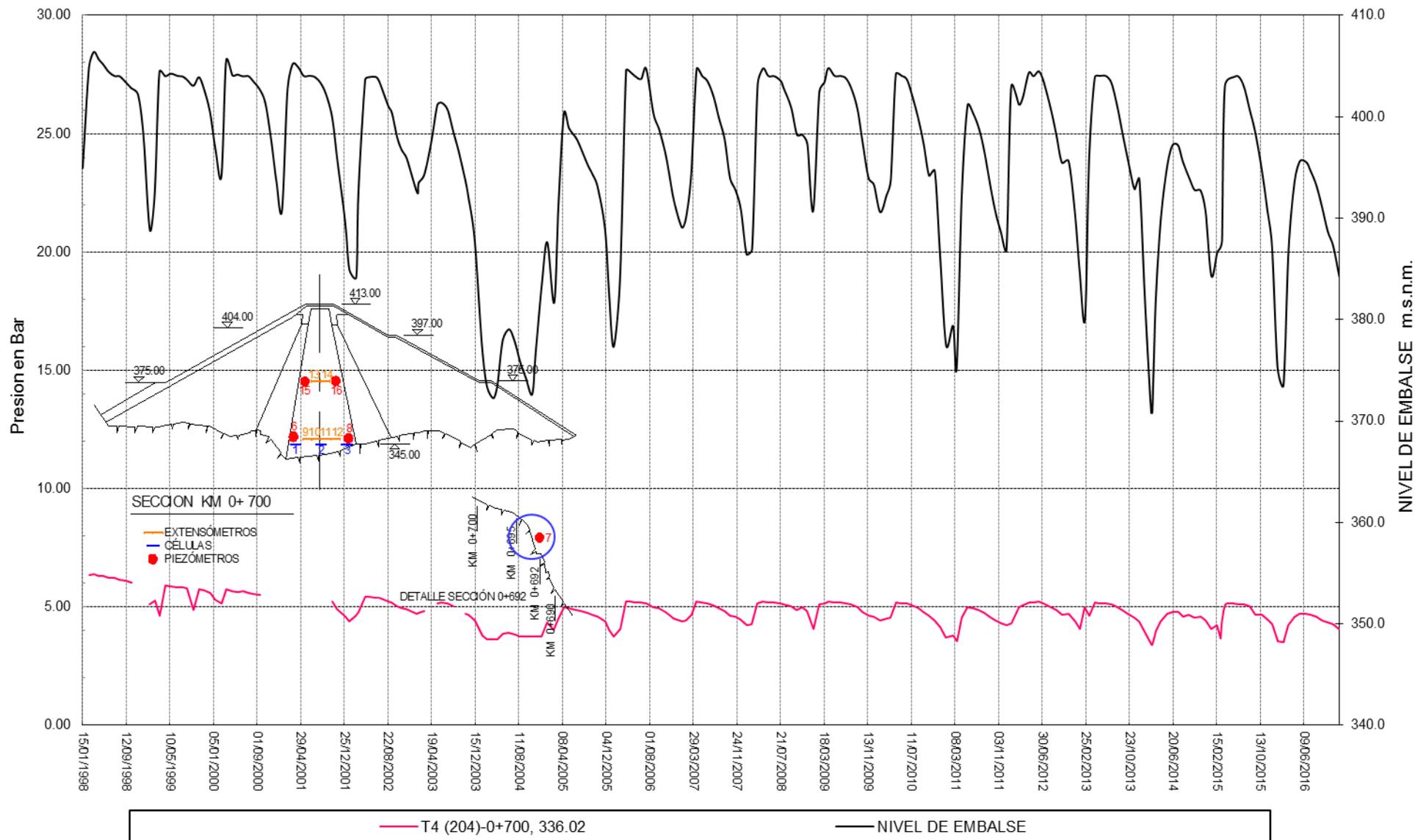


GRAFICO N° 76  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+100 Km - 345.00 msnm

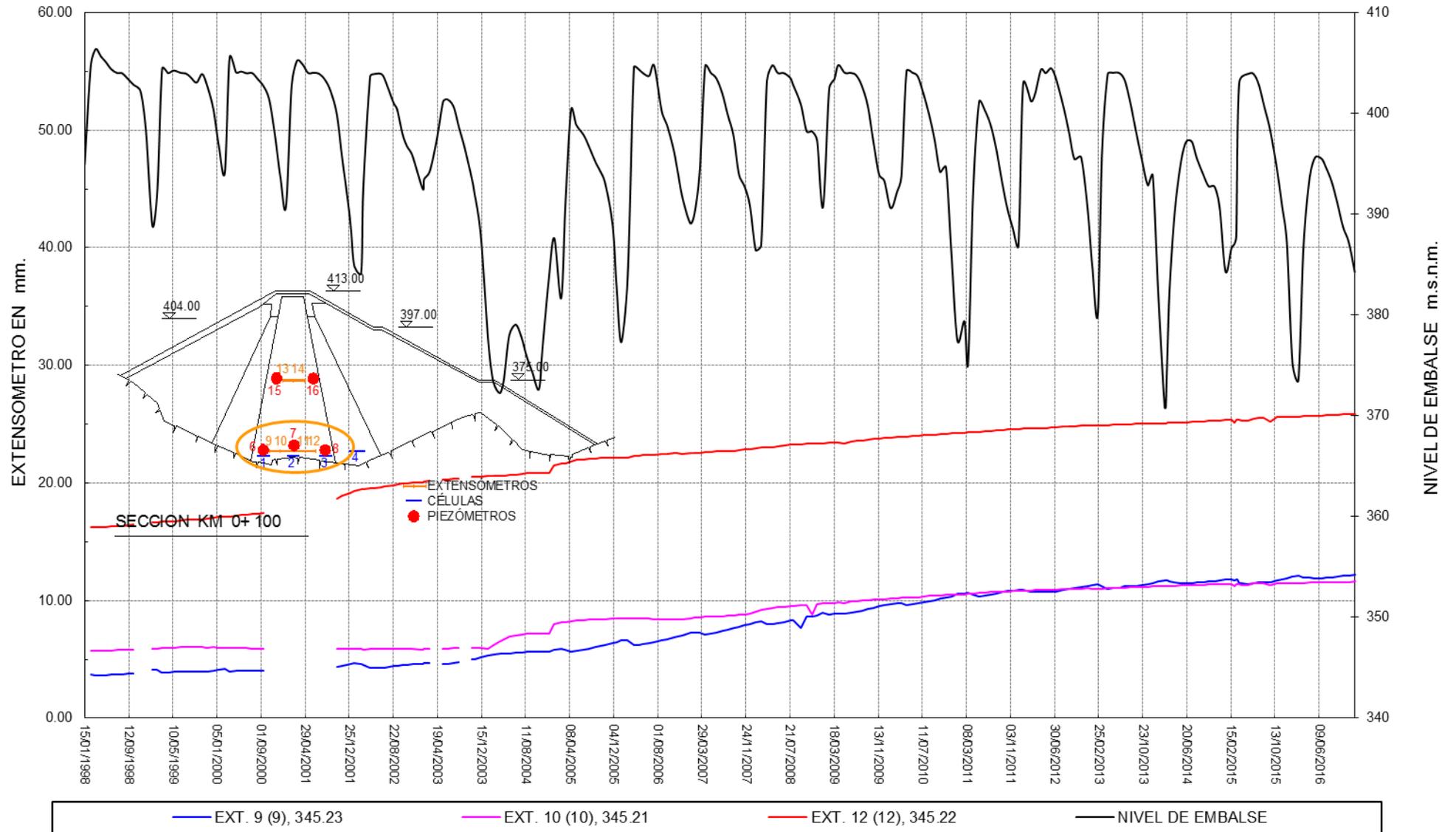


GRAFICO N° 77  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+100 Km - 374.00 msnm

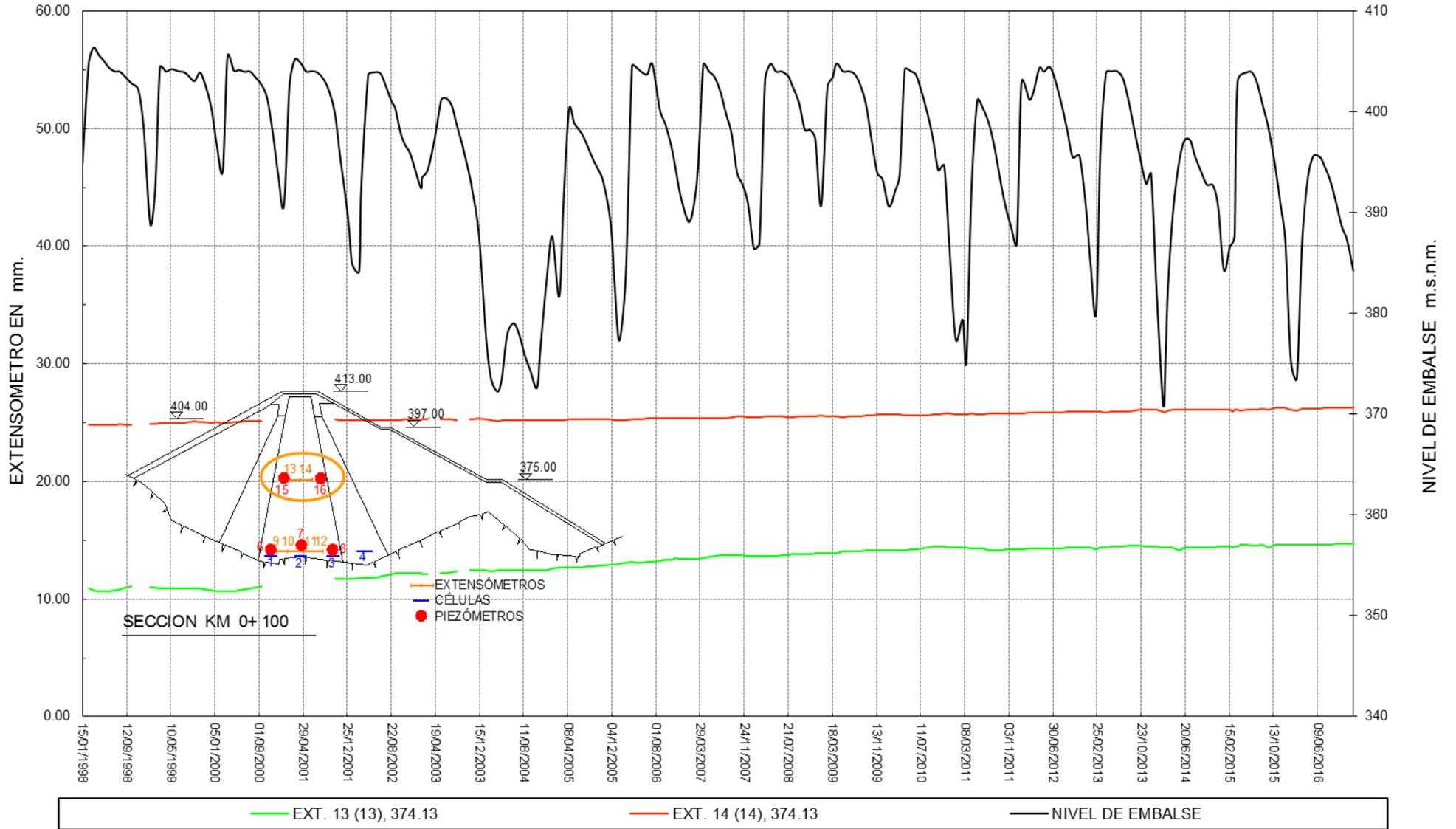


GRAFICO N° 78  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+200 Km - 313.00 msnm

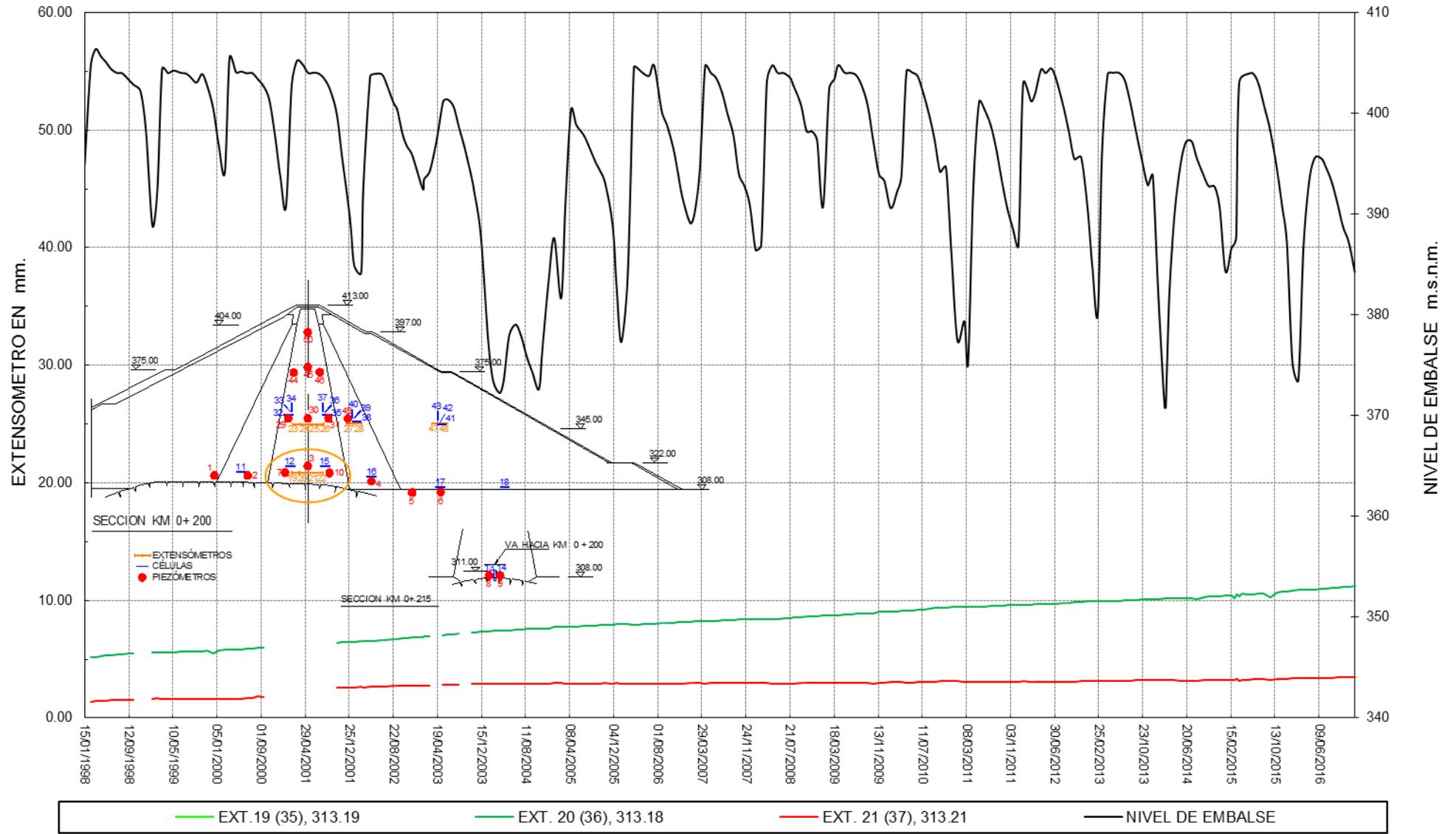


GRAFICO N° 79  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+200 Km - 345.00 msnm

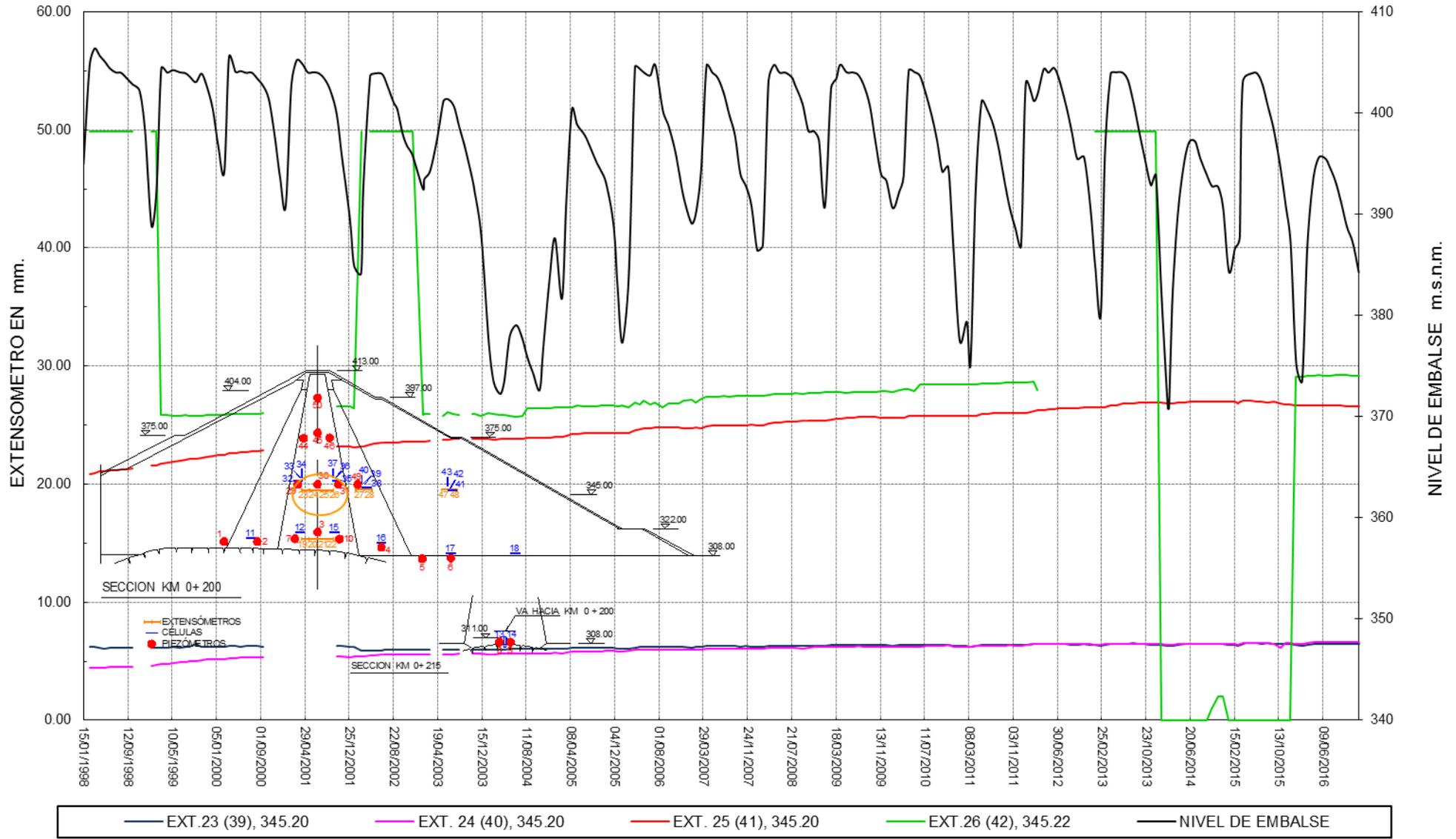


GRAFICO N° 80  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+200 Km - 345.00 msnm

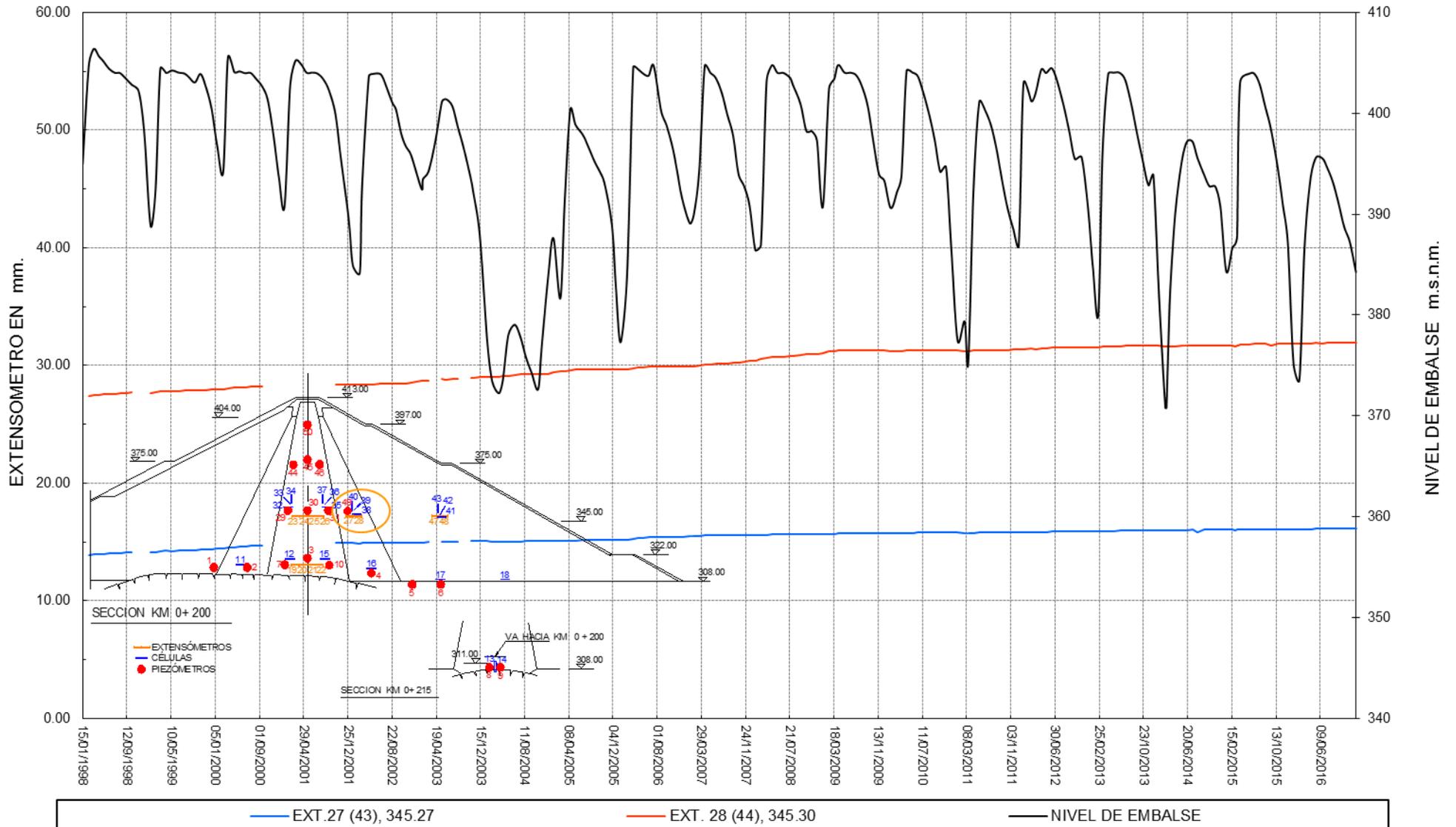


GRAFICO N° 81  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+200 Km - 374.00 msnm

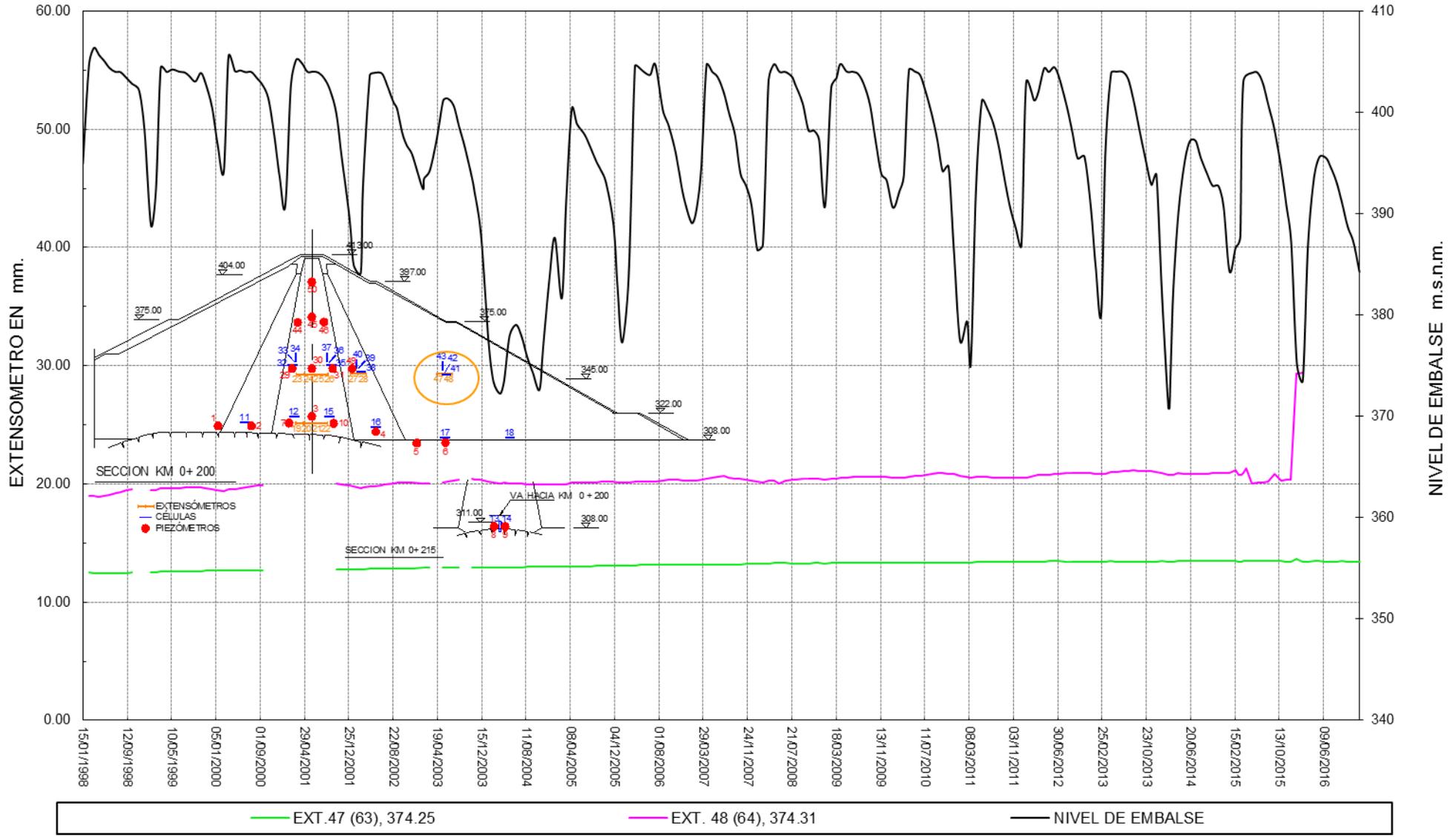


GRAFICO N° 82  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+400 Km - 307.00 msnm

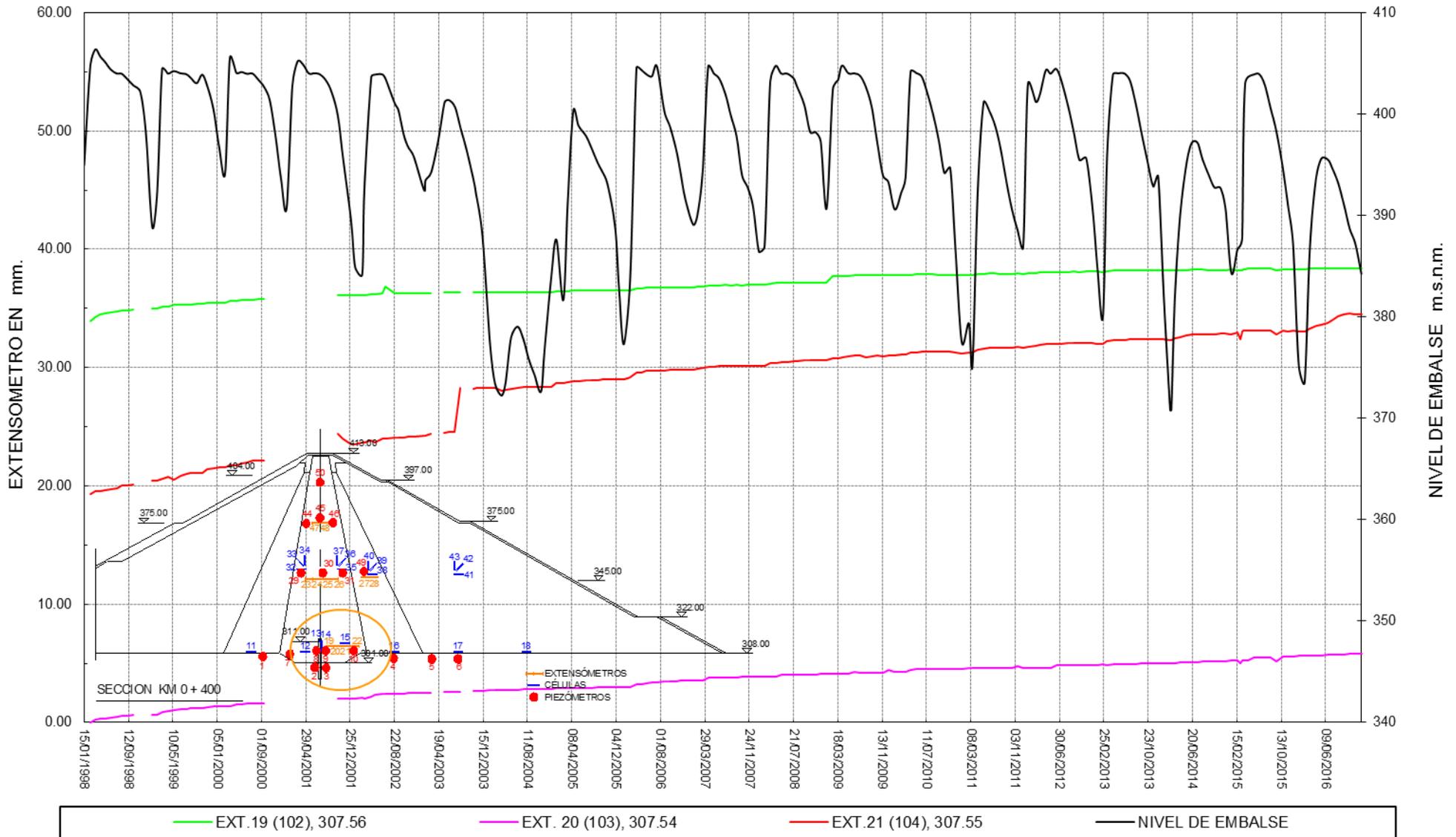


GRAFICO N° 83  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+400 Km - 345.00 msnm

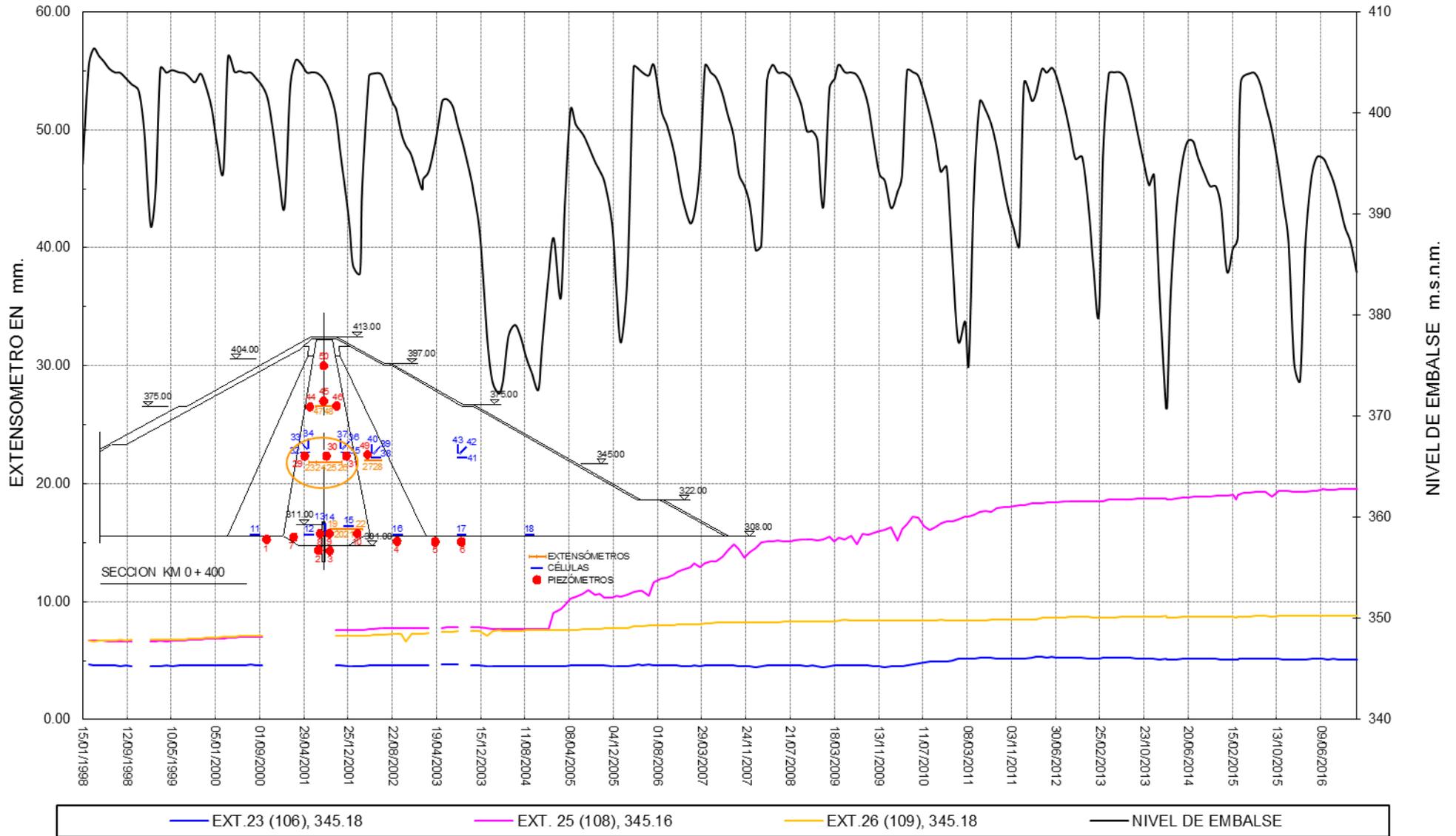


GRAFICO N° 84  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+400 Km - 345.00 msnm

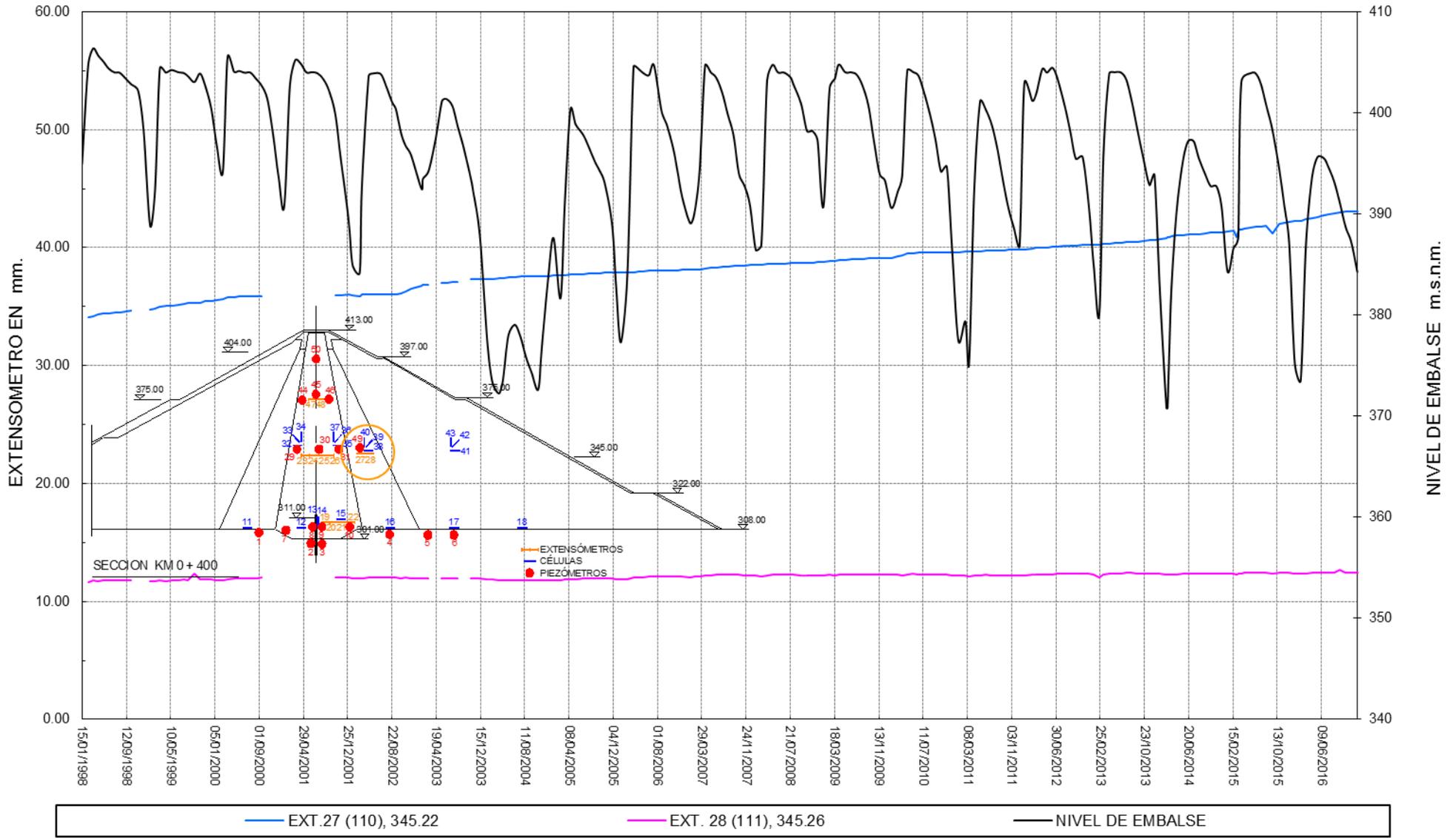


GRAFICO N° 85  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+400 Km - 374.00 msnm

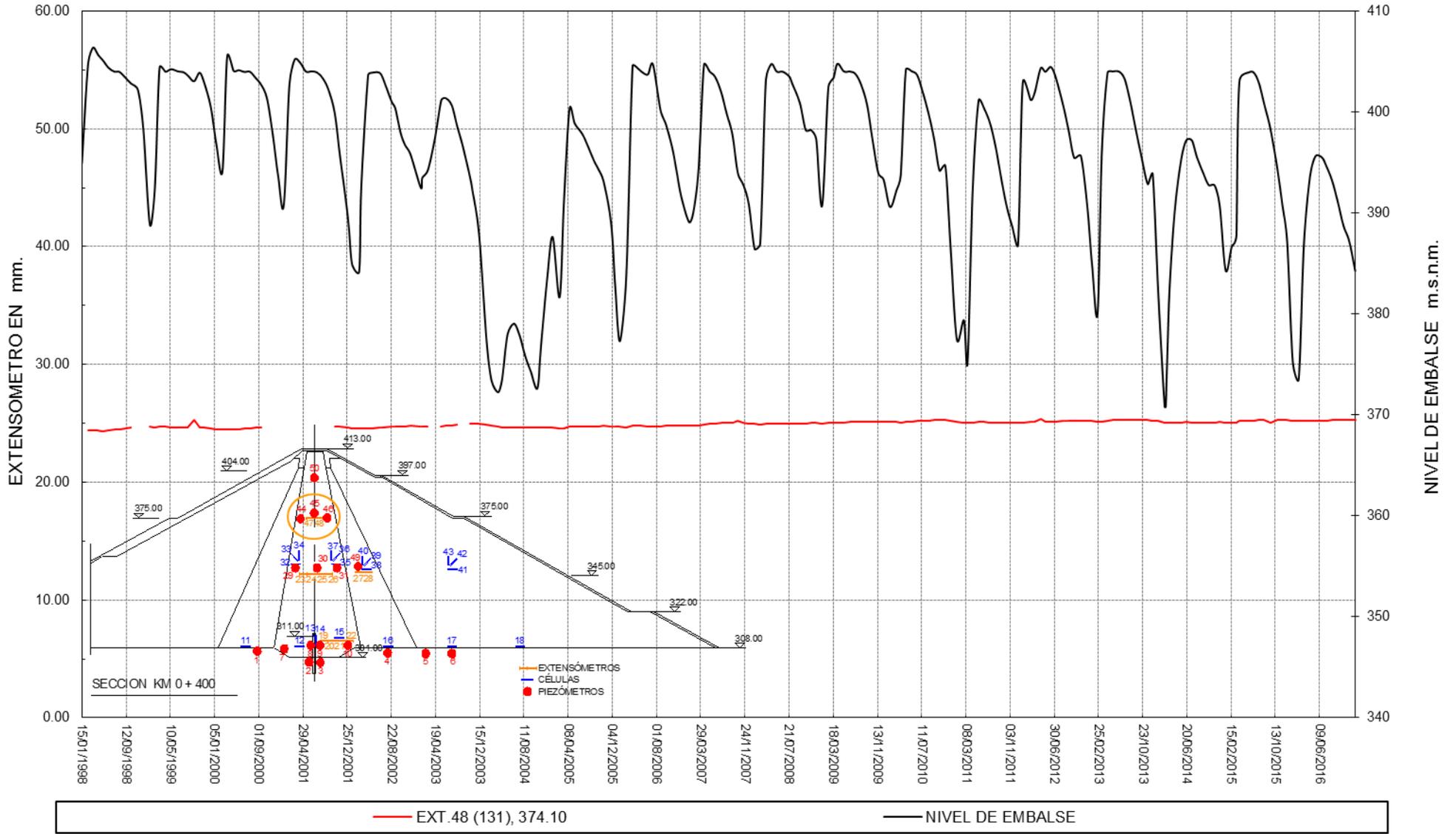


GRAFICO N° 86  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+600 Km - 308.00 msnm

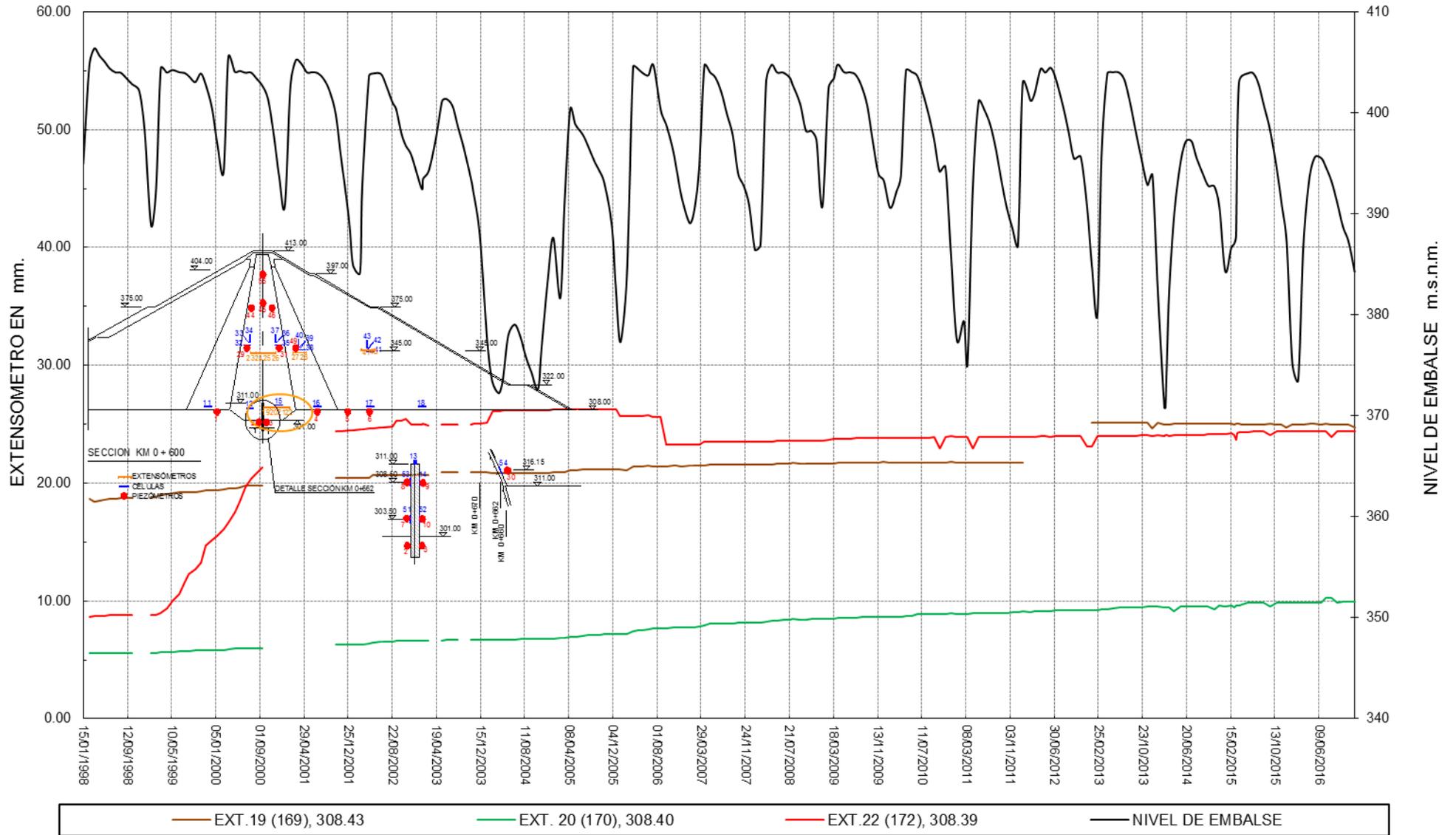


GRAFICO N° 87  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+600 Km - 345.00 msnm

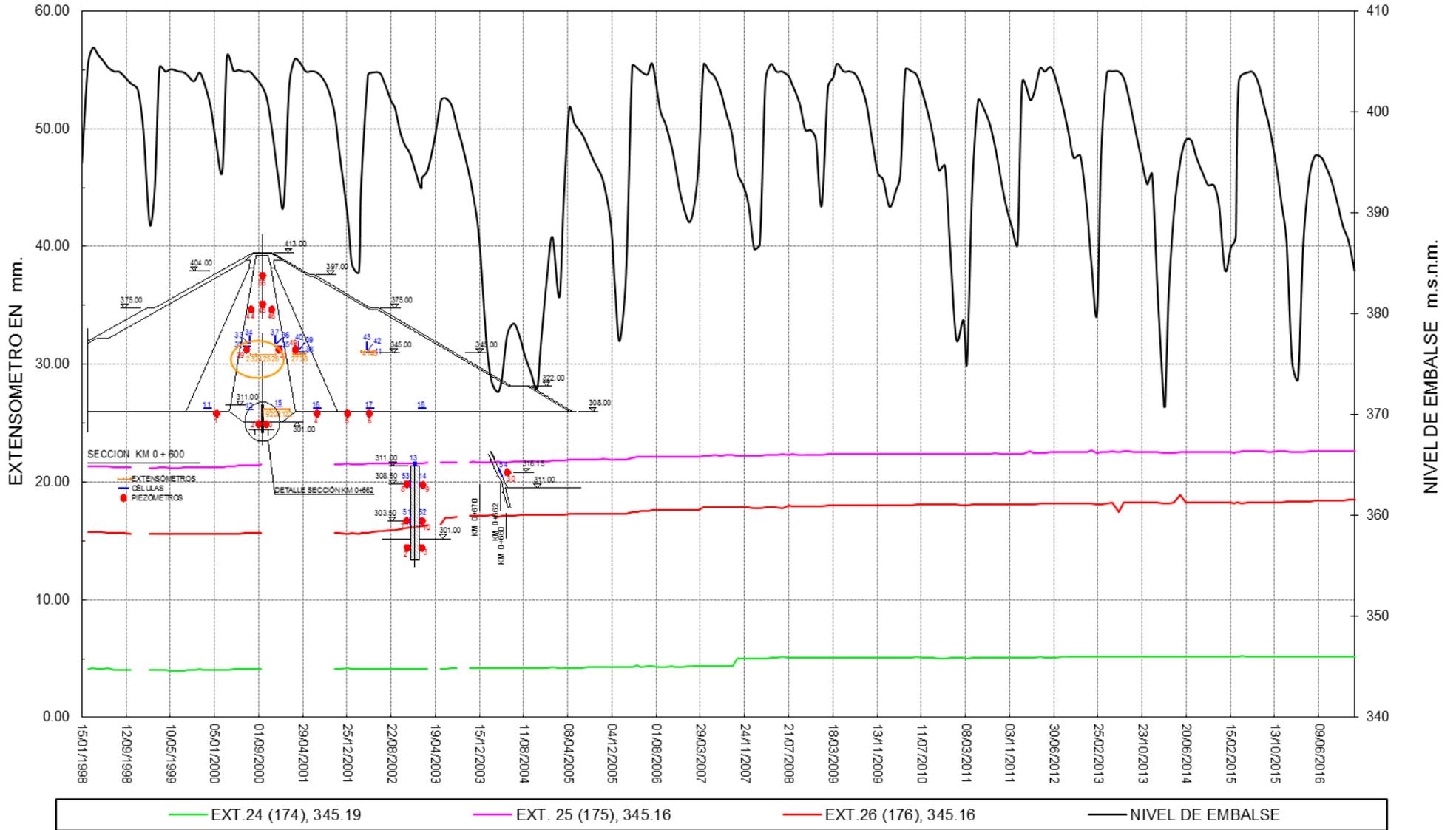


GRAFICO N° 88  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2015**  
 SECCION 0+600 Km - 345.00 msnm

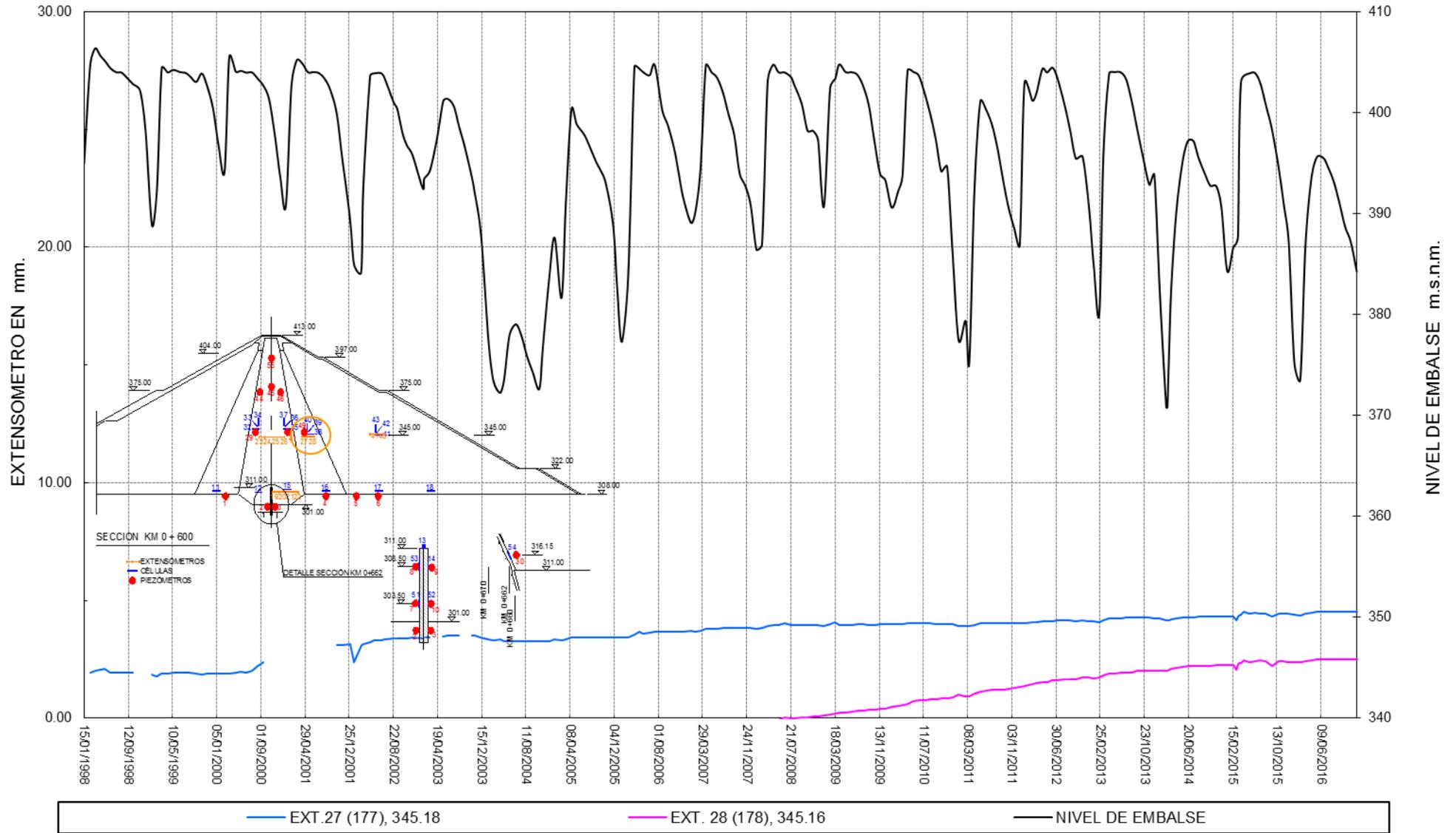


GRAFICO N° 89  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+600 Km - 374.00 msnm

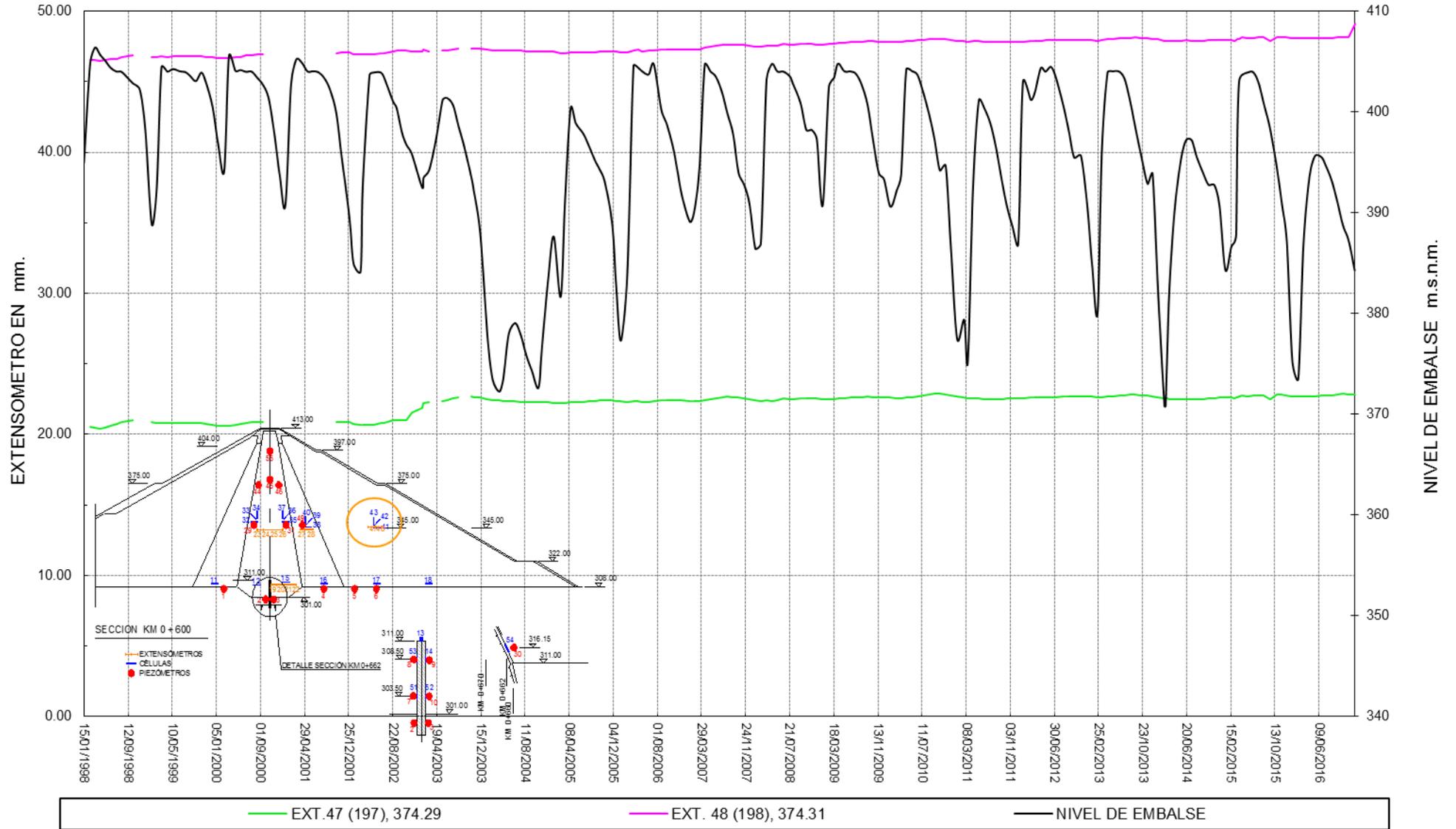


GRAFICO N° 90  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+700 Km - 345.00 msnm

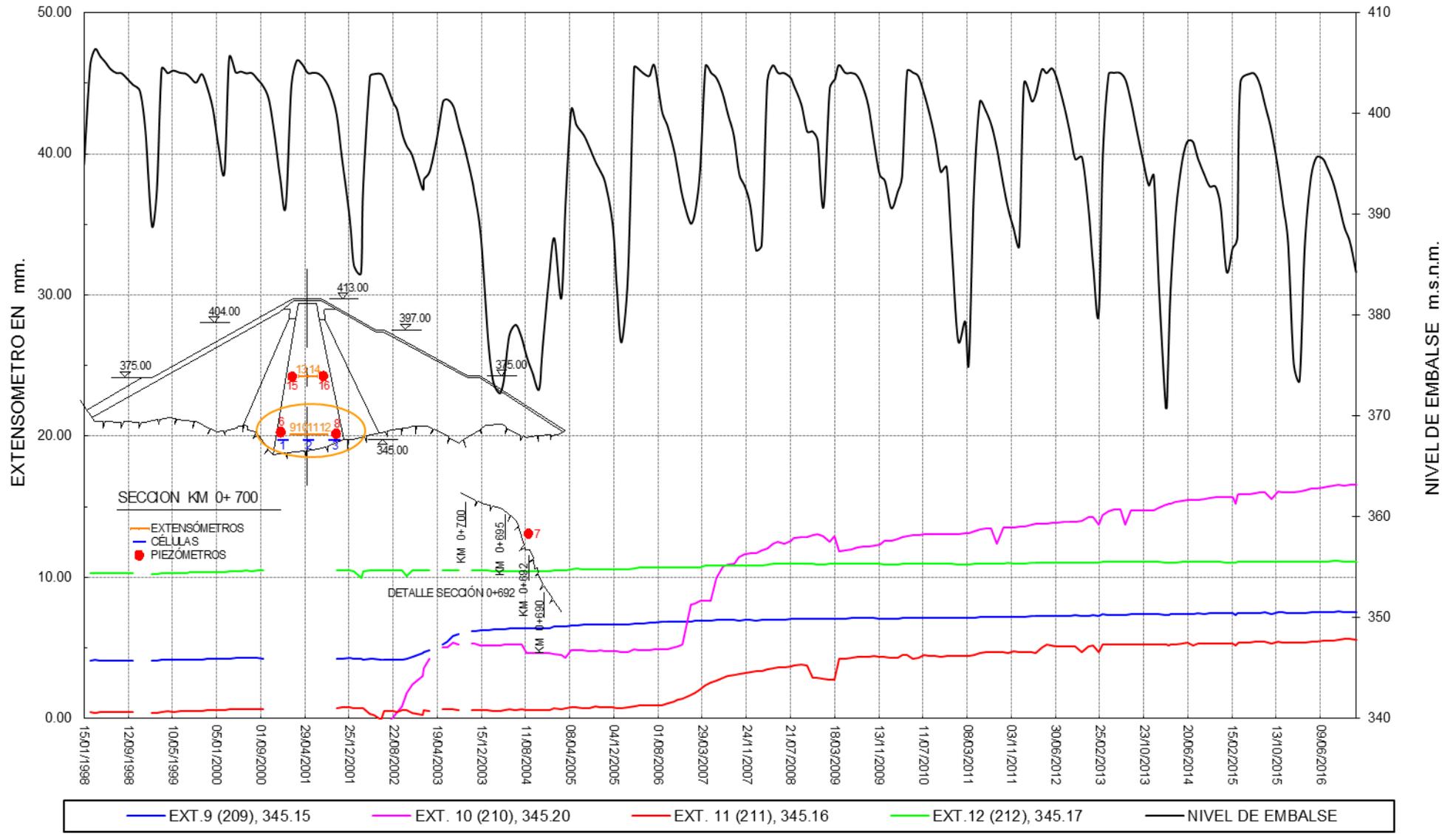


GRAFICO N° 91  
**COMPORTAMIENTO DE EXTENSOMETROS PRESA GALLITO CIEGO 1998 - 2016**  
 SECCION 0+700 Km - 374.00 msnm

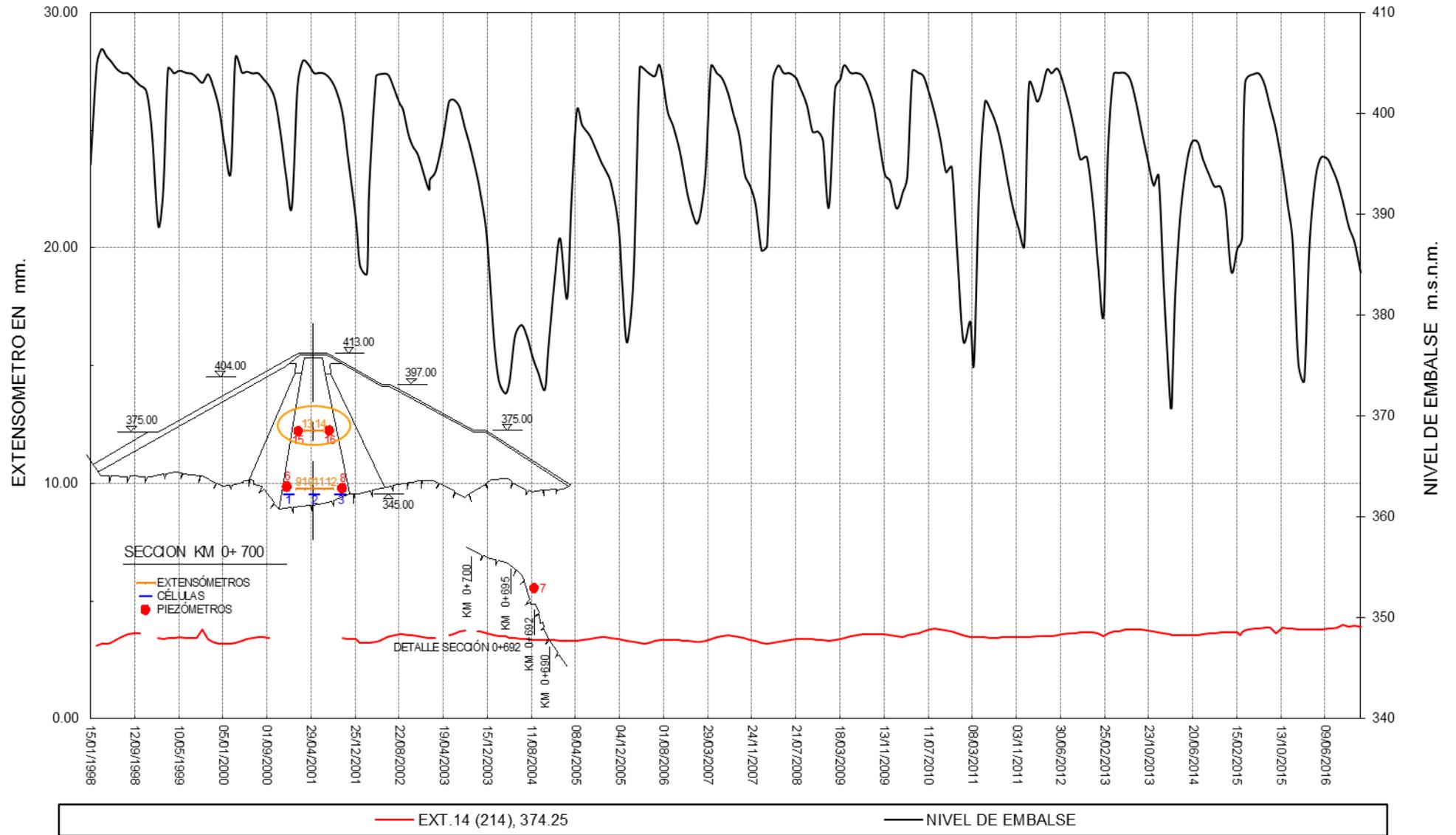


GRAFICO N° 92  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
CORONA DE PRESA - MAIHAK 100

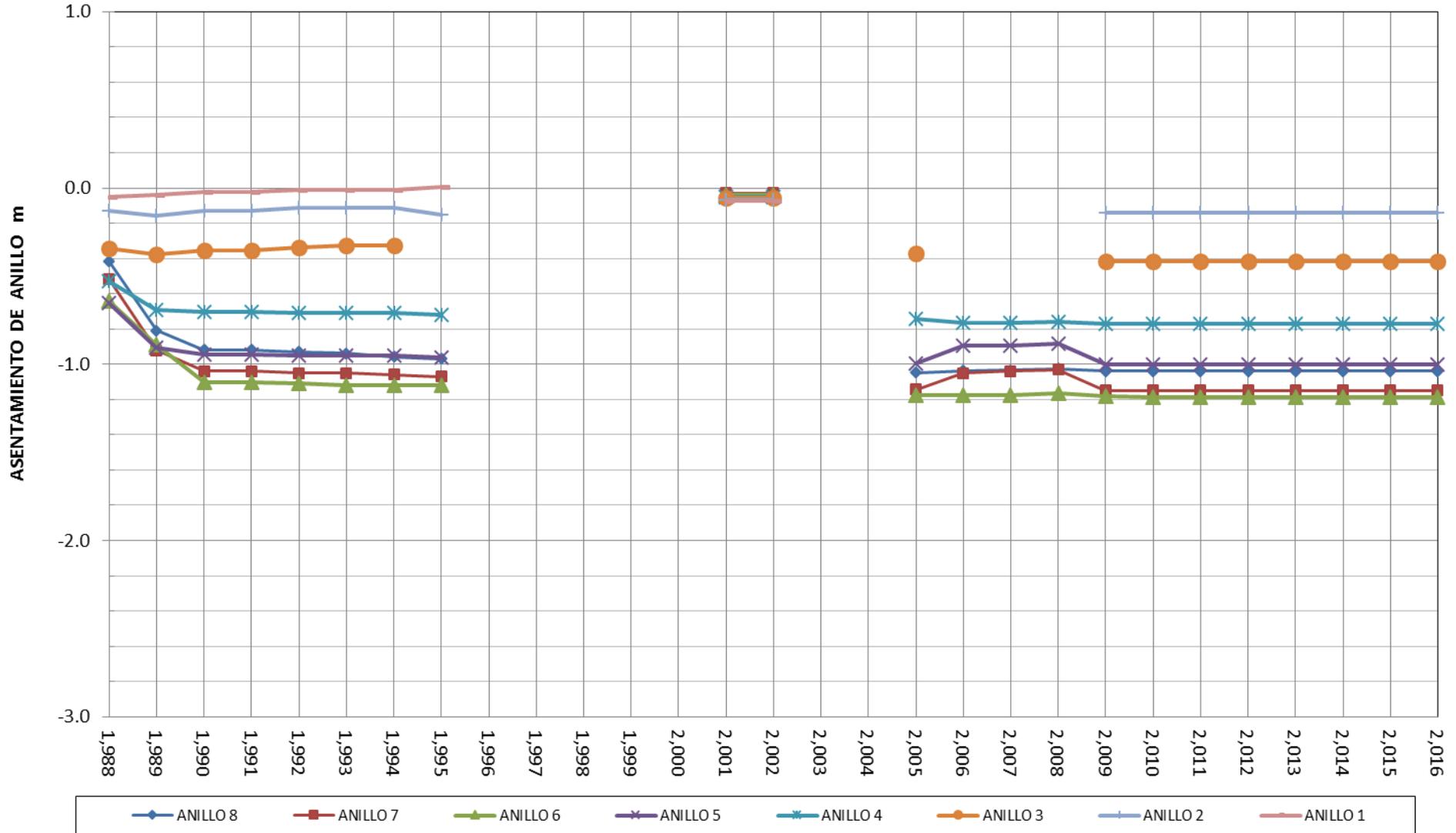


GRAFICO N° 93  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 200

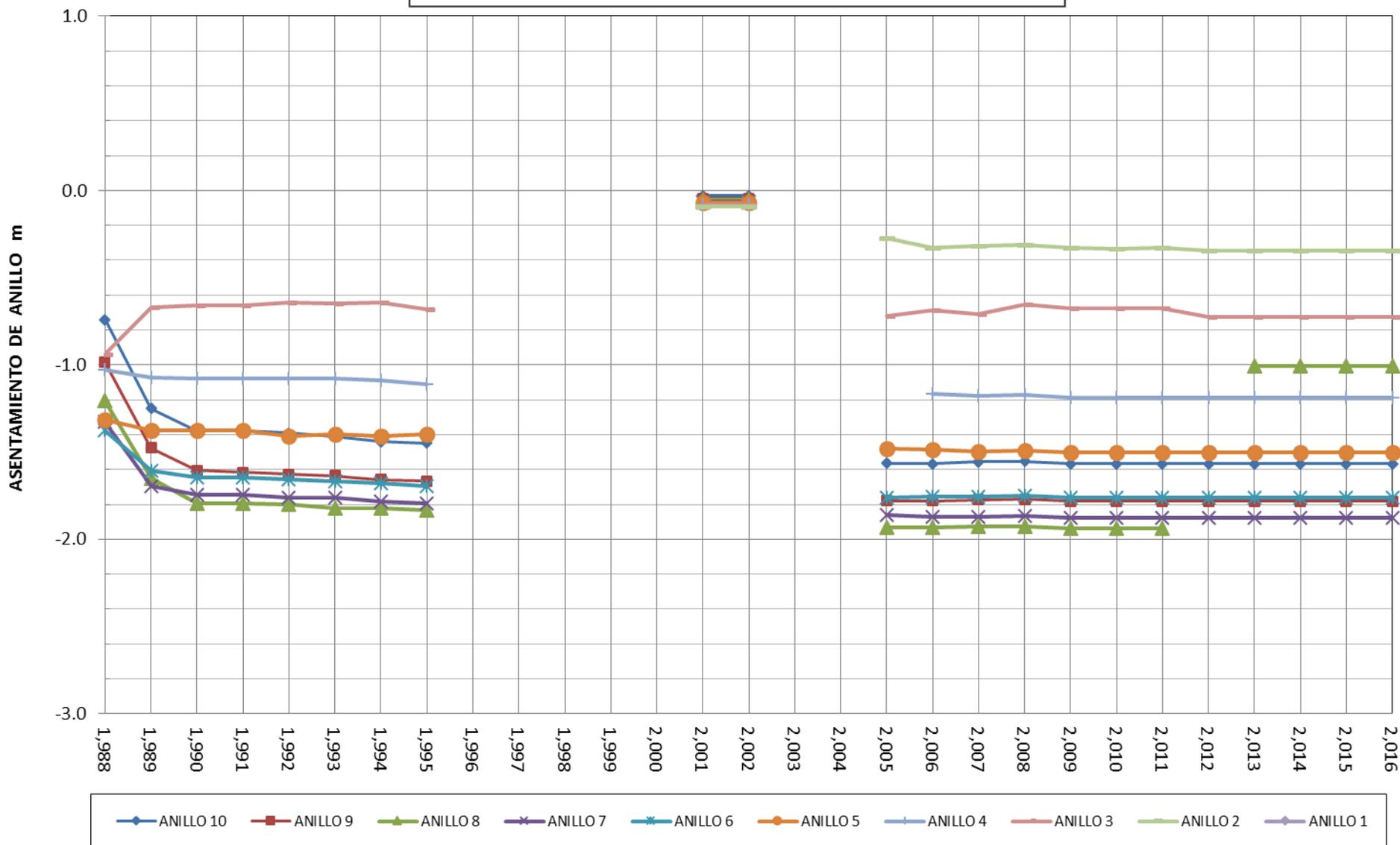


GRAFICO N° 94  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 300

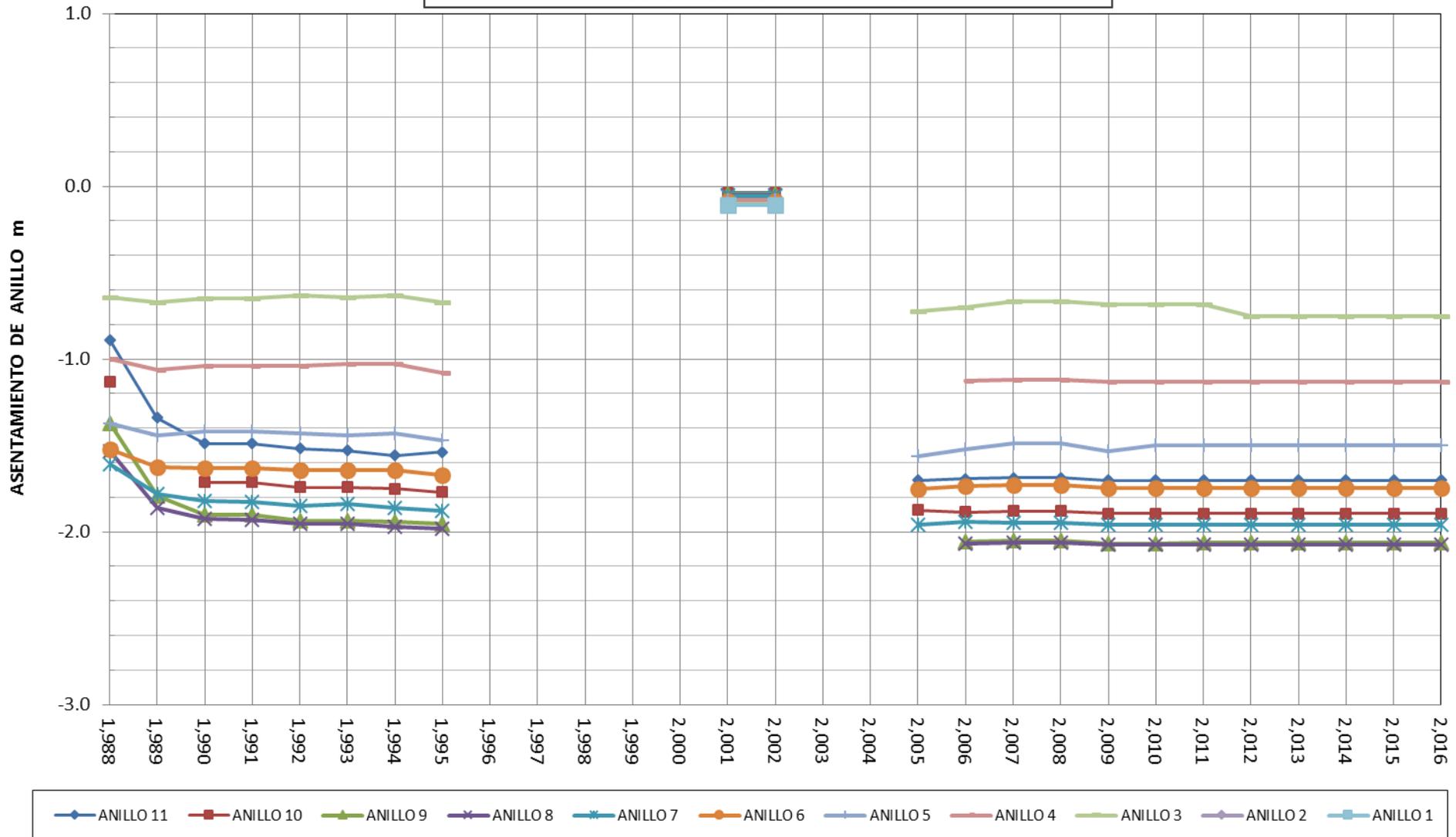


GRAFICO N° 95  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 400

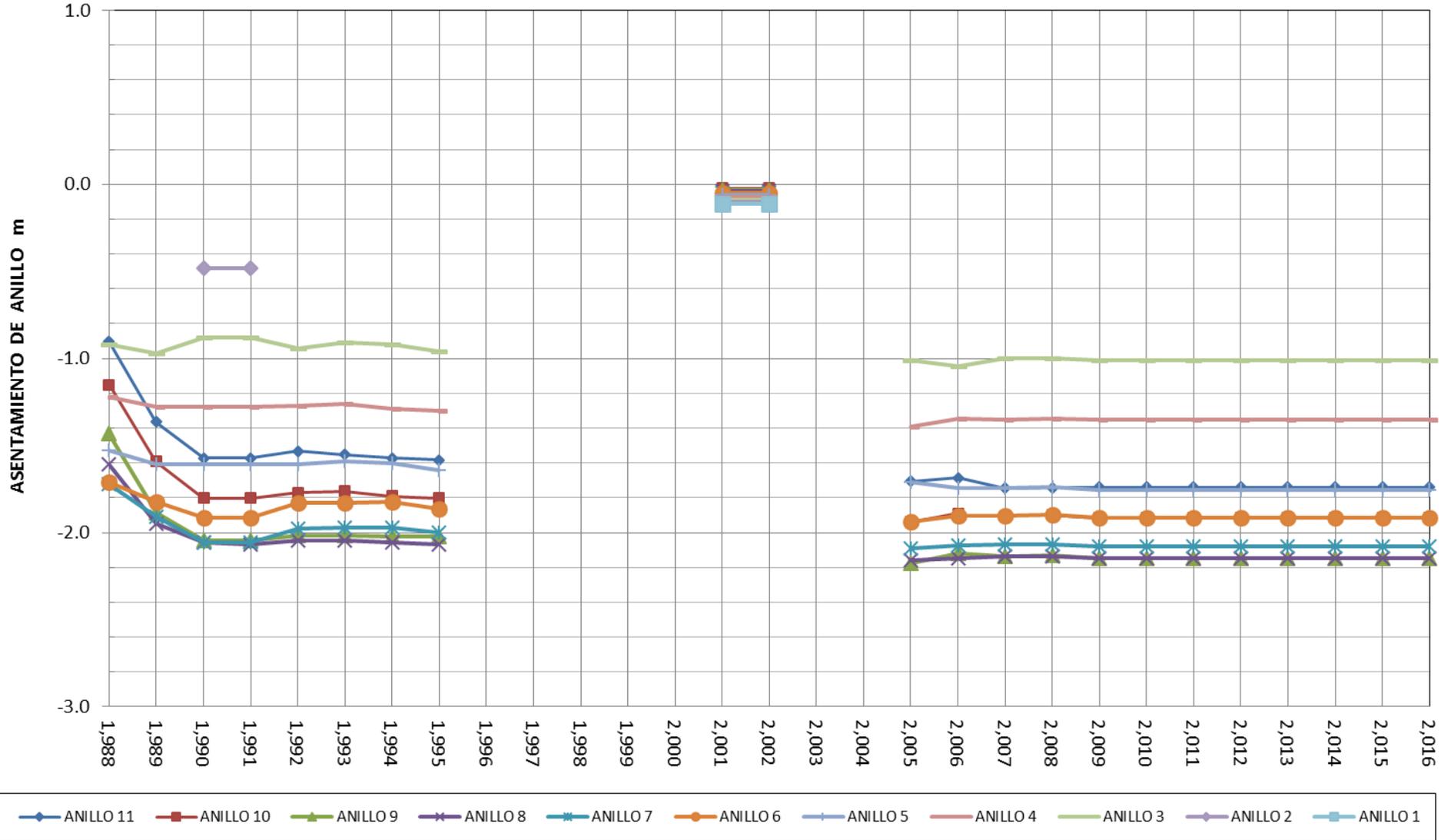


GRAFICO N° 96  
**ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 500

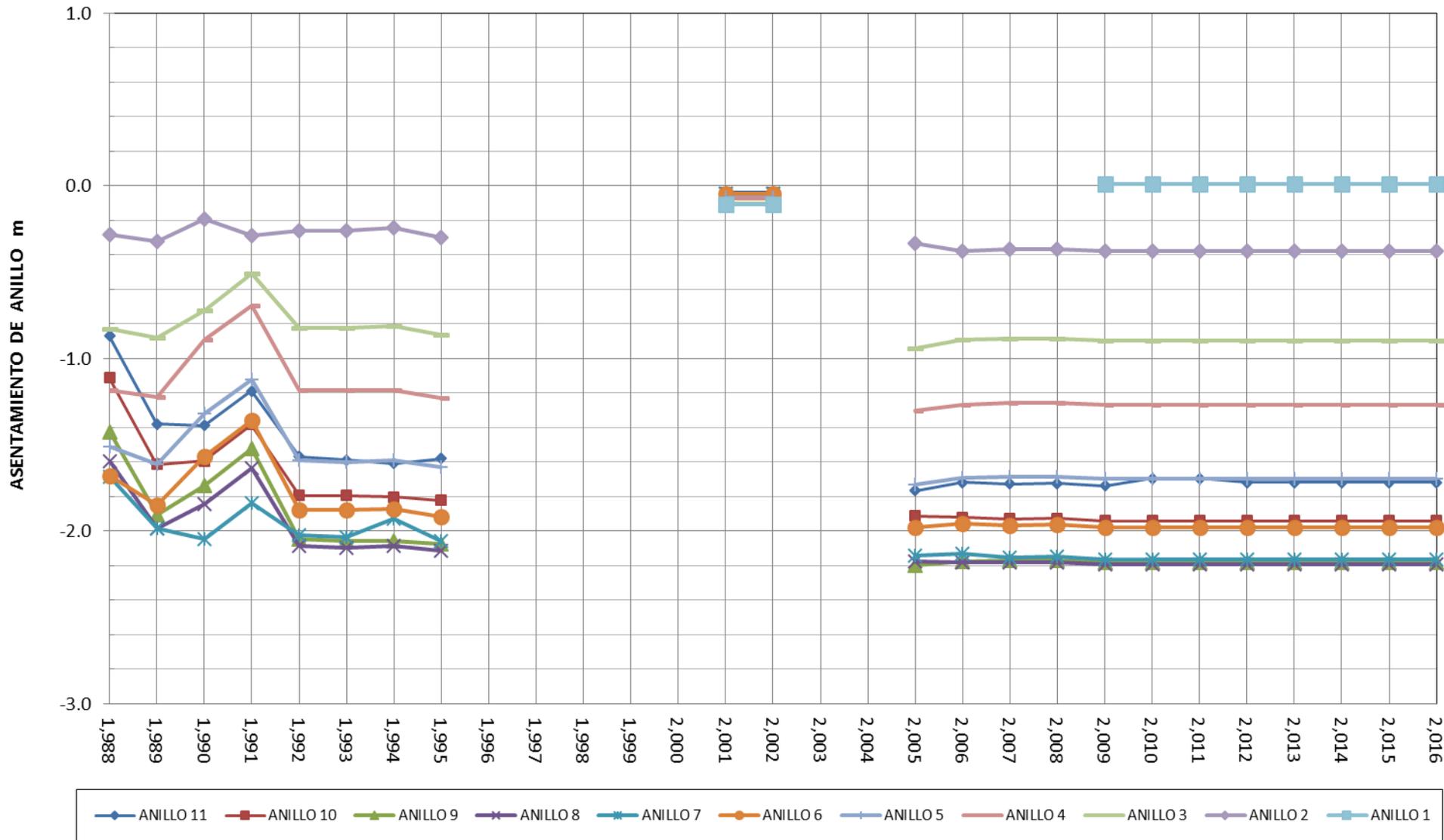


GRAFICO N° 97  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2015**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 600

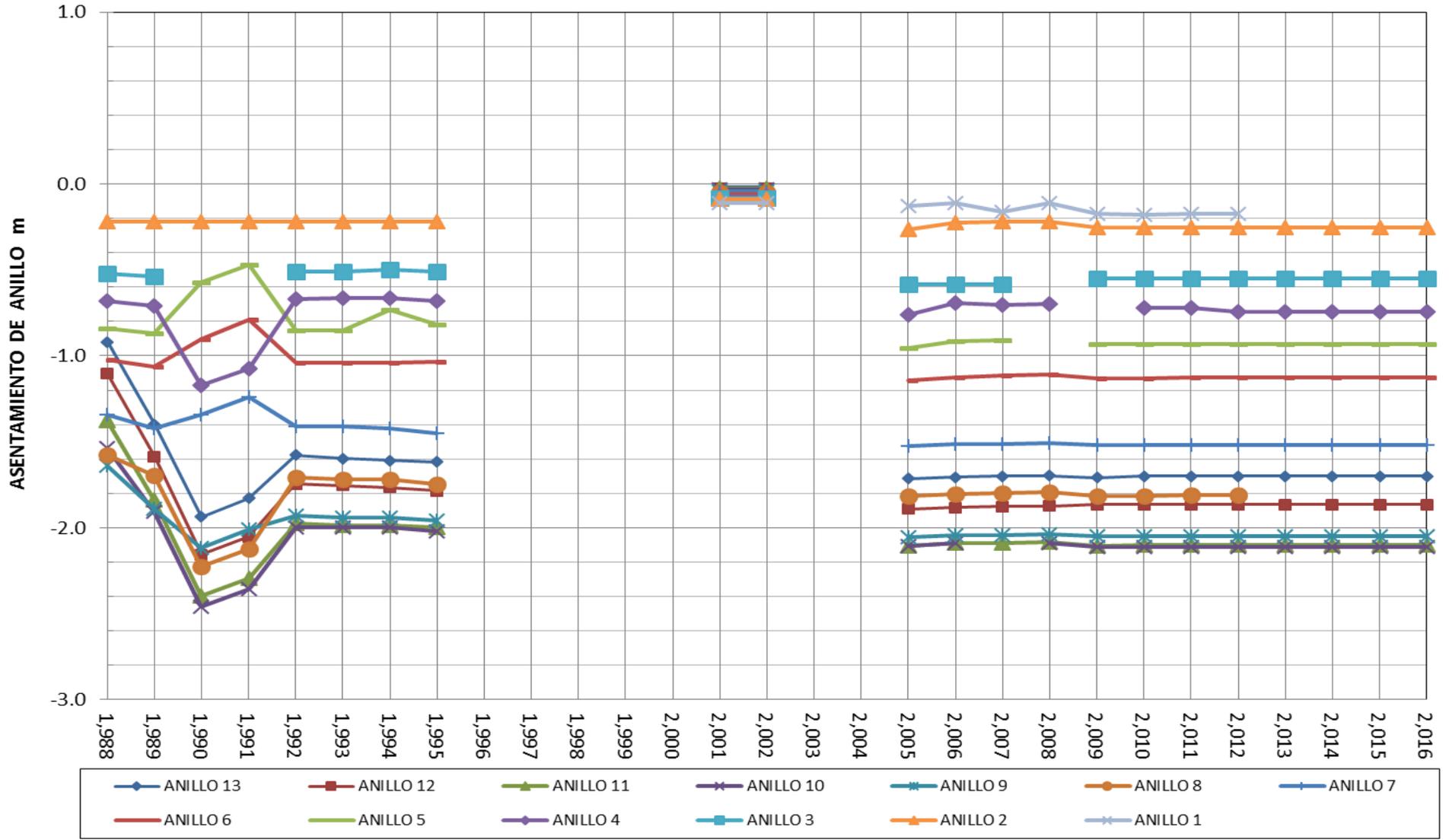


GRAFICO N° 98  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
 CORONA DE PRESA - MAIHAK 600 EP

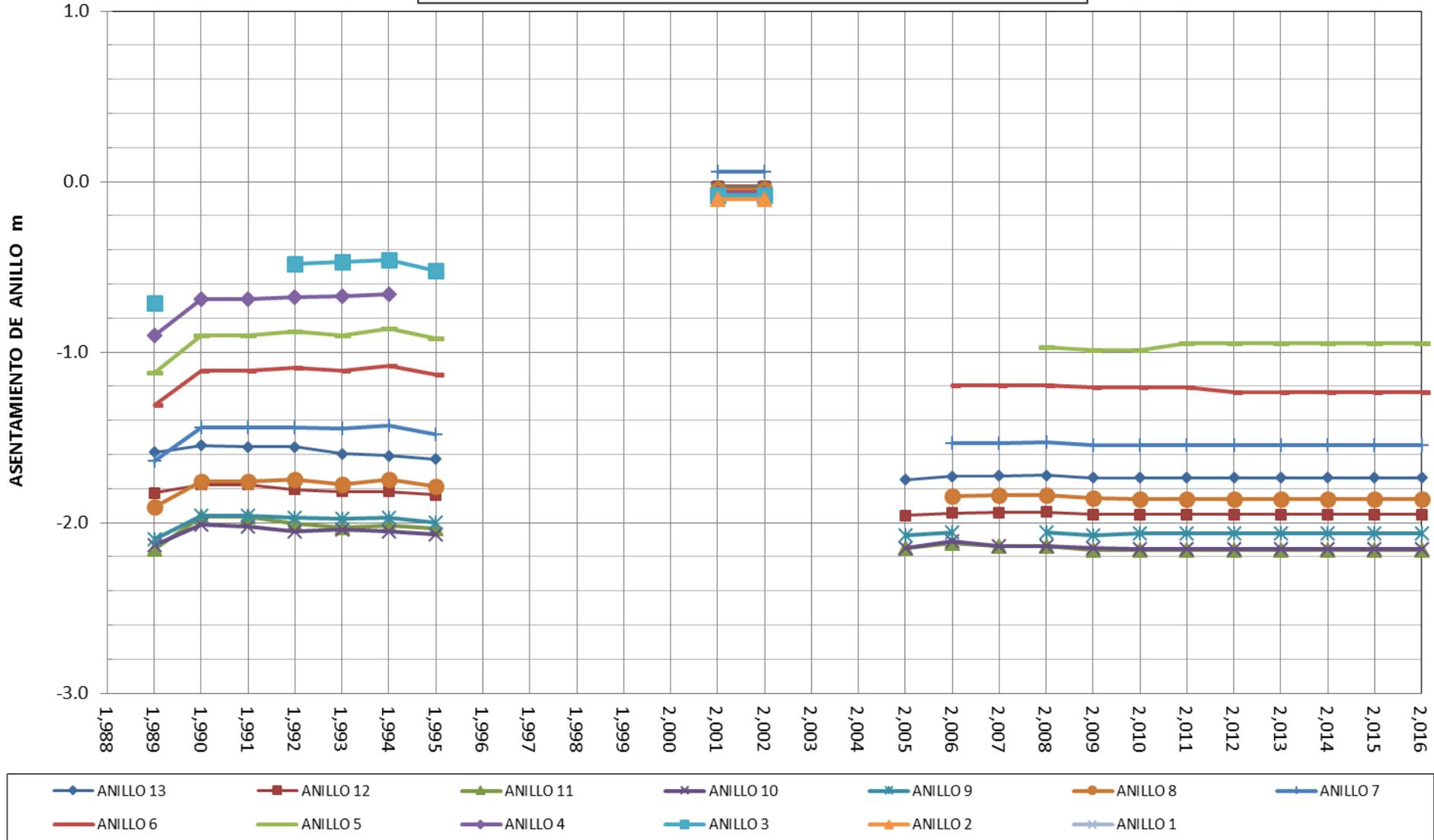


GRAFICO N° 99  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
CORONA DE PRESA - MAIHAK 700

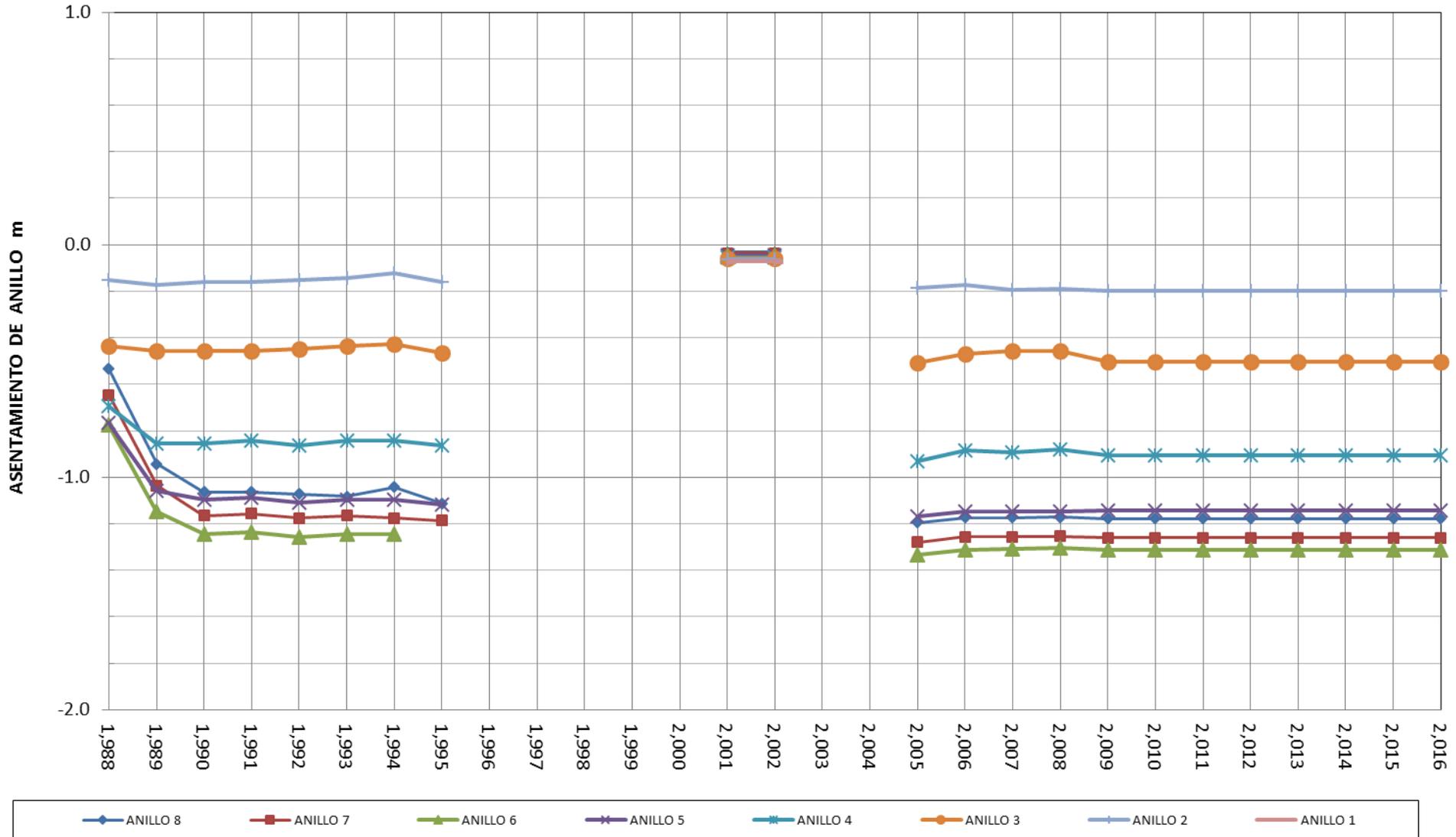


GRAFICO N° 100  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
BERMA 375 - MAIHAK 100

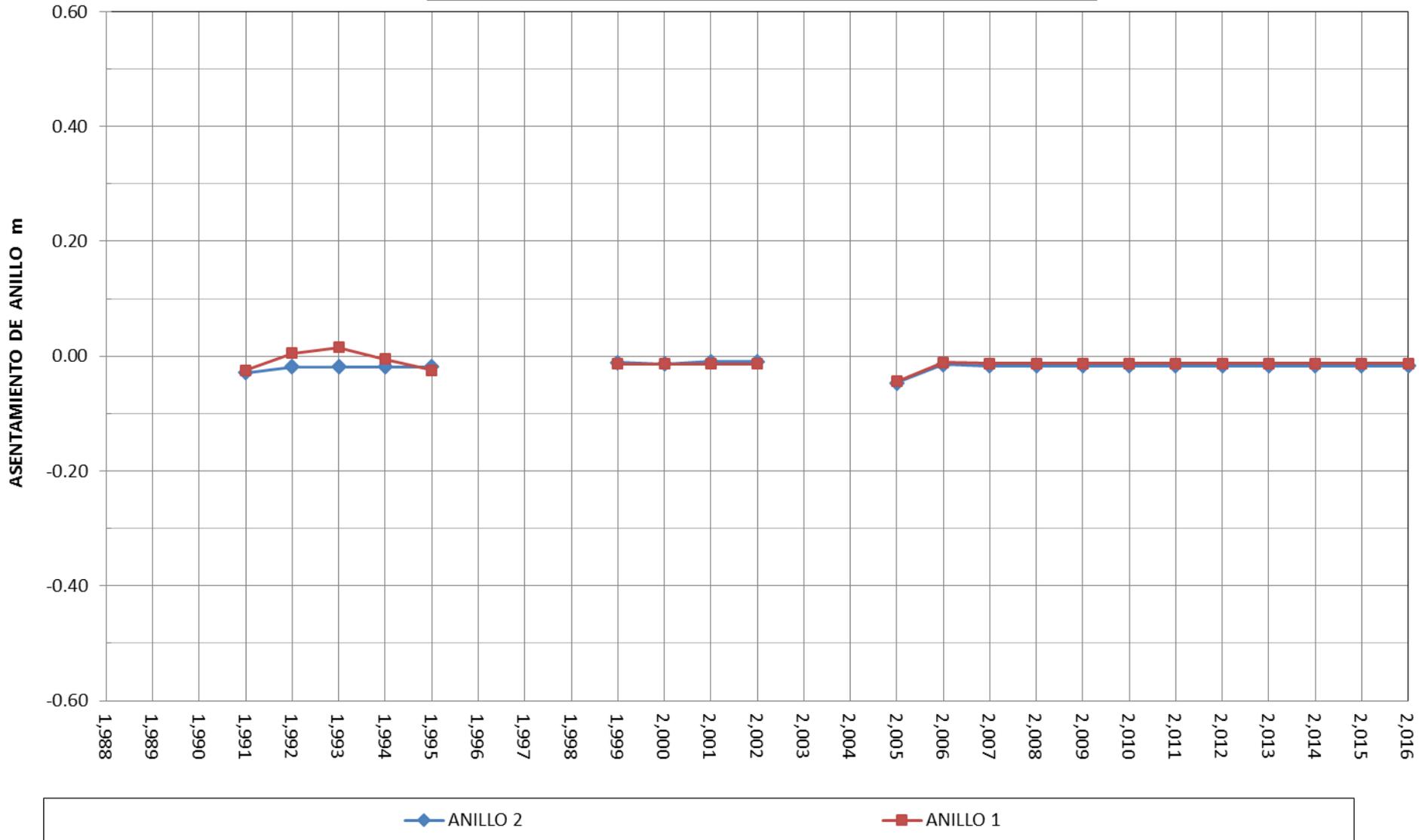


GRAFICO N° 101  
**ASENTAMIENTOS EN PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
BERMA 375 - MAIHAK 200

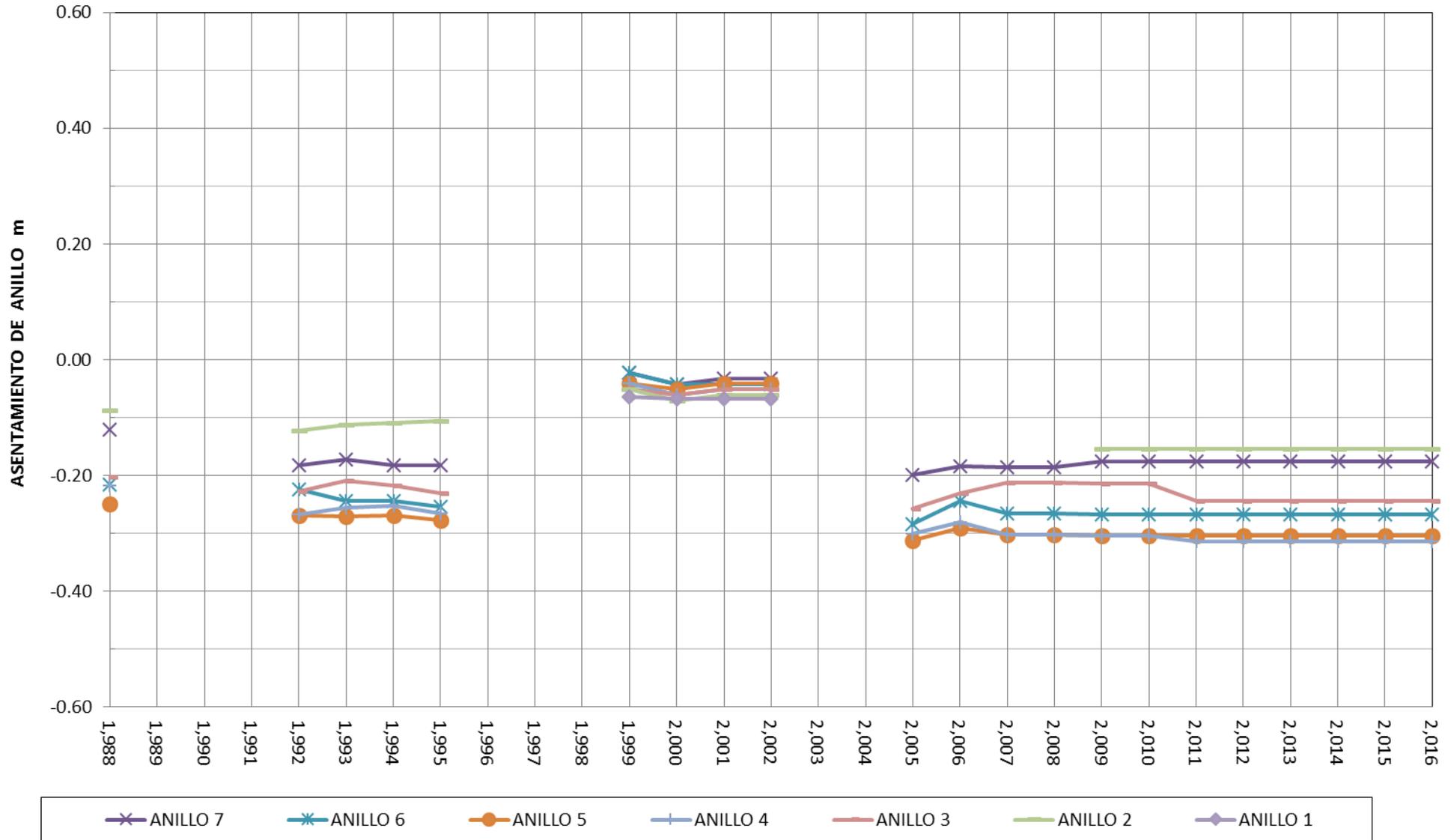


GRAFICO N° 102  
MEDICION DE ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016  
BERMA 375 - MAIHAK 300

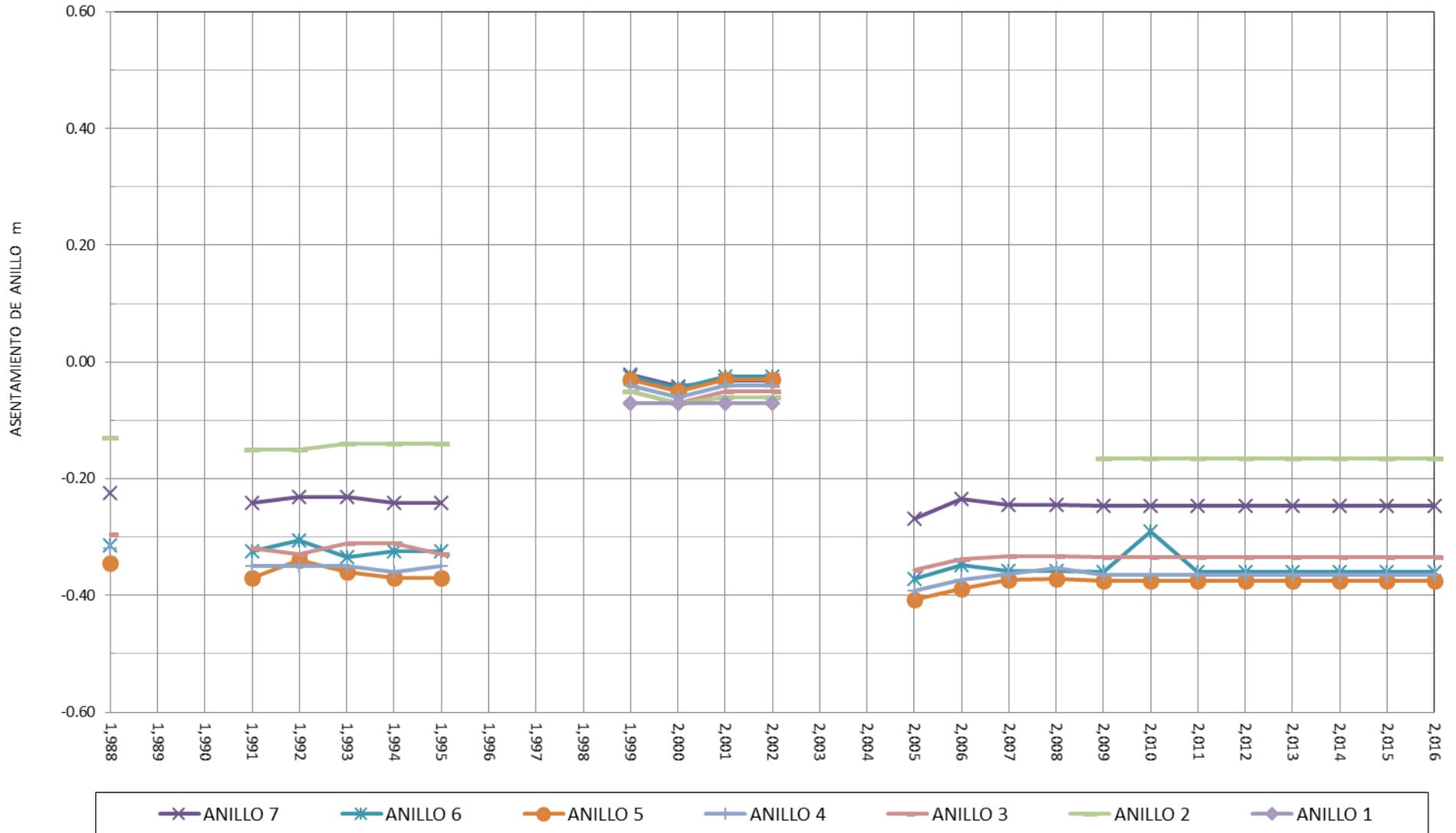


GRAFICO N° 103  
MEDICION DE ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016  
BERMA 375 - MAIHAK 400

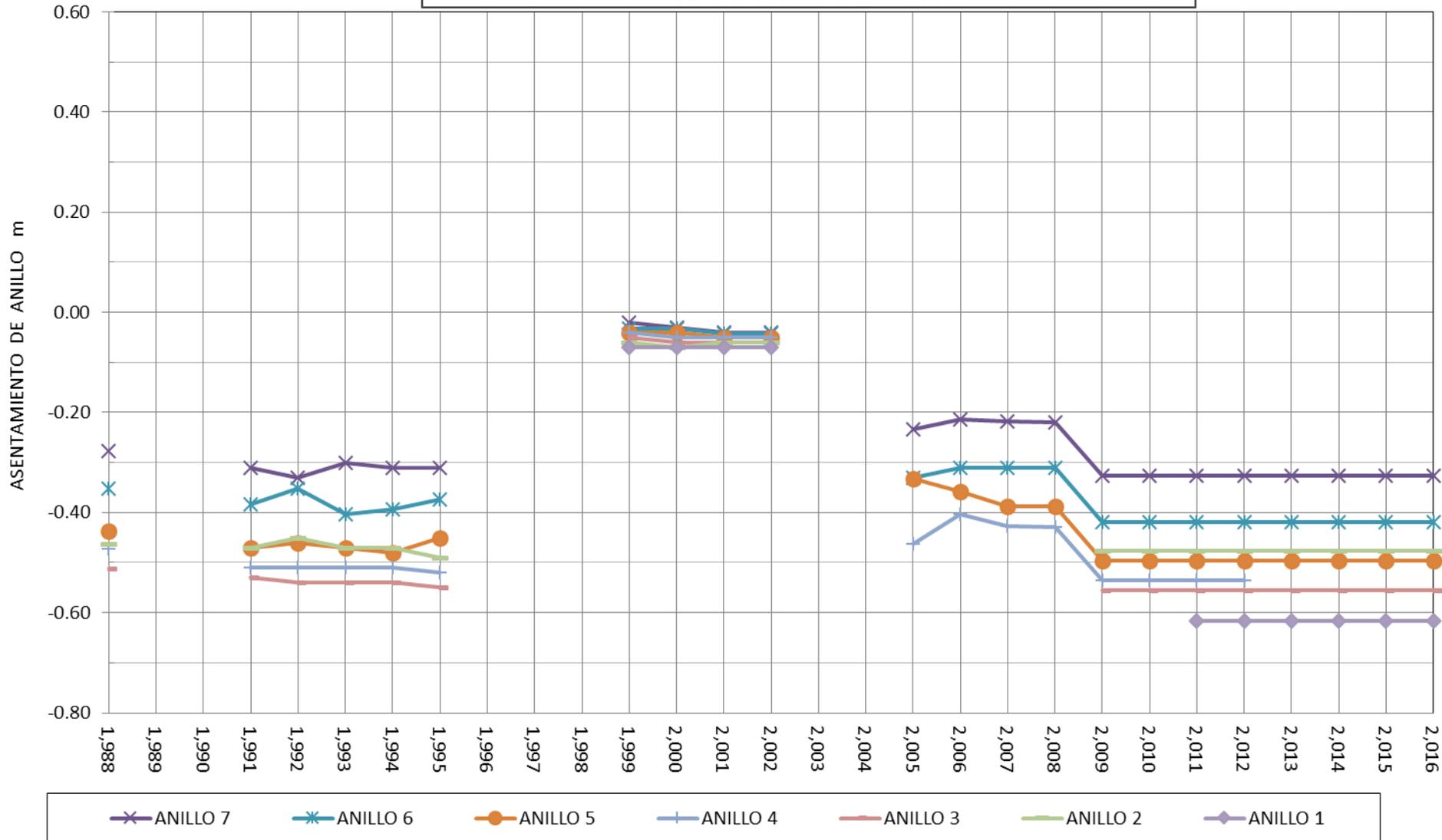


GRAFICO N° 104  
**MEDICION DE ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
BERMA 375 - MAIHAK 500

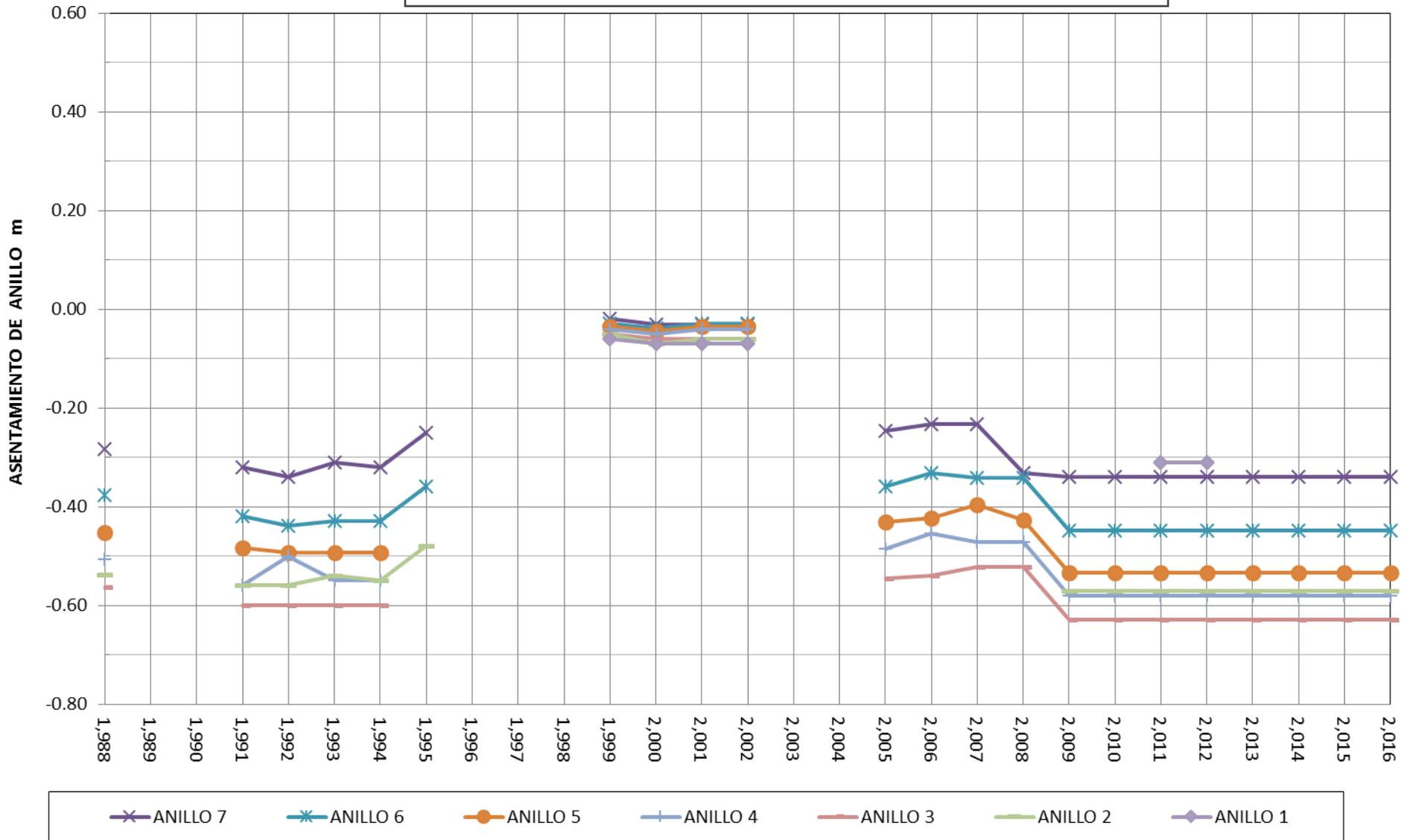


GRAFICO N° 105  
**MEDICION DE ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
BERMA 375 - MAIHAK 600

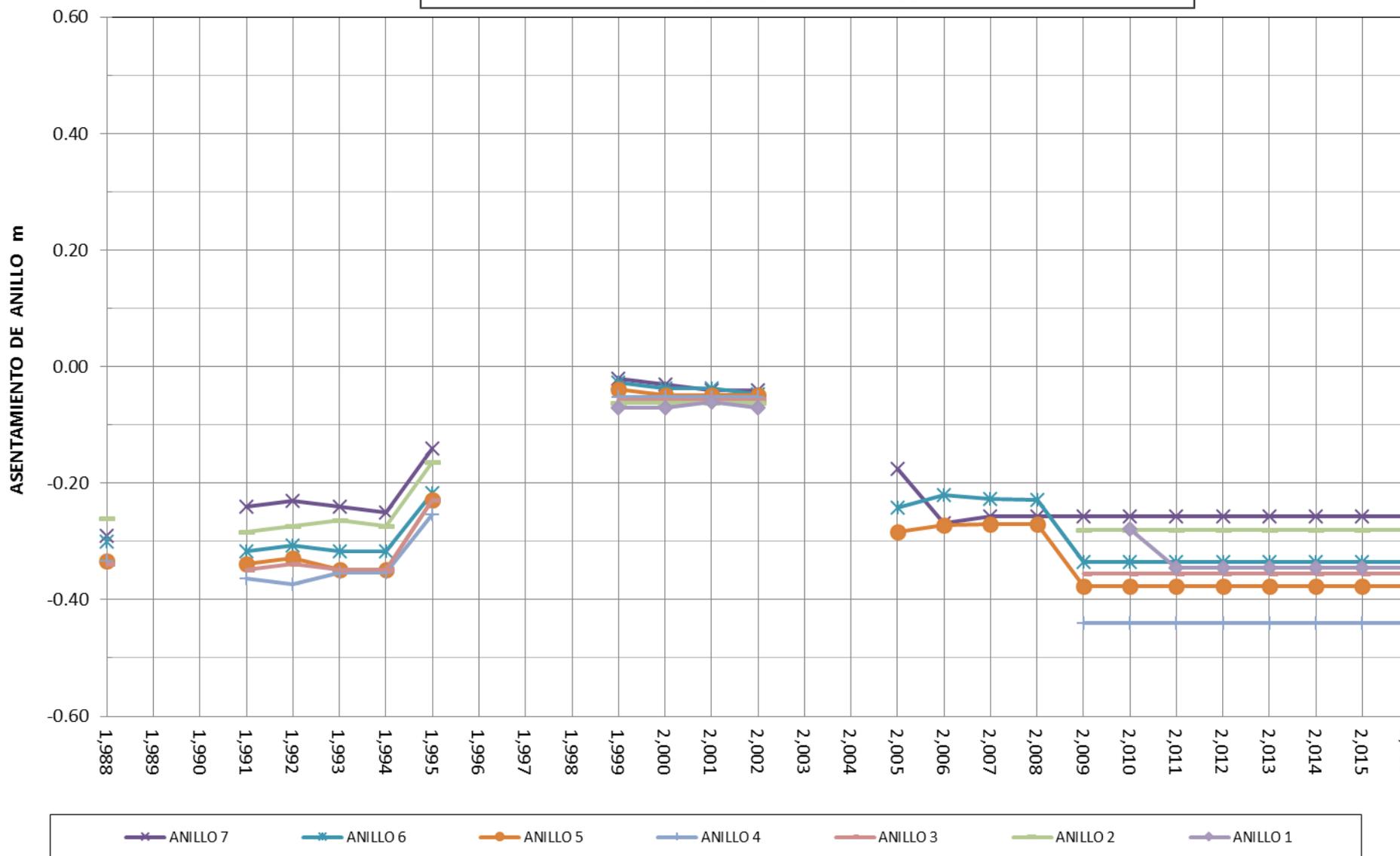


GRAFICO N° 106  
**MEDICION DE ASENTAMIENTOS PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1988-2016**  
BERMA 375 - MAIHAK 700

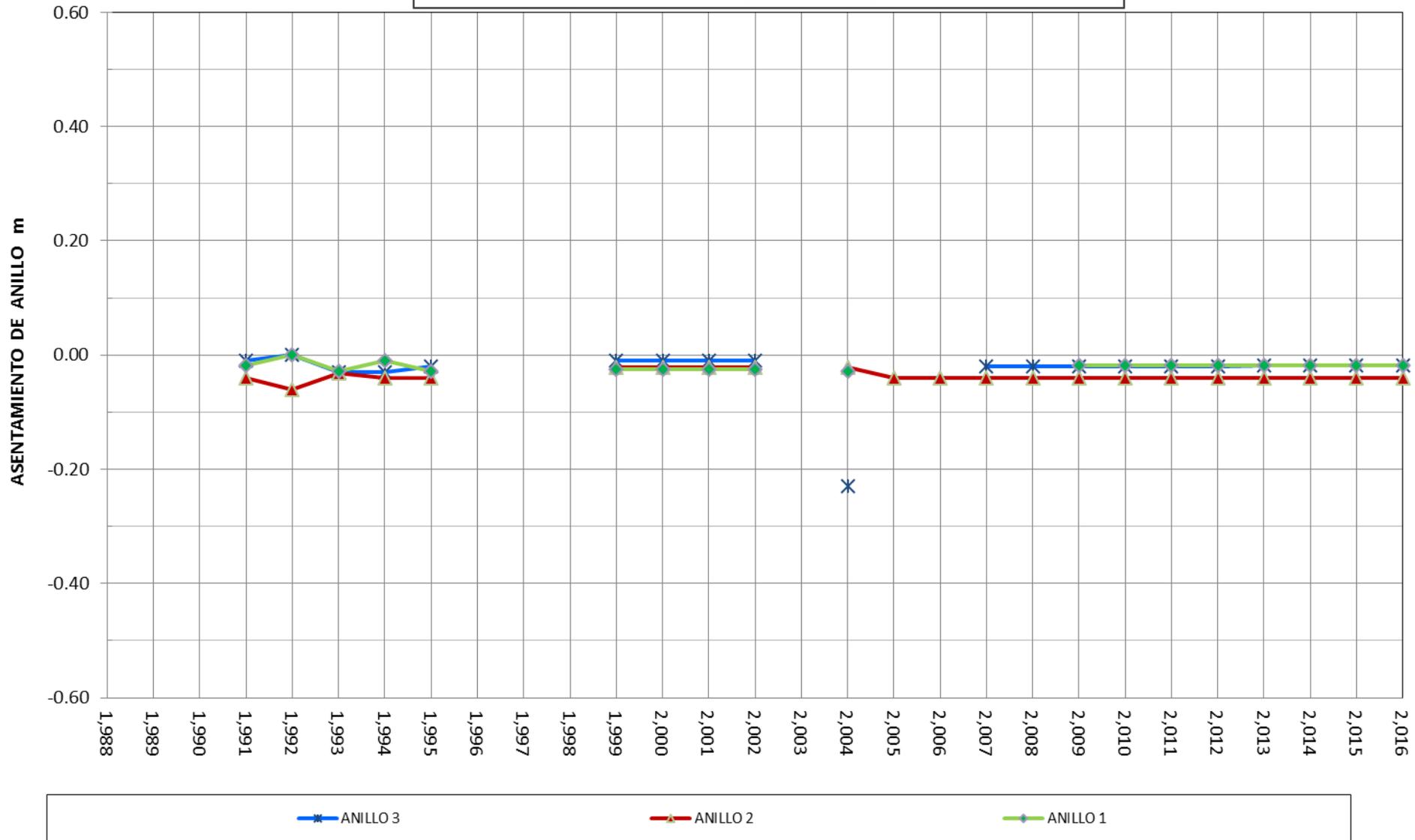


GRAFICO N° 107  
COMPORTAMIENTO DE FILTRACIONES EN VERTEDEROS PIE DE PRESA GALLITO CIEGO  
ENERO 1998 - DICIEMBRE 2016

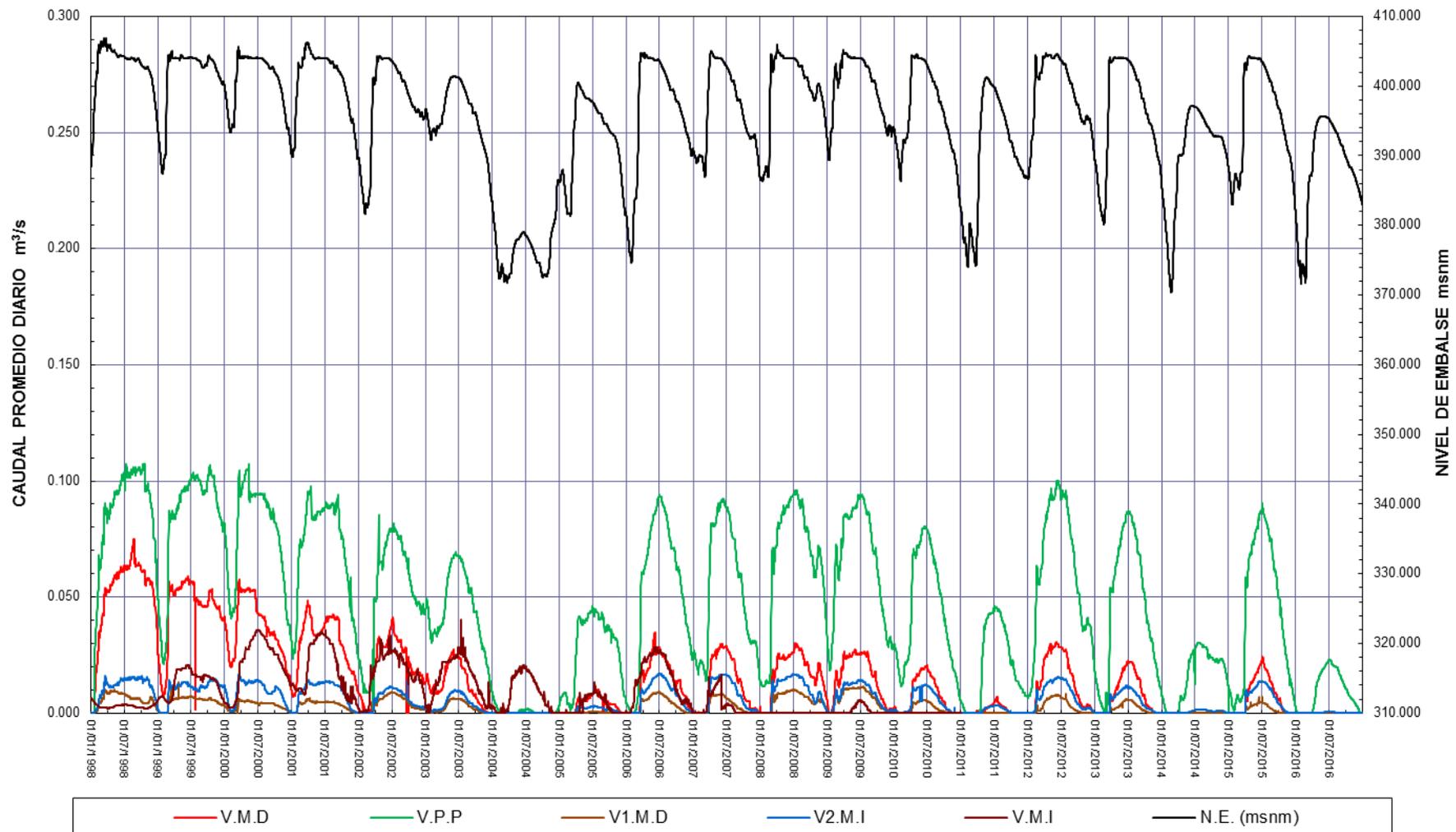


GRAFICO N° 108  
COMPORTAMIENTO DE FILTRACIONES TOTALES EN PIE DE PRESA GALLITO CIEGO  
ENERO 1998 - DICIEMBRE 2016

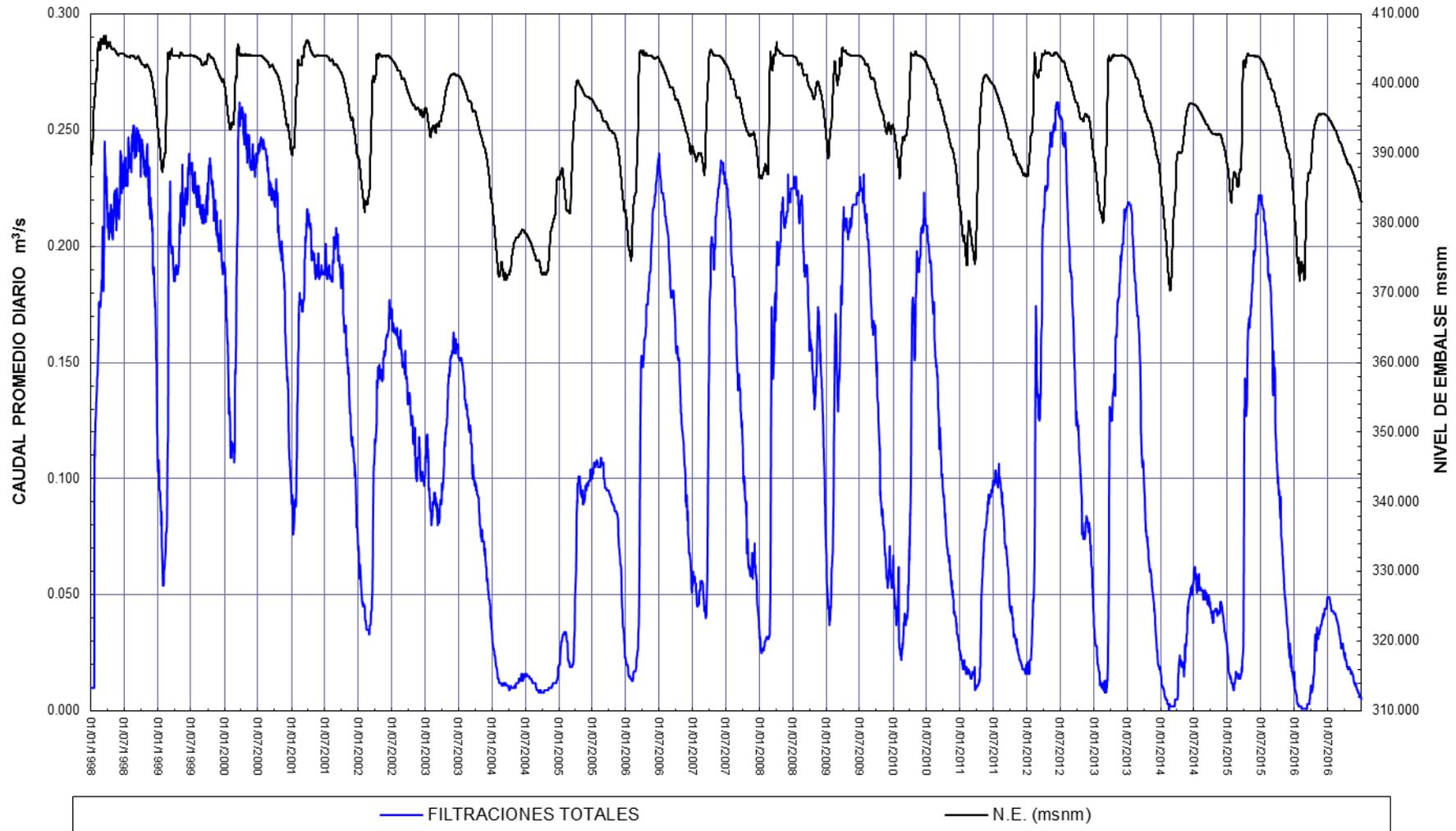


GRAFICO N° 109  
**FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREATICO EN PIEZOMETROS EN PIE DE PRESA GALLITO CIEGO**  
ENERO 1998 A DICIEMBRE 2016

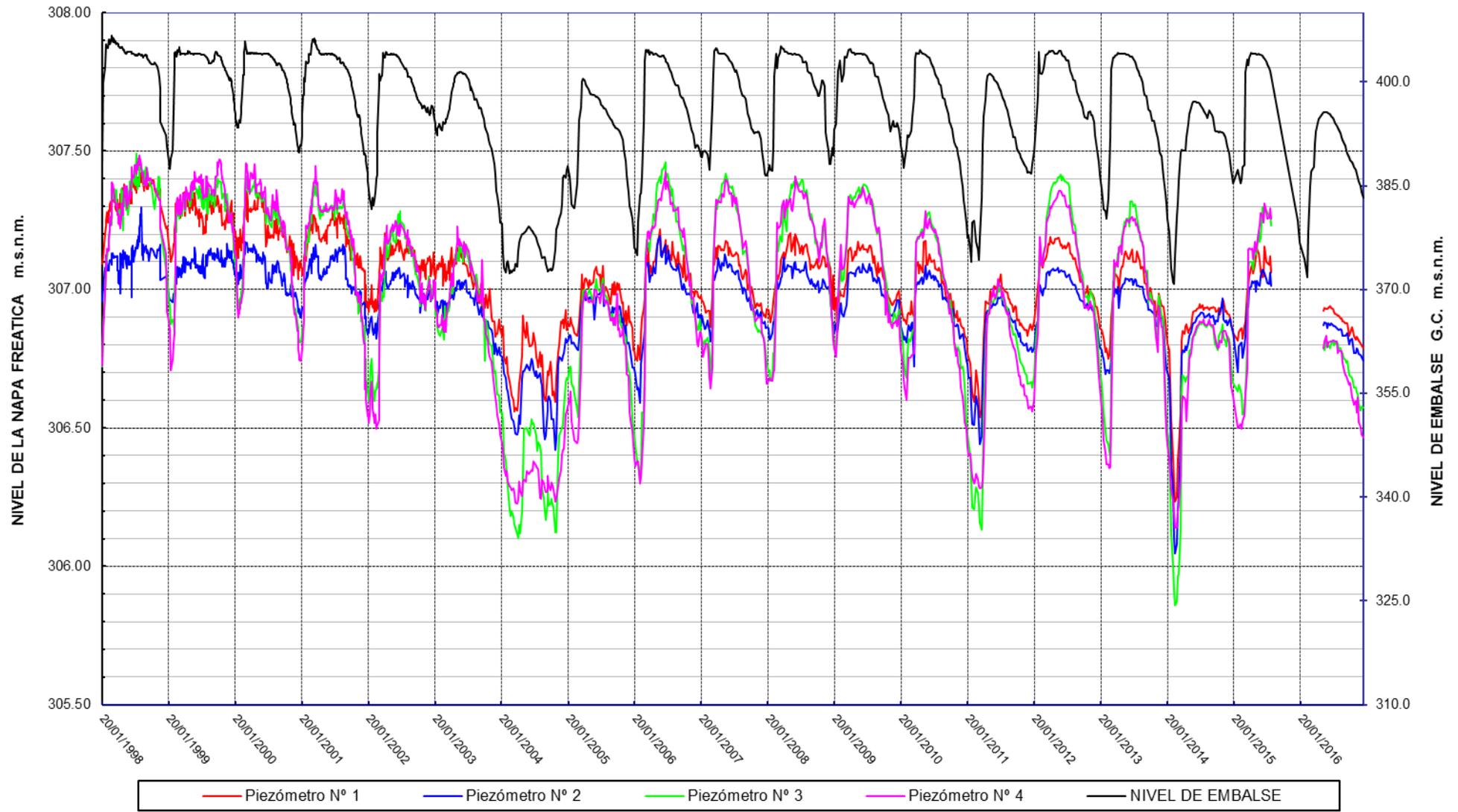


GRAFICO N° 110  
**FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREATICO EN PIEZOMETROS EN PIE DE PRESA GALLITO CIEGO**  
ENERO 1998 A DICIEMBRE 2016

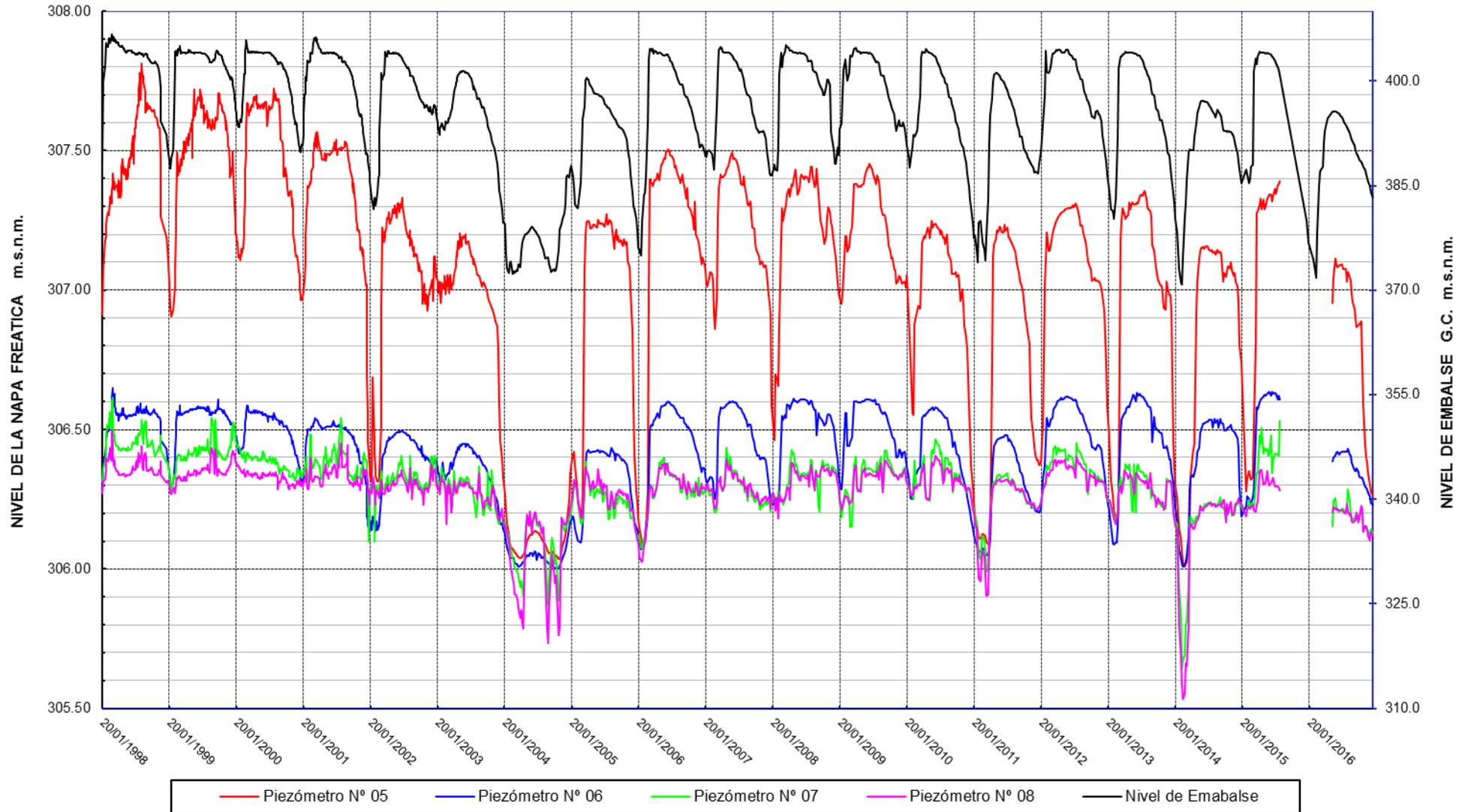
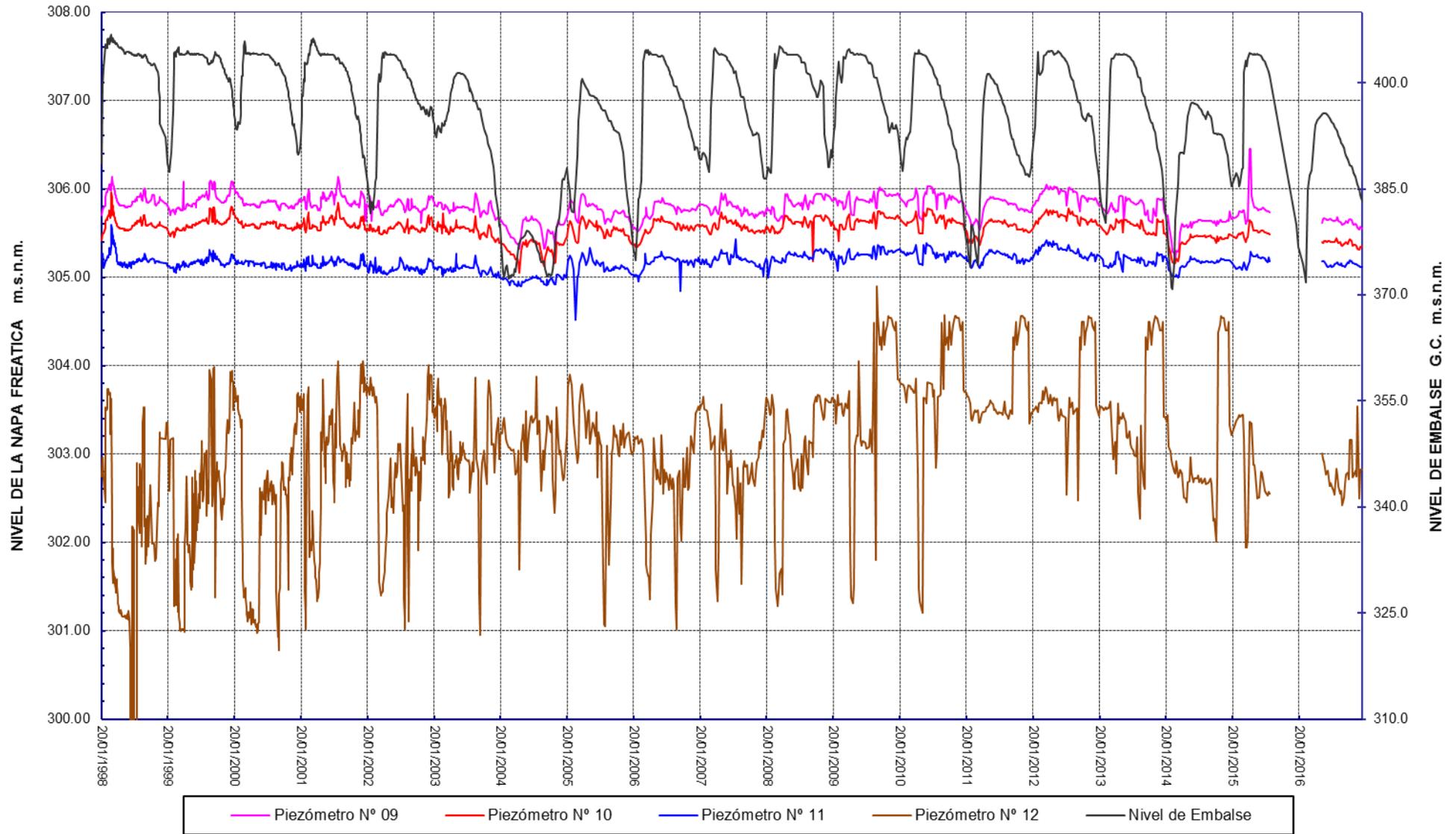


GRAFICO N° 111  
**FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREATICO EN PIEZOMETROS EN PIE DE PRESA GALLITO CIEGO**  
ENERO 1998 A DICIEMBRE 2016



### **8.3 ANEXO III – PANEL FOTOGRÁFICO**

**FOTOGRAFÍA N° 01**

**PRESA GALLITO CIEGO - VISTA DESDE MARGEN DERECHA**



**FOTOGRAFÍA N° 02**

**PRESA GALLITO CIEGO- VISTA DESDE AGUAS ABAJO**



**FOTOGRAFÍA N° 03**

PRESA GALLITO CIEGO- VISTA DESDE MARGEN IZQUIERDA



**FOTOGRAFÍA N° 04**

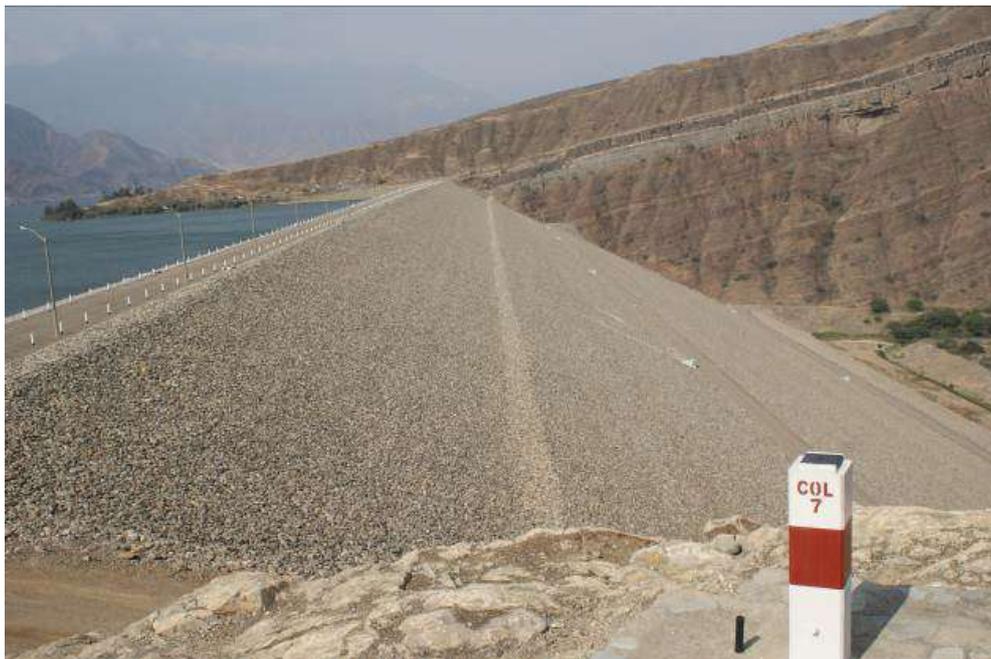
PRESA GALLITO CIEGO - VISTA DESDE MARGEN DERECHA



**FOTOGRAFÍA N° 05**  
PRESA GALLITO CIEGO - VISTA DE CASETAS DE  
AUSCULTACION EN BERMA 375



**FOTOGRAFÍA N° 06**  
PUNTOS TOPOGRAFICOS DE REFERENCIA DE CONTROL DE  
DEFORMACIONES



**FOTOGRAFÍA N° 07**  
**TUBOS LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS**



**FOTOGRAFÍA N° 08**  
**DREN PIE DE PRESA**



**FOTOGRAFÍA N° 09**

**VERTEDERO TRIANGULAR PARA CONTROL DE FILTRACIONES**



**FOTOGRAFÍA N° 10**

**INCLINOMETRO MAIHAK TIPO MDS 85**



### FOTOGRAFÍA N° 11

MEDICION DE PRESION DE POROS, PRESIONES TOTALES Y  
EXTENSOMETROS



### FOTOGRAFÍA N° 12

EQUIPO MAIHAK - MDS 910



**FOTOGRAFÍA N° 13**  
**MEDICION DE ASENTAMIENTOS**



**FOTOGRAFÍA N° 14**  
**EQUIPOS MAIHAK: RECEPTOR - RPS 400 Y TRANSMISOR RPS 420**



### FOTOGRAFÍA N° 15

CALIBRACION DE EQUIPOS PARA LA MEDICION DE ASENTAMIENTOS:  
RECEPTOR - RPS 400 Y TRANSMISOR RPS 420 CON CARRETE DE 120 m.



### FOTOGRAFÍA N° 16

MEDICION DEL NIVEL FREATICO EN PIEZOMETROS SIMPLES CON  
SONDA LUMINOSA OTT



### FOTOGRAFÍA N° 17

MEDICION DEL NIVEL DE EMBALSE EN LIMNIMETROS DEL CARRIL DE  
IZAJE



### FOTOGRAFÍA N° 18

PLUVIÓMETRO



**FOTOGRAFÍA N° 19**  
NIVEL DE INGENIERO Y PLACA PLANO PARALELA - WILD PARA  
NIVELACION PRECISA



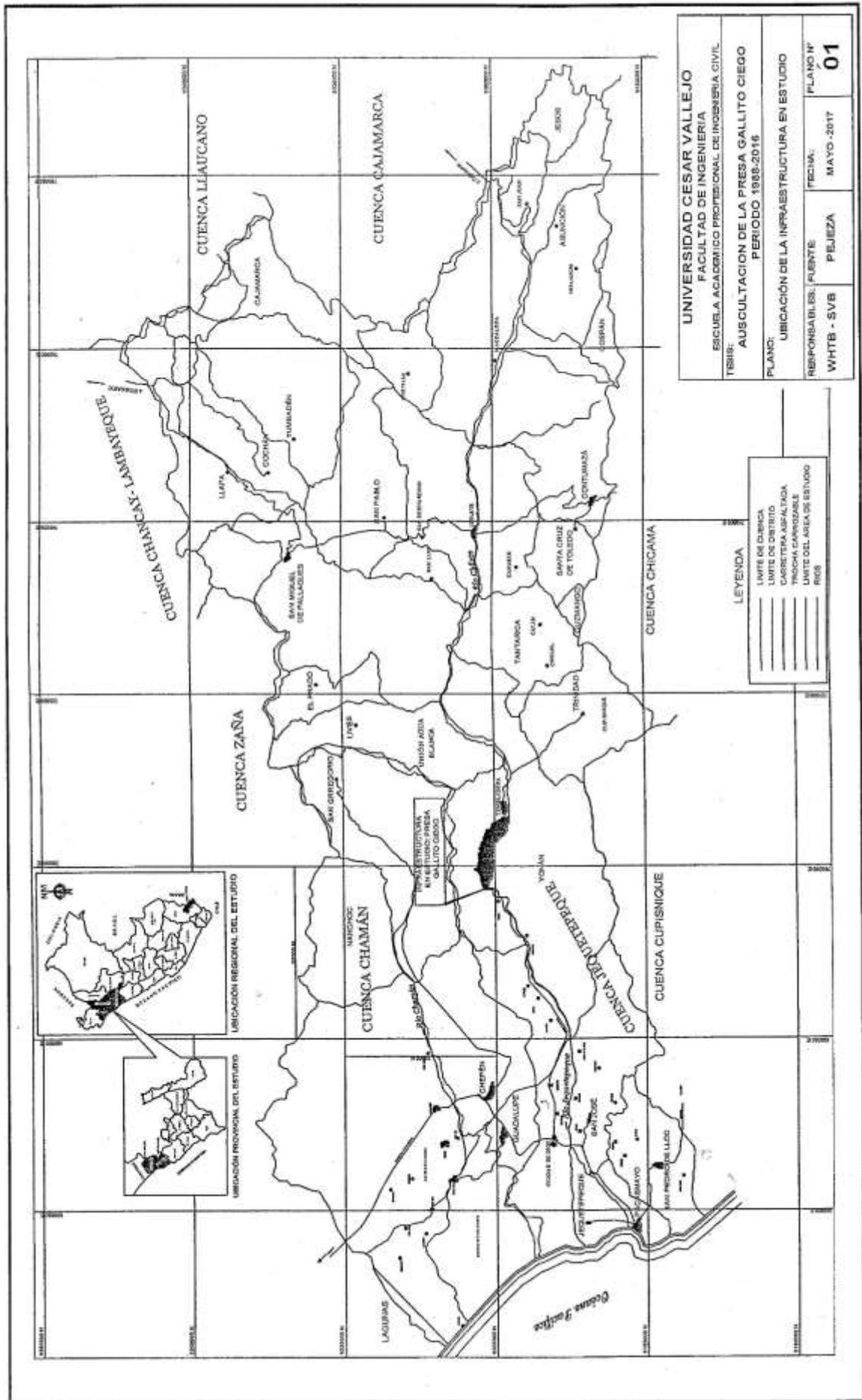
**FOTOGRAFÍA N° 20**  
TEODOLITO Y TARJETA DE PUNTERIA MARCA WILD PARA  
TRIANGULACION TOPOGRAFICA



**FOTOGRAFÍA N° 21**  
EJECUCION DE NIVELACION PRECISA EN BERMA 375 DE PRESA

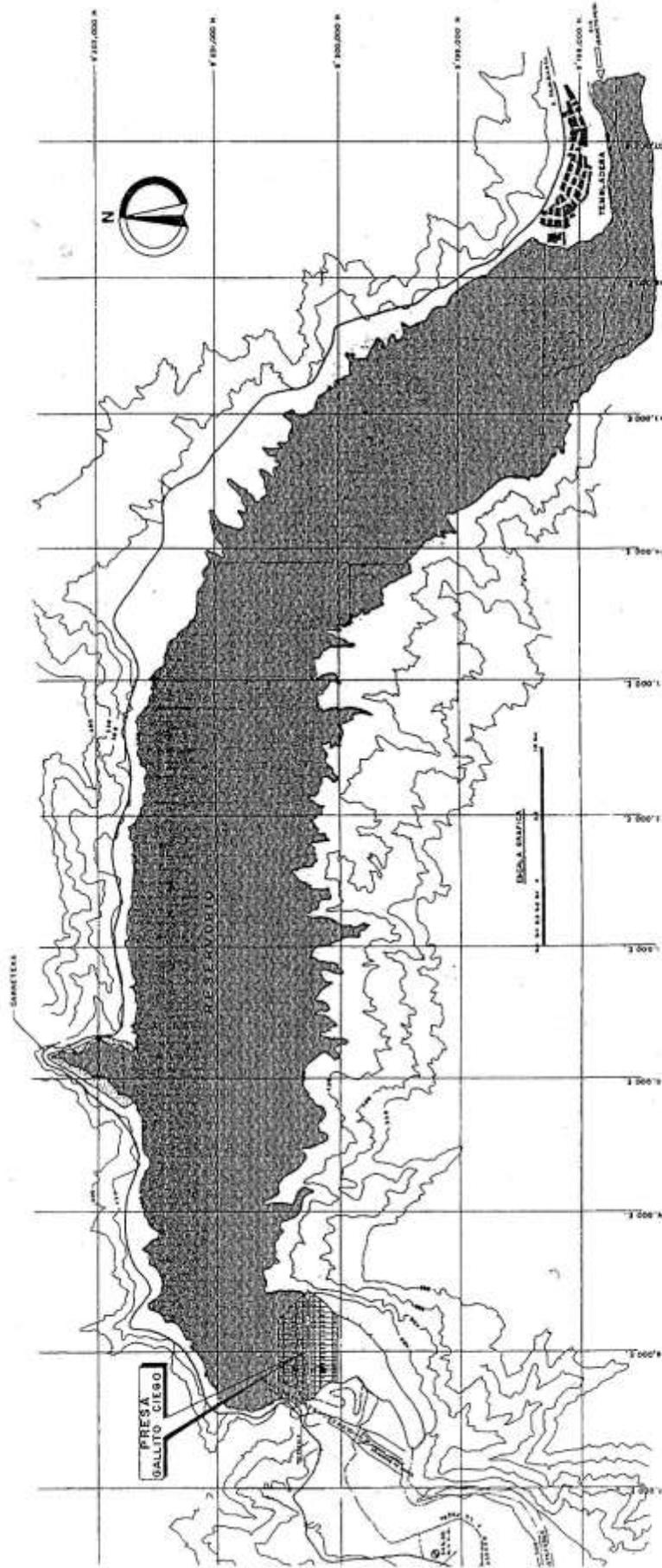


## **8.4 ANEXO IV – PLANOS**



|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                              |
| <b>TÍTULO:</b><br>AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO<br>PERIODO 1988-2016                                   |                              |
| <b>PLANO:</b><br>UBICACION DE LA INFRAESTRUCTURA EN ESTUDIO   |                              |
| <b>RESPONSABLES:</b> FUENTE<br>WHTB - SVB   | <b>FECHA:</b><br>MAYO - 2017 |
| <b>PEJEZA</b>   | <b>PLANO N°</b><br><b>01</b> |

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| <b>LEYENDA</b> |                           |
|                | LMITE DE CUENCA           |
|                | LMITE DE DISTRITO         |
|                | CARRERA ASFALTADA         |
|                | TROCHA CARROZABLE         |
|                | LMITE DEL AREA DE ESTUDIO |
|                | RIOS                      |



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO

PERIODO 1988-2016

PLANO:

RESERVOIRIO GALLITO CIEGO - VISTA EN PLANTA

RESPONSABLES:

FUENTE

PEJEZA

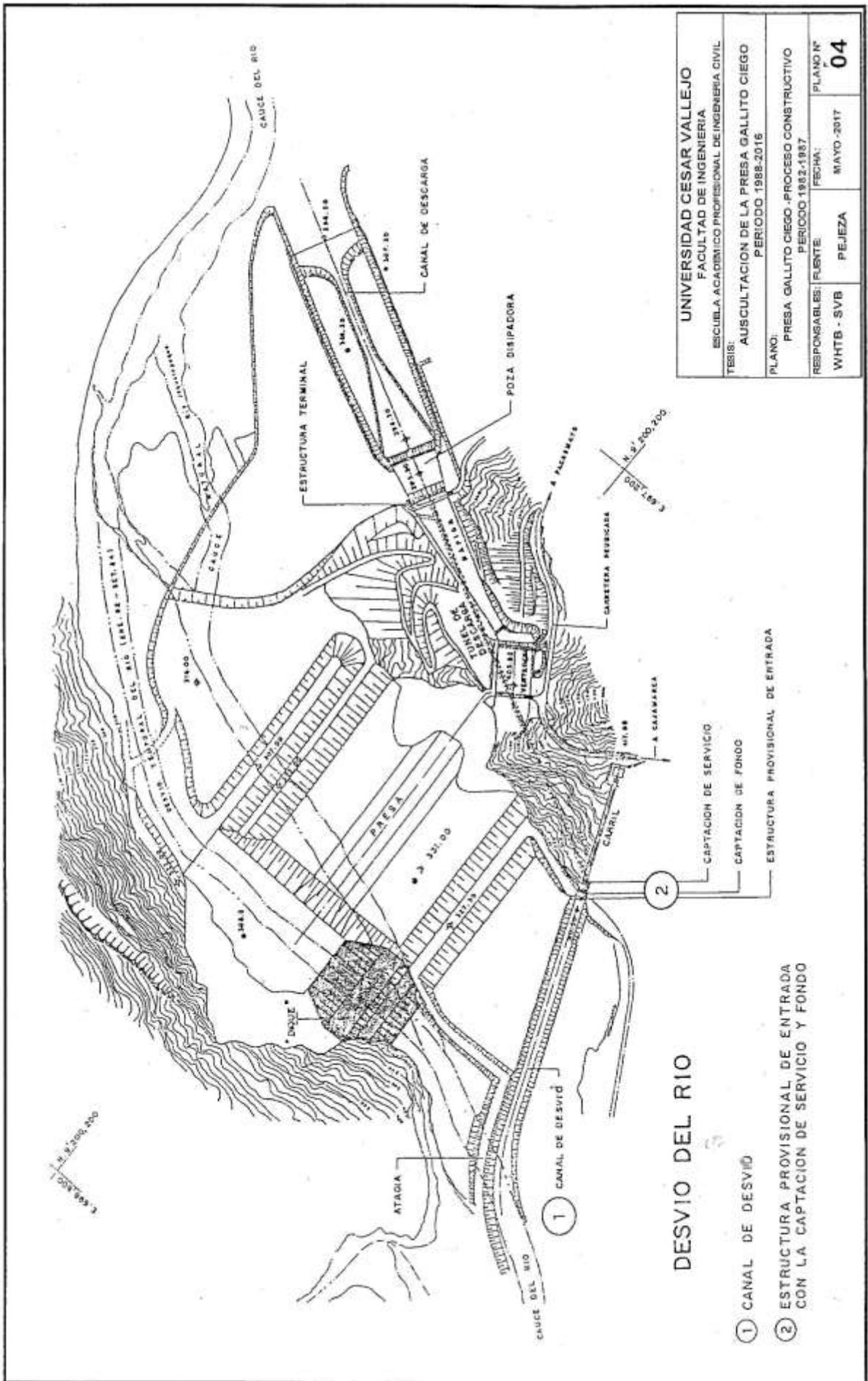
FECHA:

MAYO -2017

PLANO N°

02

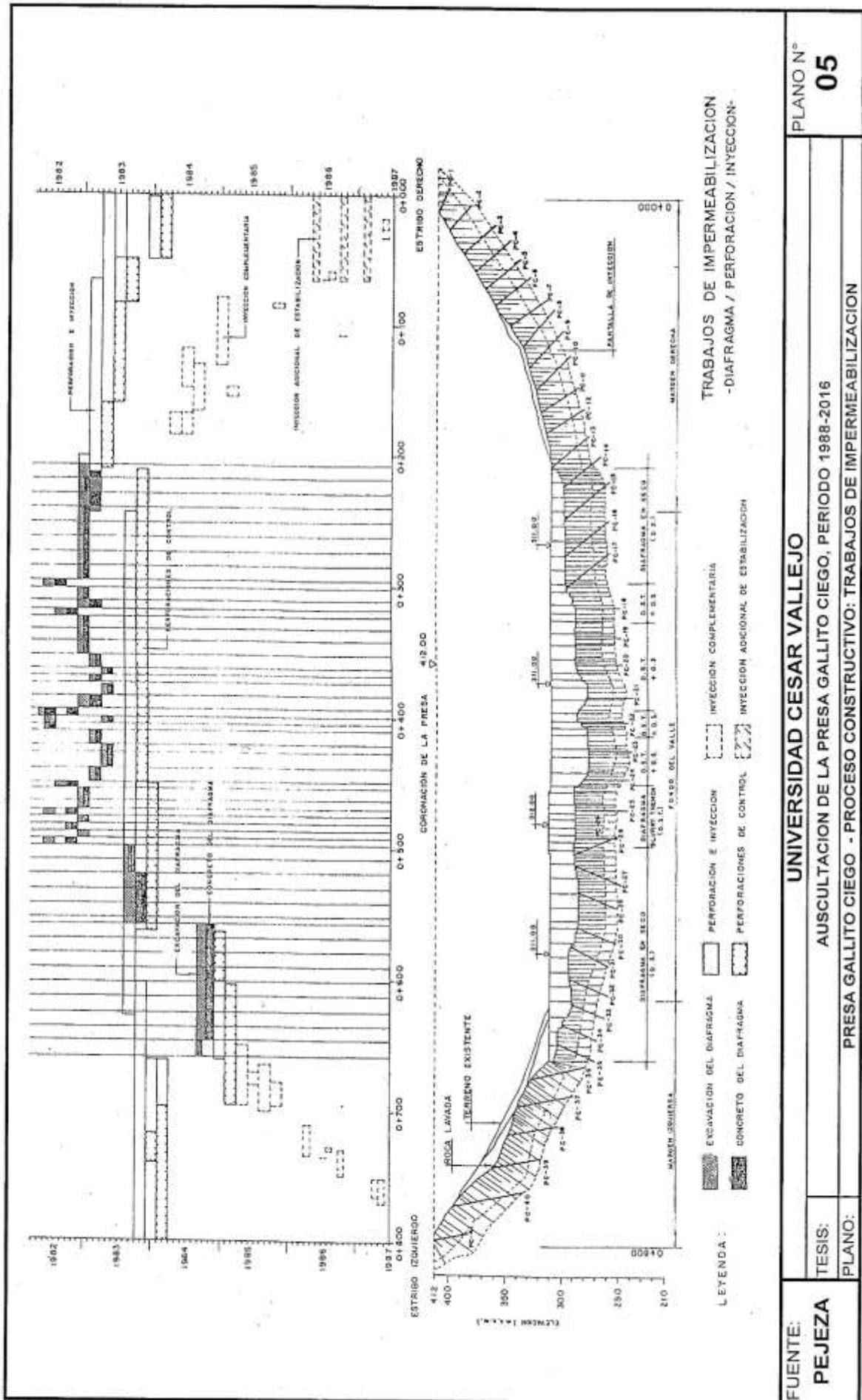




**DESVIO DEL RIO**

- ① CANAL DE DESVÍO
- ② ESTRUCTURA PROVISIONAL DE ENTRADA CON LA CAPTACION DE SERVICIO Y FONDO

|   |             |
|---|-------------|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO                         |             |
| FACULTAD DE INGENIERIA                            |             |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |             |
| TESIS:  |             |
| AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO            |             |
| PERIODO: 1988-2016                                |             |
| PLANO:  |             |
| PRESA GALLITO CIEGO - PROCESO CONSTRUCTIVO        |             |
| PERIODO 1982-1987                                 |             |
| RESPONSABLES: FUENTE                              | FECHA:      |
| WHTB - SVB  | MAYO - 2017 |
| PEJEZA  | PLANO N°    |
|   | <b>04</b>   |



FUENTE:  
**PEJEZA**

TESIS:  
AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016

PLANO:  
PRESA GALLITO CIEGO - PROCESO CONSTRUCTIVO: TRABAJOS DE IMPERMEABILIZACION

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

TRABAJOS DE IMPERMEABILIZACION  
- DIAFRAMA / PERFORACION / INYECCION -

PLANO N°  
**05**

00010

00010

00010

00010

00010

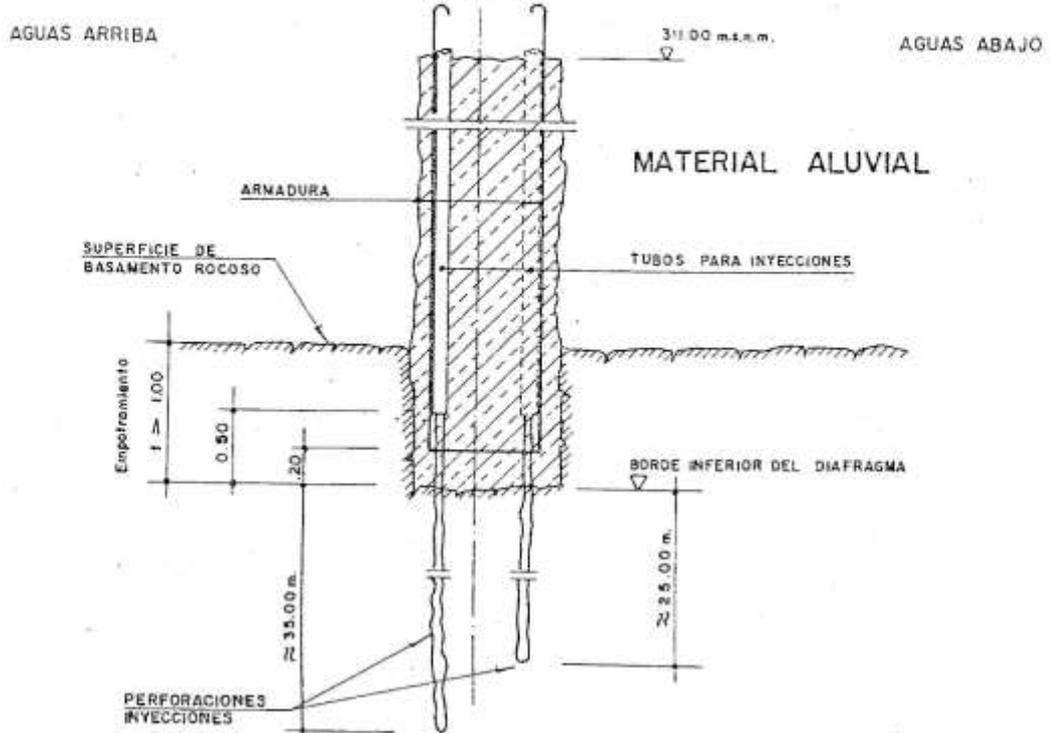
00010

00010

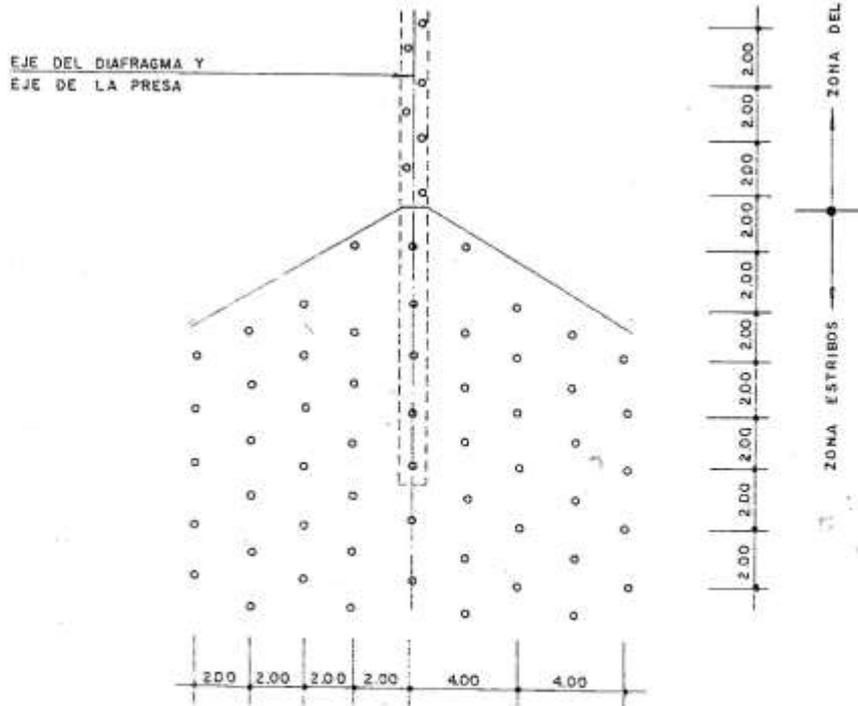
00010

# PANTALLA

## ESQUEMA DE TUBOS PARA INYECCIONES SECCION



## ESQUEMA DE PERFORACIONES E INYECCIONES (PLANTA)



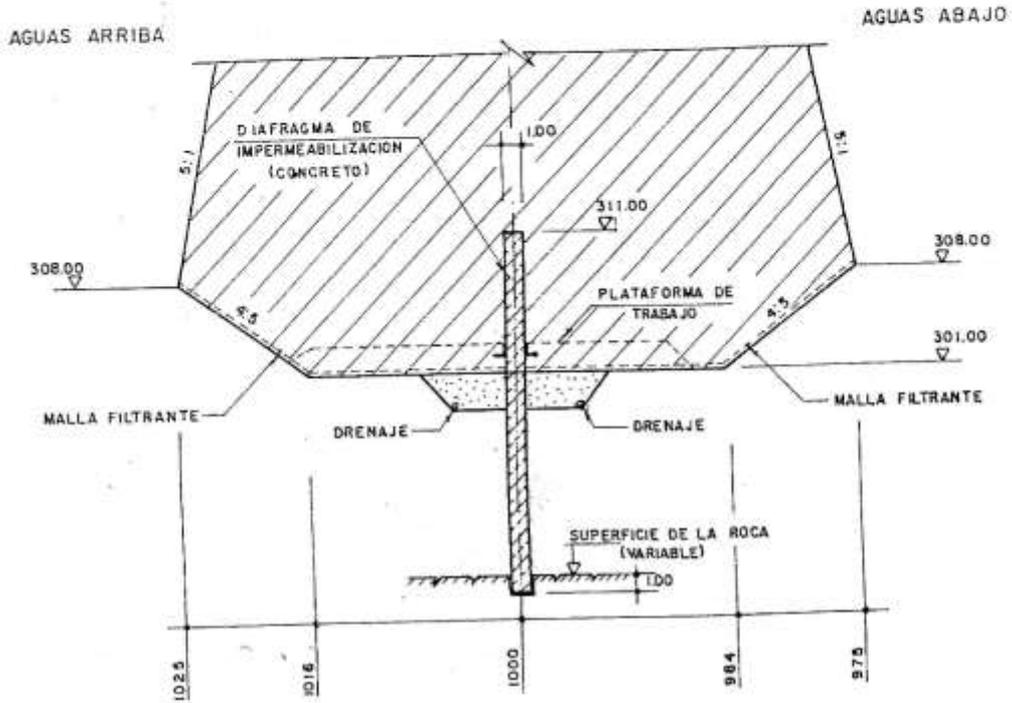
|         |                           |   |           |
|---------|---------------------------|---|-----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N°  |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | <b>06</b> |
|         | PLANO:                    | PRESA GALLITO CIEGO - PERFORACIONES E INYECCIONES         |           |

# SECCIONES TÍPICAS DEL DIAFRAGMA

EN EL VALLE  
(Elementos 23-57)

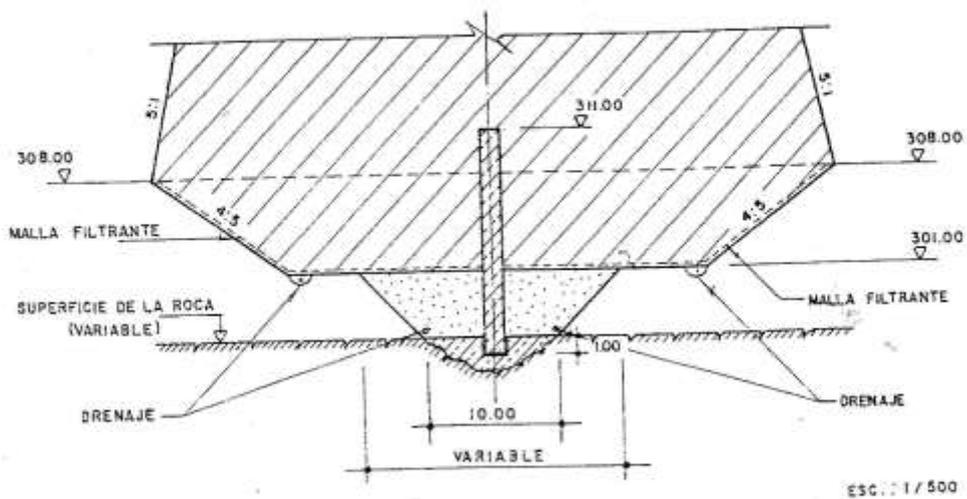
Combinación Slurry Trench/Pared de Concreto

## NUCLEO



EN LA ZANJA  
(Tajo Abierto - Pared de Concreto)  
Elementos - 1/3 -22 y 58-D2

## NUCLEO

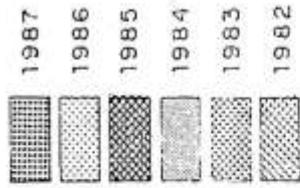


ESC.: 1/500

|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 07       |
|         | PLANO:                    | PRESA GALLITO CIEGO - SECCIONES TÍPICAS DEL DIAFRAGMA     |          |

ESTADOS ANUALES DEL RELLENO DE LA PRESA  
SECCION TIPICA TRANSVERSAL

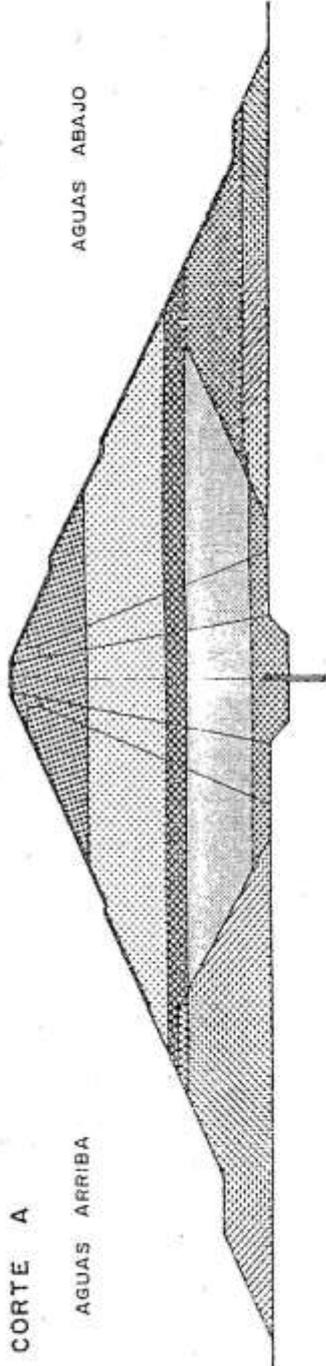
AVANCE DE RELLENO



CORTE A

AGUAS ARRIBA

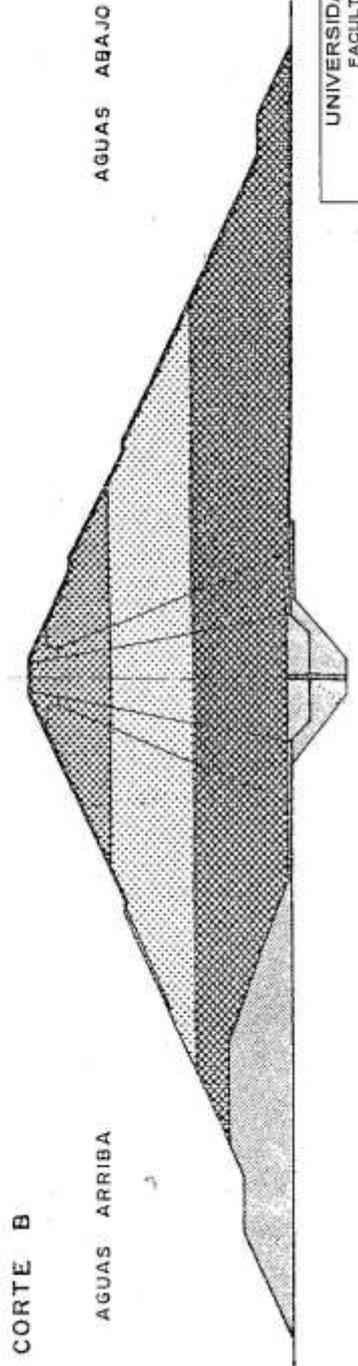
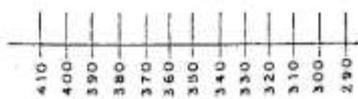
AGUAS ABAJO



CORTE B

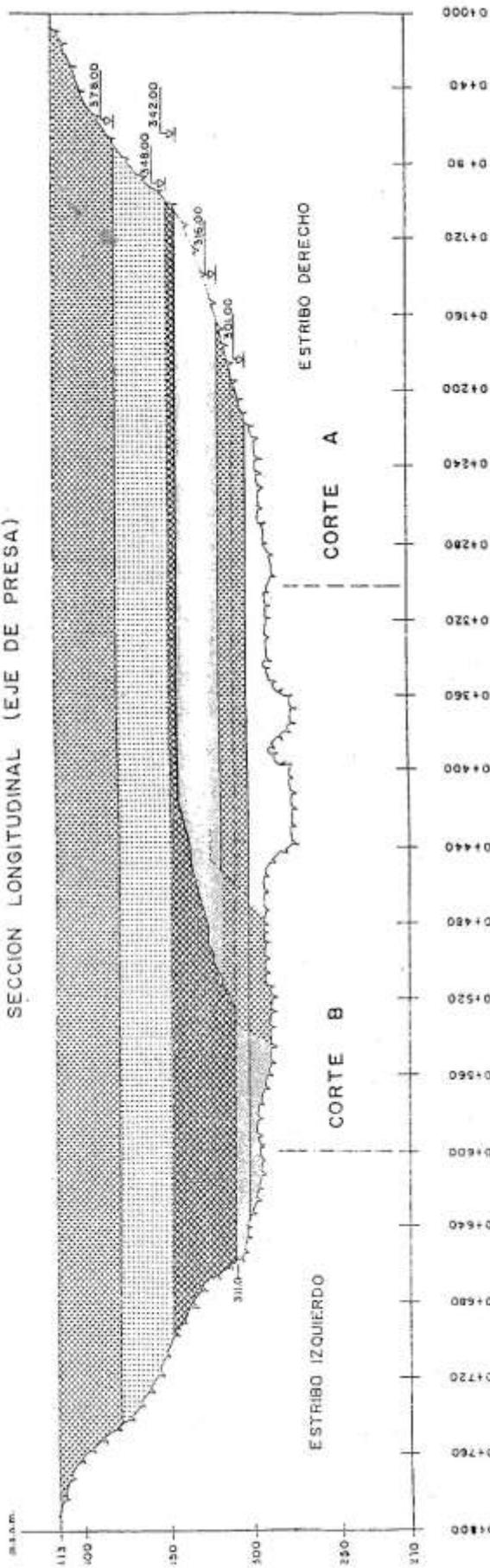
AGUAS ARRIBA

AGUAS ABAJO

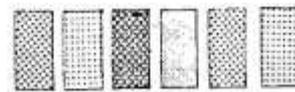


|   |         |            |          |
|---|---------|------------|----------|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO                         |         |            |          |
| FACULTAD DE INGENIERIA                            |         |            |          |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |         |            |          |
| TESIS:  |         |            |          |
| AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO            |         |            |          |
| PERIODO 1986-2016                                 |         |            |          |
| PLANO:  |         |            |          |
| PROCESO CONSTRUCTIVO: FASE DE RELLENO             |         |            |          |
| RESPONSABLES:                                     | FUENTE: | FECHA:     | PLANO N° |
| WHTB - SVB  | PEJEZA  | MAYO -2017 | 08       |

ESTADOS ANUALES DEL RELLENO DE LA PRESA  
SECCION LONGITUDINAL (EJE DE PRESA)



AVANCE DE RELLENO

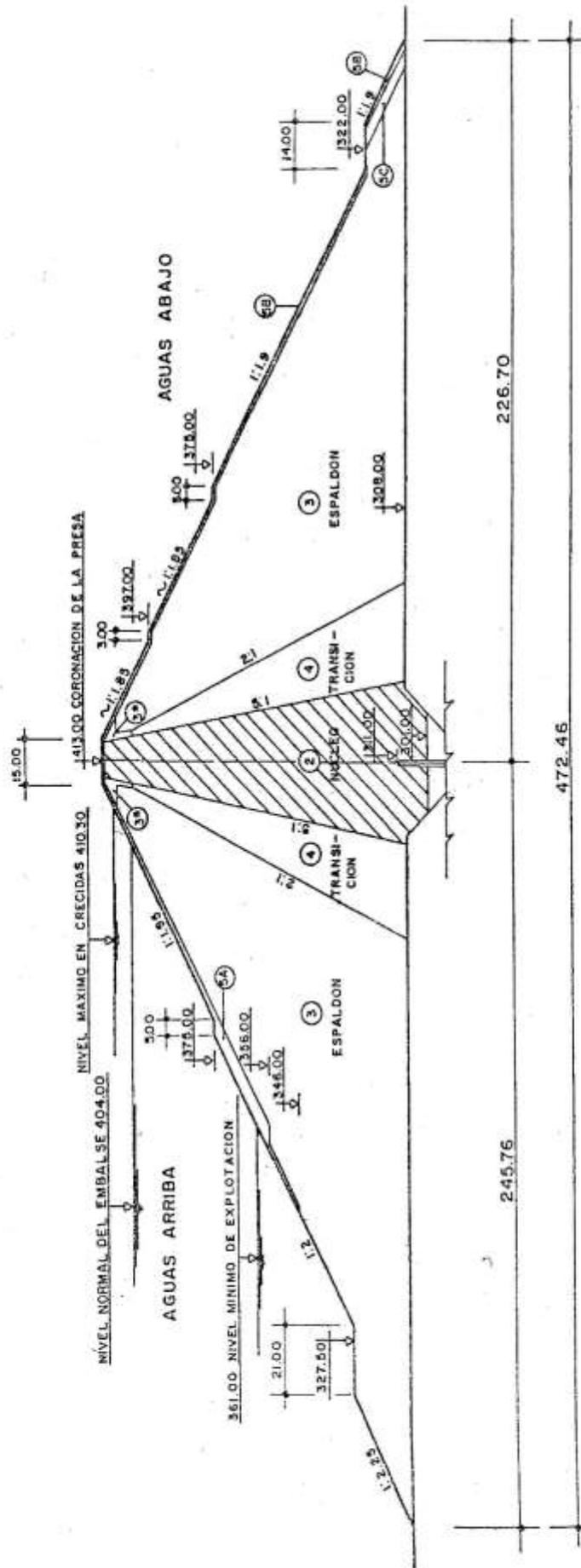


|      | ANUAL                    | TOTAL                     |
|------|--------------------------|---------------------------|
| 1987 | 2'073,000 m <sup>3</sup> | 13'785,000 m <sup>3</sup> |
| 1986 | 4'167,000 m <sup>3</sup> | 11'712,000 m <sup>3</sup> |
| 1985 | 2'853,000 m <sup>3</sup> | 7'545,000 m <sup>3</sup>  |
| 1984 | 2'113,000 m <sup>3</sup> | 4'692,000 m <sup>3</sup>  |
| 1983 | 903,000 m <sup>3</sup>   | 2'579,000 m <sup>3</sup>  |
| 1982 | 1'676,000 m <sup>3</sup> | 1'676,000 m <sup>3</sup>  |

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
TESIS: AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO  
PERIODO: 1988-2016  
PLANO: PROCESO CONSTRUCTIVO: FASE DE RELLENO

RESPONSABLE: FUENTE: PEJEZA  
WHTB - SVB  
FECHA: MAYO -2017  
PLANO N° 09

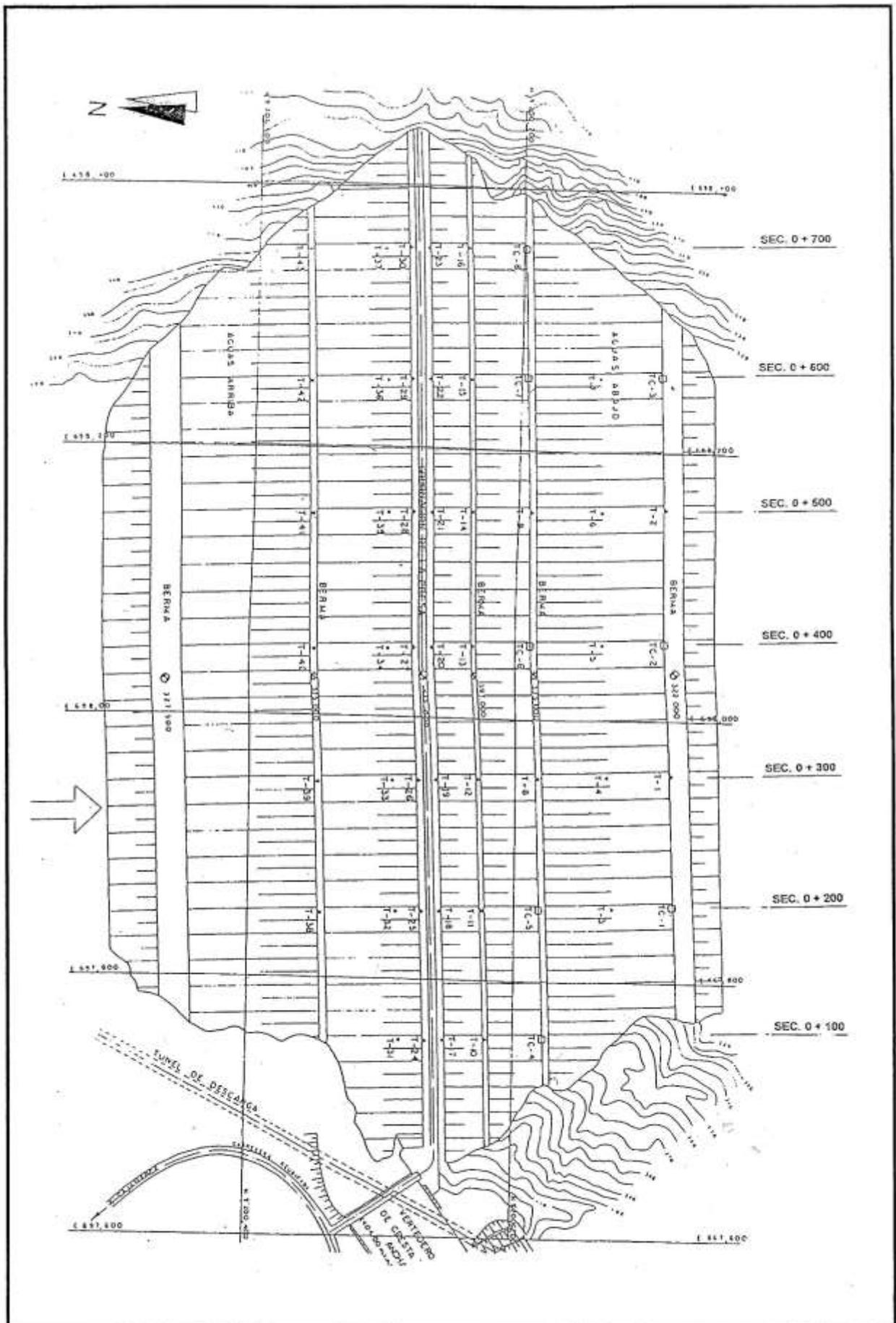
# PRESA GALLITO CIEGO - SECCION TIPICA EN CORTE



LEYENDA:  
 COTA : m.s.n.m  
 LONGTUD: m

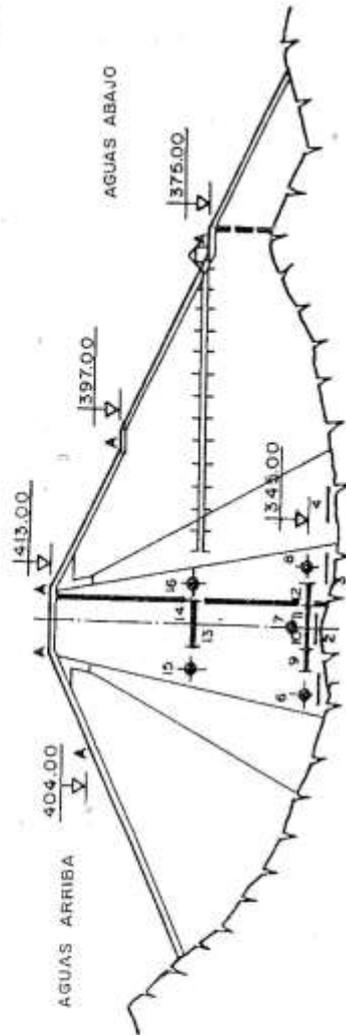
NOTA:  
 COTA DE CORONACION: 413.00 m.s.n.m  
 COTA DE BASE DE PRESA: 308.00 m.s.n.m  
 ALTURA DE PRESA: 105.00 m  
 ALTURA DEL NUCLEO: 112.00 m

|   |  |                              |  |
|---|--|------------------------------|--|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO                                       |  | PLANO N° 10                  |  |
| FACULTAD DE INGENIERIA  |  | FECHA: MAYO -2017            |  |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL               |  | RESPONSABLES: FUENTE: PEJEZA |  |
| TESIS: AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO PERIODO 1998-2016 |  |                              |  |
| PLANO: PRESA GALLITO CIEGO: SECCION TIPICA                      |  |                              |  |



|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 11       |
|         | PLANO:                    | PRESA GALLITO CIEGO - SECCIONES PARA INSTRUMENTACION      |          |

# SECCION KM 0 + 100



| SÍMBOLO | LEYENDA  | CANTIDAD |
|---------|--|----------|
|         | MDS 75: Fijación de poros<br>Rango de medición 8, 15 o 30 bar        | 06       |
|         | MDS 187: Extensómetro<br>Rango de medición +/-0,30 m                 | 04       |
|         | Limnómetro de asentamiento /<br>Inclinómetro                         | 26 m     |
|         | Limnómetro de asentamiento   | 15 m     |
|         | MDS 76 presión totales<br>Rango de medición 8, 15, 25,<br>0, 70, 138 | 04       |
|         | Caseta de medición   | 01       |
|         | Punto de control de<br>deformación                                   | 05       |
|         | Limnómetro de deformación<br>horizontal                              | 05 m     |

PLANO N°

12

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016

PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICION - SECCION 0 + 100

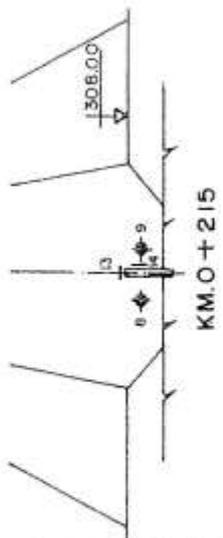
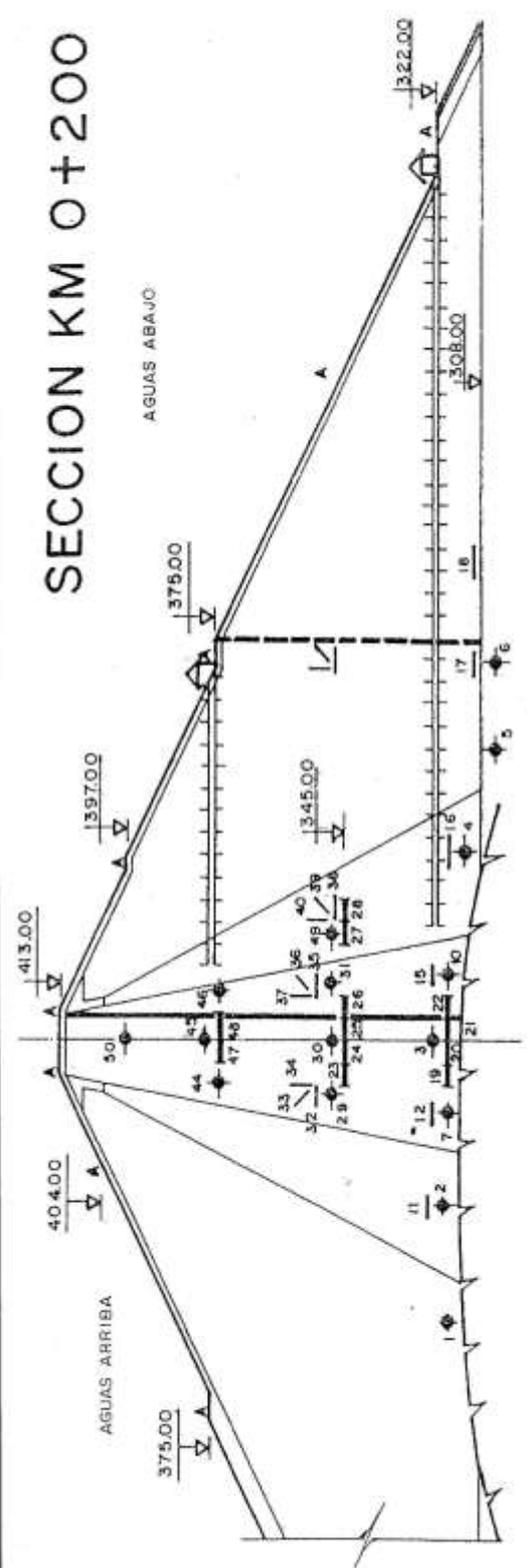
FUENTE:

PEJEZA

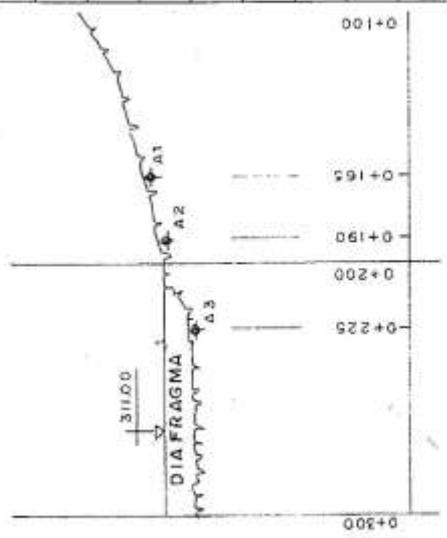
TESIS:

PLANO:

# SECCION KM 0+200

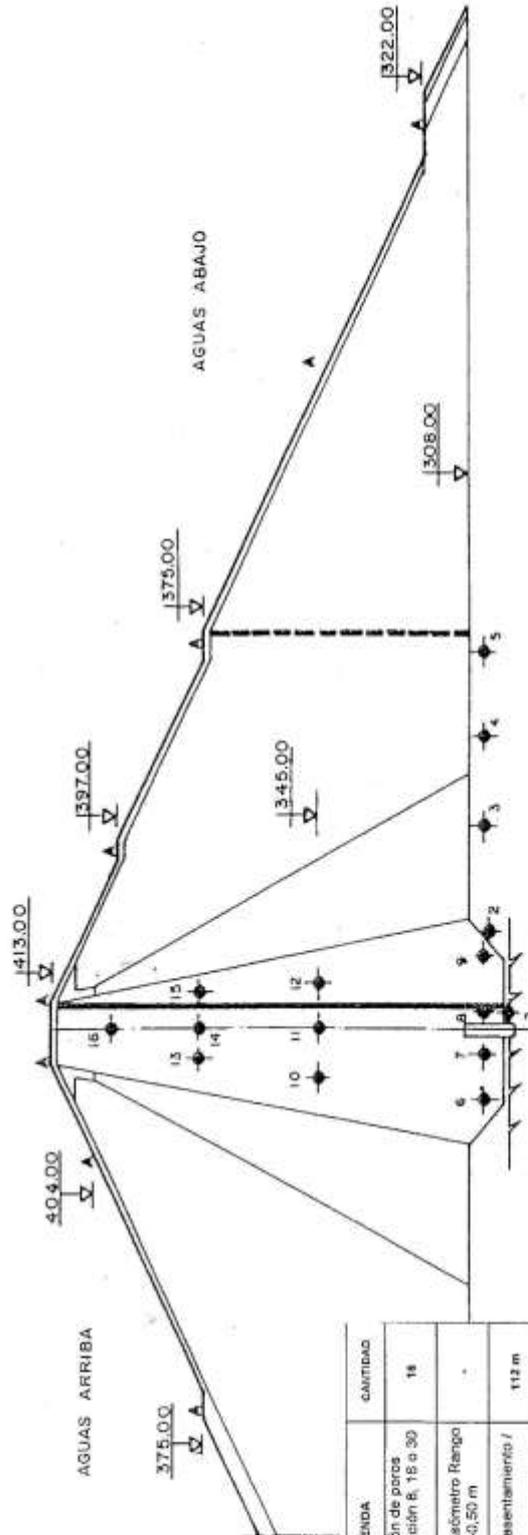


| SIMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 6, 10 o 30 bar    | 21       |
|         | MDS 19* Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m                | 12       |
|         | Limnómetro de asentamiento / Inclinómetro                       | 100 m    |
|         | Limnómetro de asentamiento                                      | 68 m     |
|         | MDS 78 presión totales<br>Rango de medición 0, 16, 25, 0.70 bar | 29       |
|         | Caseta de medición  | 02       |
|         | Punto de control de deformación                                 | 08       |
|         | Limnómetro de deformación horizontal                            | 220 m    |



|                          |   |  |           |
|--------------------------|---|--|-----------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO   |  | PLANO N°  |
|                          | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016                 |  | <b>13</b> |
| TESIS:                   | PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICION - SECCION 0 + 200 |  |           |
| PLANO:                   |   |  |           |

# SECCION KM 0 + 300



| SIMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 8, 15 a 30 bar        | 16       |
|         | MDS 19* Extensómetro<br>Rango de medición +/-0,50 m                 | -        |
|         | Limnómetro de asentamiento /<br>Inclinómetro                        | 112 m    |
|         | Limnómetro de asentamiento  | 64 m     |
|         | MDS 78 presión totales<br>Rango de medición 8, 15, 25,<br>0,70 bar. | -        |
|         | Caseta de medición  | -        |
|         | Punto de control de<br>deformación                                  | 08       |
|         | Limnómetro de deformación<br>horizontal                             | -        |

FUENTE:  
**PEJEZA**

TESIS:

AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016

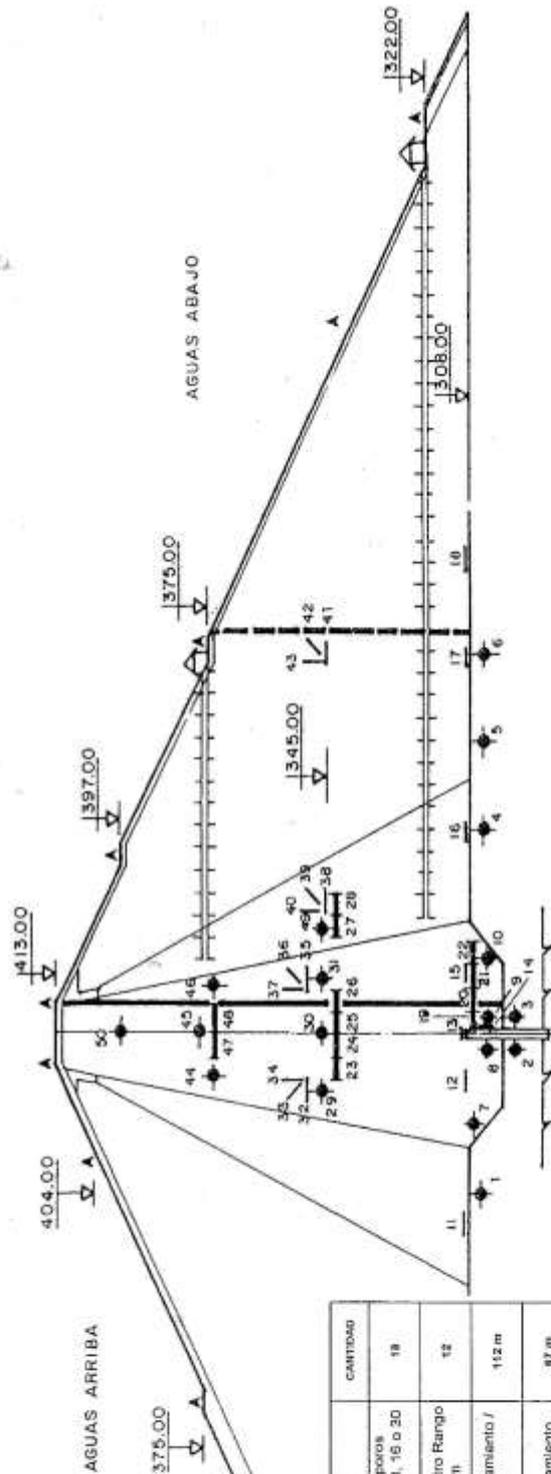
PLANO:

PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICION - SECCION 0 + 300

PLANO N°

**14**

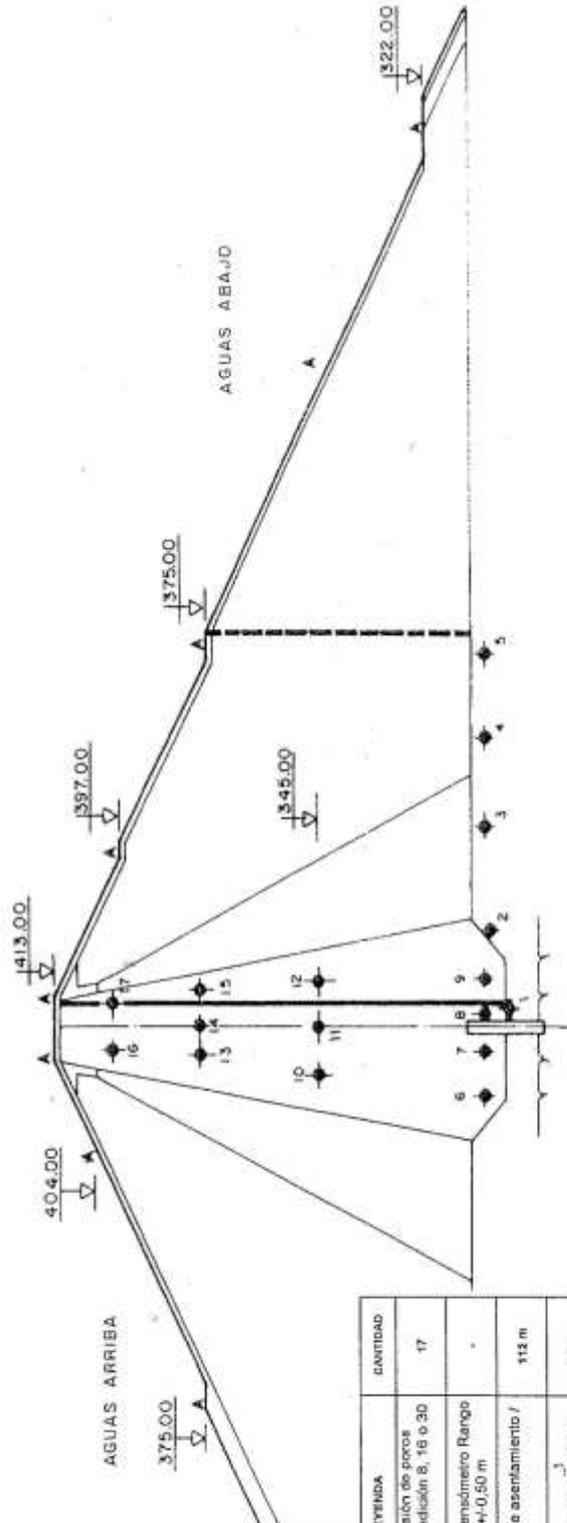
# SECCION KM 0+400



| SÍMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 8, 15 o 30 bar    | 19       |
|         | MDS 19° Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m                | 12       |
|         | Limnómetro de asentamiento / Inclinómetro                       | 112 m    |
|         | Limnómetro de asentamiento                                      | 97 m     |
|         | MDS 78 presión totales<br>Rango de medición 8, 15, 25, 0.70 bar | 20       |
|         | Caseta de medición  | 02       |
|         | Punto de control de deformación                                 | 08       |
|         | Limnómetro de deformación horizontal                            | 229 m    |

|                                 |   |   |                 |
|---------------------------------|---|---|-----------------|
| <b>FUENTE:</b><br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>  |   | <b>PLANO N°</b> |
|                                 | TESIS:  | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | <b>15</b>       |
| PLANO:                          | PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICIÓN - SECCION 0 + 400 |   |                 |

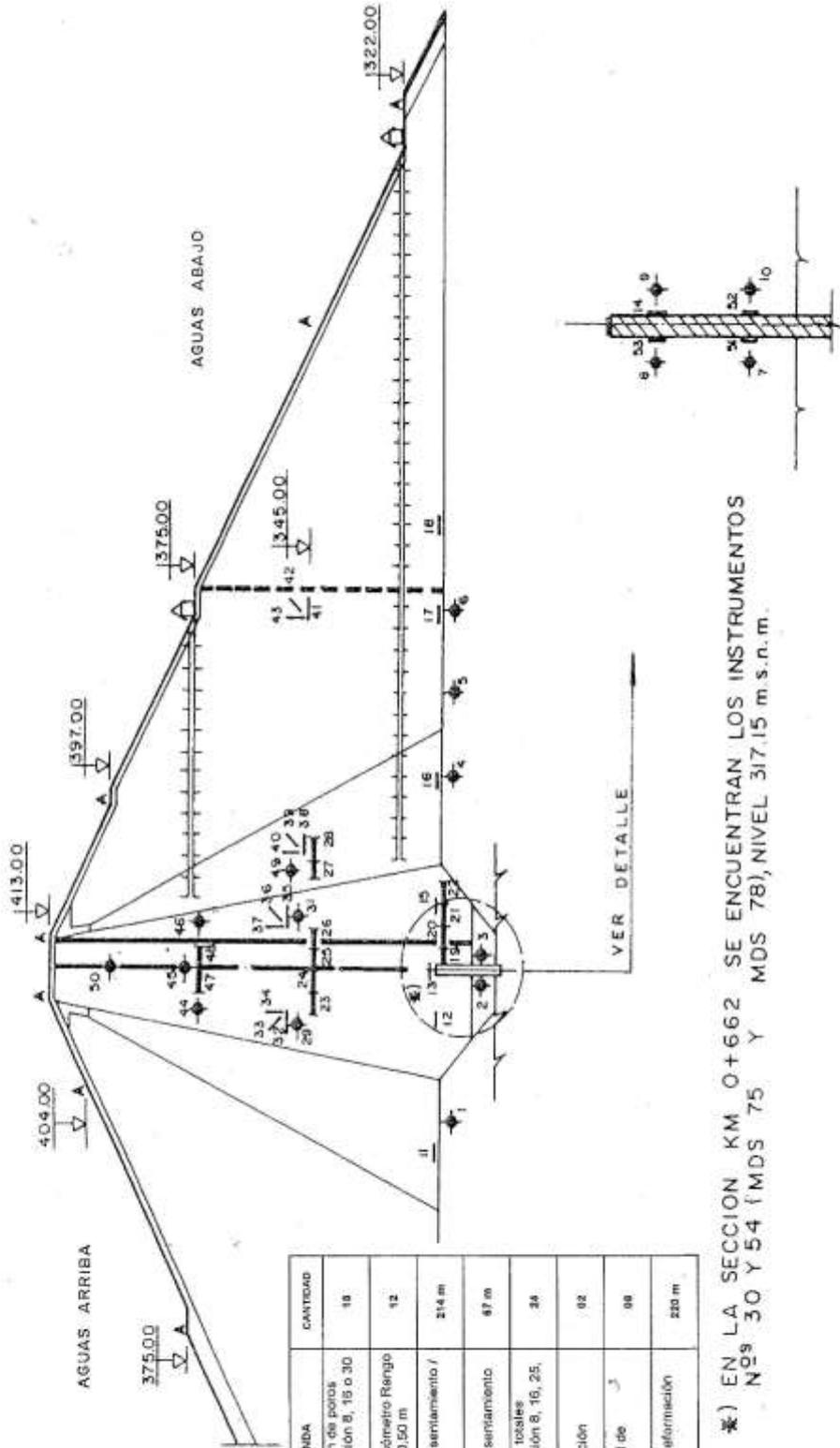
# SECCION KM 0+500



| SÍMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 8, 16 o 30 bar  | 17       |
|         | MDS 15° Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m              | -        |
|         | Limnómetro de asentamiento / inclinómetro                     | 112 m    |
|         | Limnómetro de asentamiento                                    | 67 m     |
|         | MDS 78 presión total<br>Rango de medición 8, 16, 25, 0 70 bar | -        |
|         | Caseta de medición  | -        |
|         | Punto de control de deformación                               | 08       |
|         | Limnómetro de deformación horizontal                          | -        |

|         |   |   |  |          |
|---------|---|---|--|----------|
| FUENTE: |   | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO                                 |  | PLANO N° |
| PEJEZA  |   | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |  | 16       |
| TESIS:  | PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICION - SECCION 0 + 500 |   |  |          |
| PLANO:  |   |   |  |          |

# SECCION KM 0+600



| SÍMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 8, 15 o 30 bar    | 19       |
|         | MDS 18° Extensómetro Rango de medición $\pm 0.50$ m             | 12       |
|         | Limnómetro de asentamiento / Inclinómetro                       | 214 m    |
|         | Limnómetro de asentamiento                                      | 87 m     |
|         | MDS 78 presión totales<br>Rango de medición 8, 16, 25, 5.73 bar | 34       |
|         | Casaca de medición  | 02       |
|         | Punto de control de deformación                                 | 08       |
|         | Limnómetro de deformación horizontal                            | 230 m    |

EN LA SECCION KM 0+662 SE ENCUENTRAN LOS INSTRUMENTOS N°s 30 Y 54 (MDS 75 Y MDS 78), NIVEL 317.15 m s.n.m.

FUENTE:  
**PEJEZA**

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

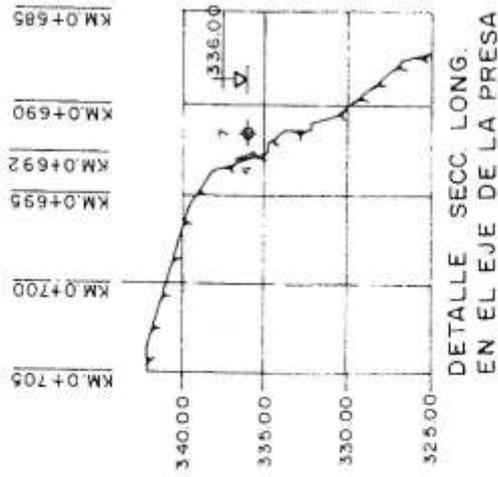
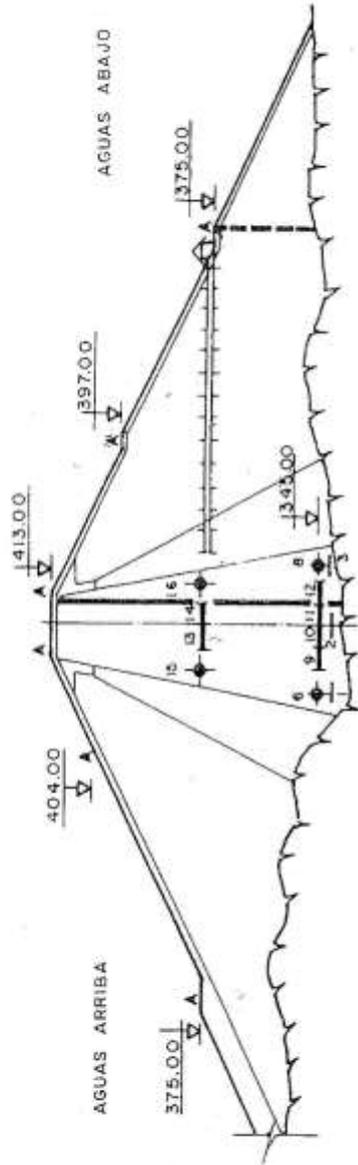
AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016

PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICION - SECCION 0 + 600

PLANO N°

**17**

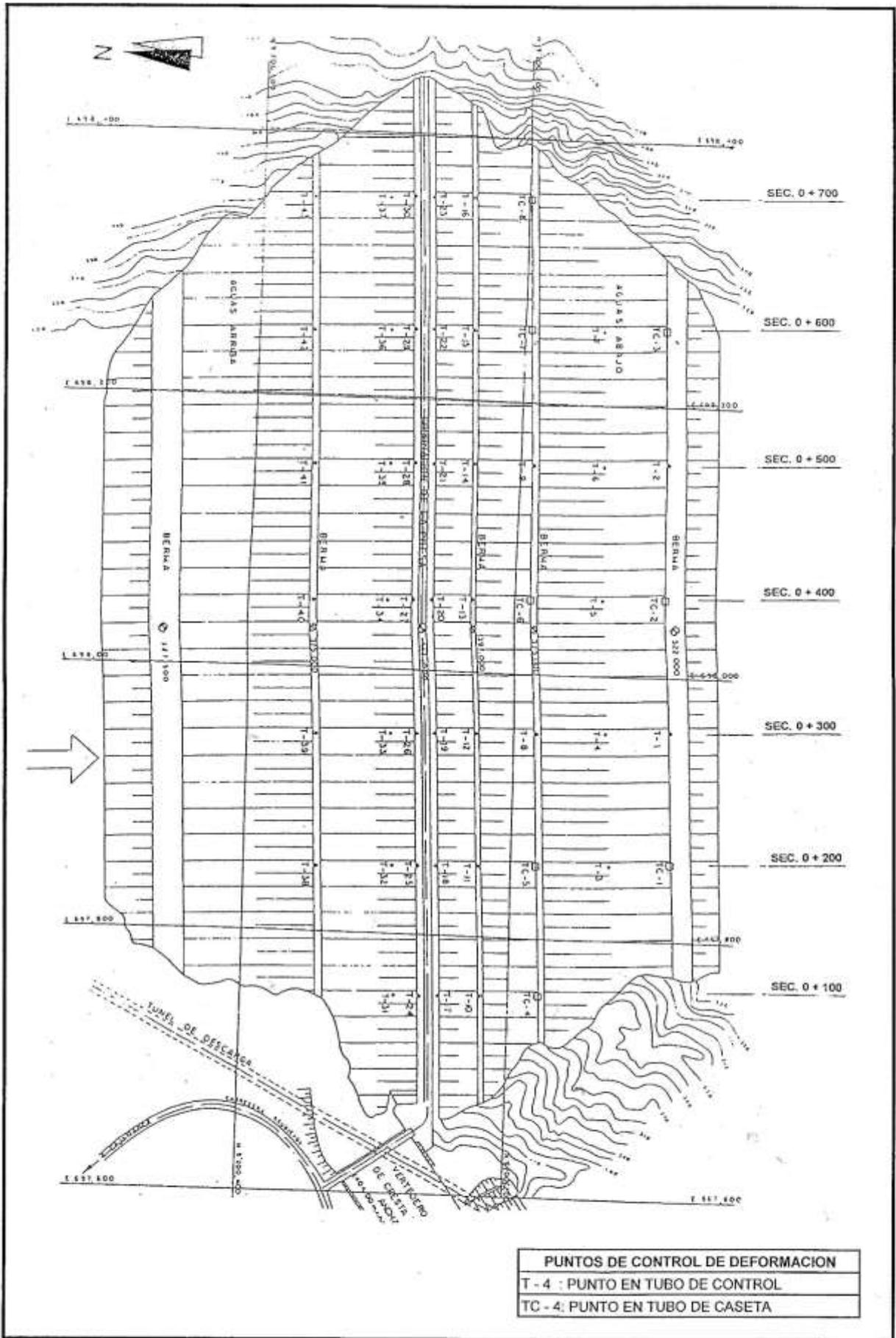
# SECCION KM 0 + 700



EN LA SECCION KM 0+692 SE ENCUENTRAN UN INSTRUMENTO MDS 75 Y UN MDS 78, NIVEL 336.00 (VER DETALLE).

| SIMBOLO | LEYENDA   | CANTIDAD |
|---------|---|----------|
|         | MDS 75, Presión de poros<br>Rango de medición 0, 16 e 30 bar    | 05       |
|         | MDS 19* Extensómetro Rango de medición +/-0,50 m                | 06       |
|         | Limnómetro de asentamiento / Inclinómetro                       | 71 m     |
|         | Limnómetro de asentamiento                                      | 25 m     |
|         | MDS 78 presión totales<br>Rango de medición 0, 16, 25, 0.70 bar | 04       |
|         | Caseta de medición  | 01       |
|         | Punto de control de deformación                                 | 06       |
|         | Limnómetro de deformación horizontal                            | 05 m     |

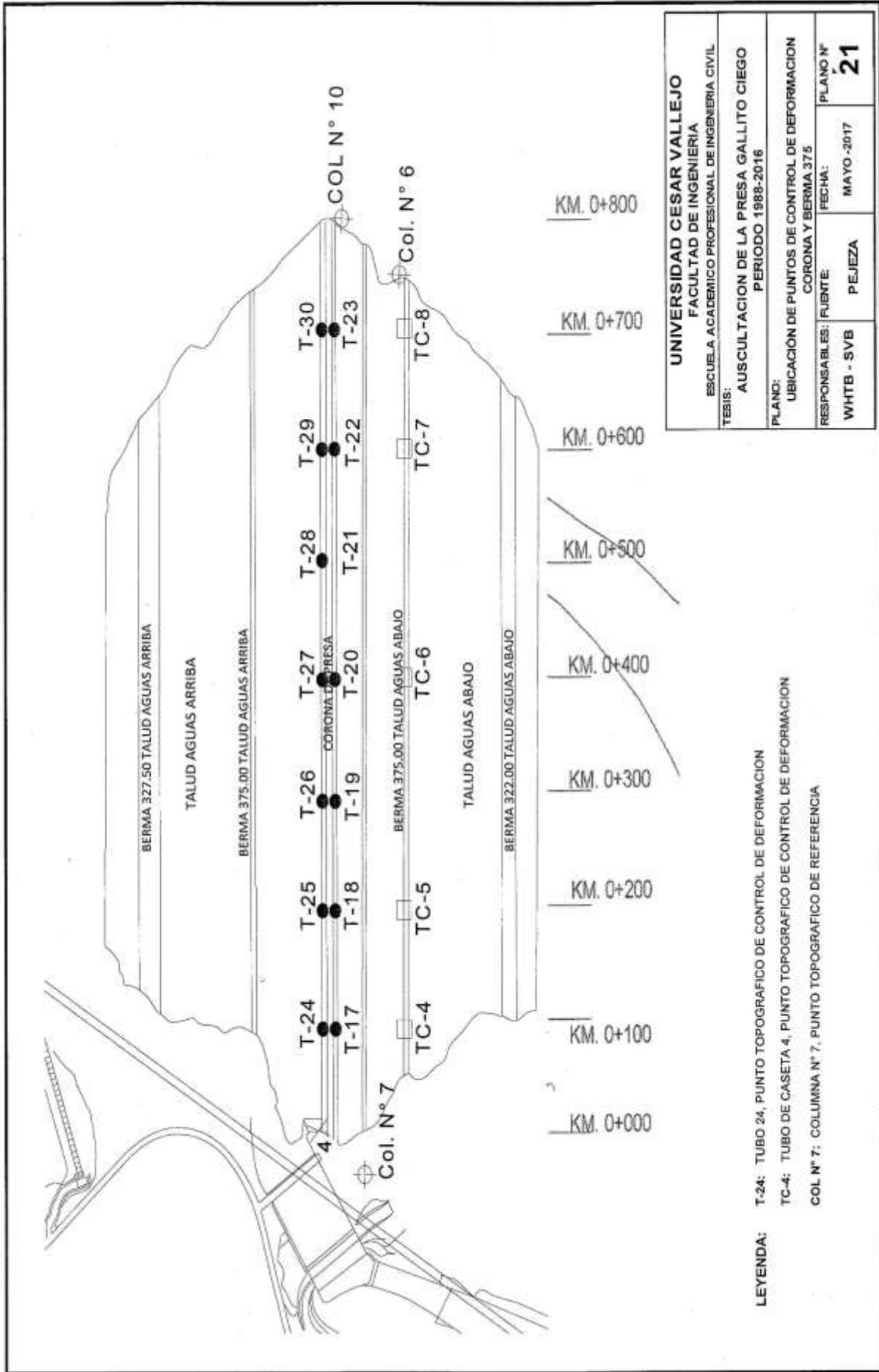
|                          |   |  |           |
|--------------------------|---|--|-----------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO   |  | PLANO N°  |
|                          | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016                 |  | <b>18</b> |
| TESIS:                   | PRESA GALLITO CIEGO - UBICACIÓN DE SENSORES DE MEDICIÓN - SECCION 0 + 700 |  |           |
| PLANO:                   |   |  |           |



**PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION**  
 T - 4 : PUNTO EN TUBO DE CONTROL  
 TC - 4: PUNTO EN TUBO DE CASETA

|               |                                  |   |           |
|---------------|----------------------------------|---|-----------|
| FUENTE:       | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | PLANO N°  |
| <b>PEJEZA</b> | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | <b>19</b> |
|               | PLANO:                           | UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION         |           |



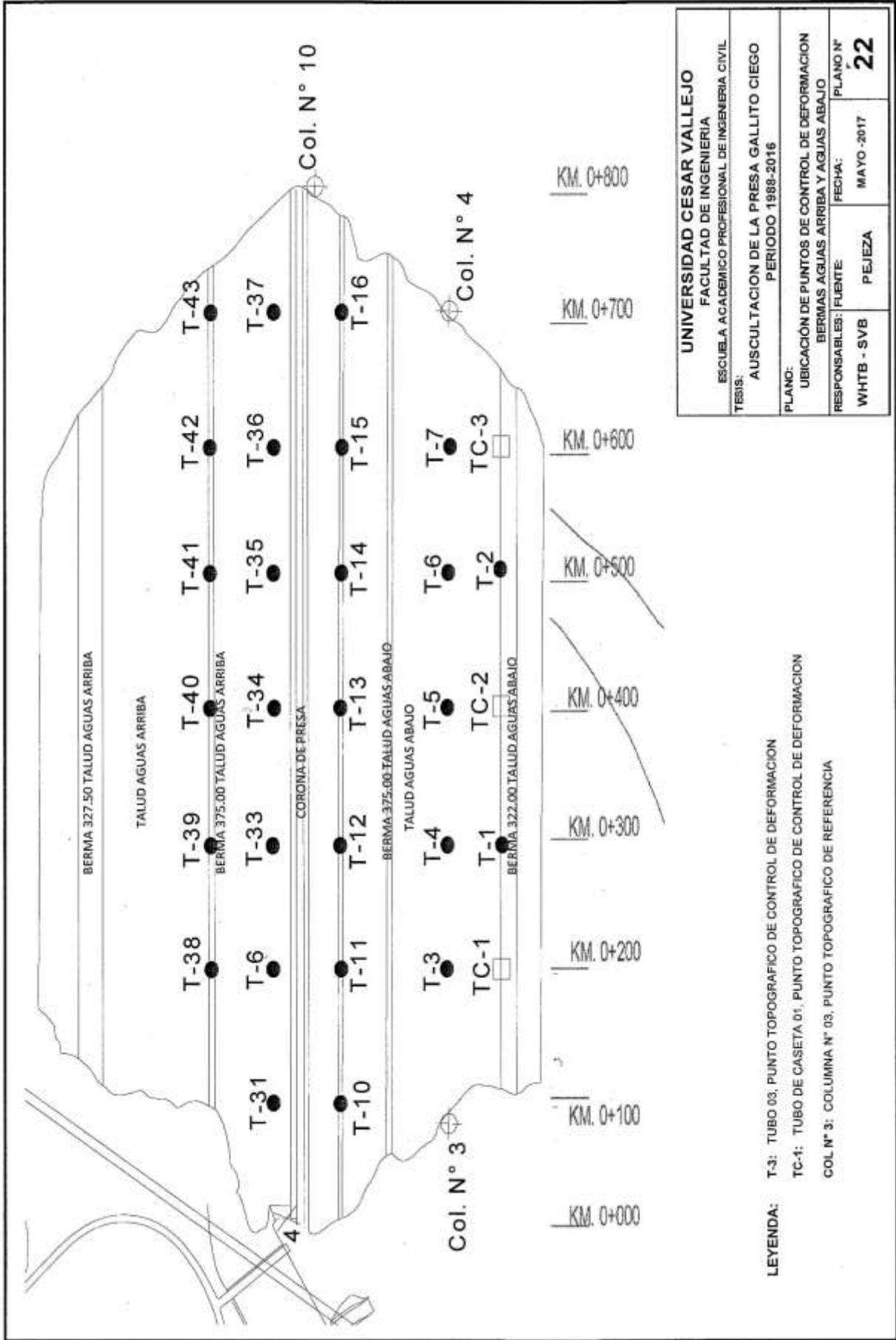


LEYENDA: T-24: TUBO 24, PUNTO TOPOGRAFICO DE CONTROL DE DEFORMACION

TC-4: TUBO DE CASETA 4, PUNTO TOPOGRAFICO DE CONTROL DE DEFORMACION

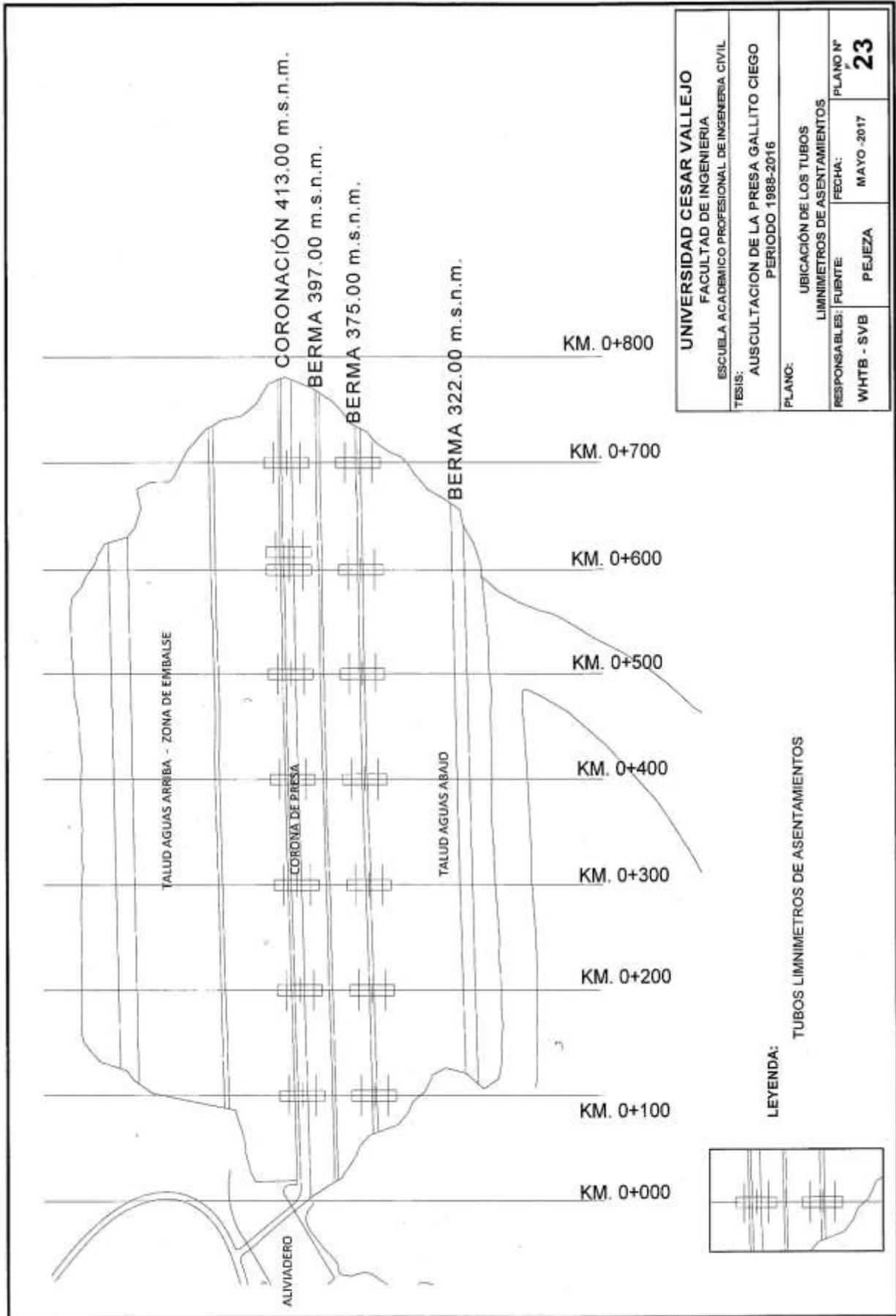
COL N° 7: COLUMNA N° 7, PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>  |                              |
| FACULTAD DE INGENIERIA  |                              |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL                                 |                              |
| TESIS: <b>AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO</b><br>PERIODO 1988-2016         |                              |
| PLANO: <b>UBICACION DE PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION</b><br>CORONA Y BERMA 375 |                              |
| RESPONSABLES: FUENTE:   | FECHA:                       |
| WHTB - SVB  | PEJEZA                       |
|   | MAYO -2017                   |
|   | <b>PLANO N°</b><br><b>21</b> |



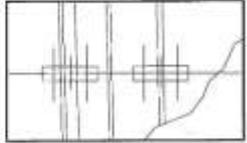
|  |            |
|--|------------|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>                     |            |
| FACULTAD DE INGENIERIA                               |            |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL    |            |
| TESIS: AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO        |            |
| PERIODO 1988-2016                                    |            |
| PLANO: UBICACION DE PUNTOS DE CONTROL DE DEFORMACION |            |
| BERMAS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO                    |            |
| RESPONSABLES: FUENTE:                                | FECHA:     |
| WHTB - SVB   | PEJEZA     |
|  | MAYO -2017 |
|  | PLANO N°   |
|  | <b>22</b>  |

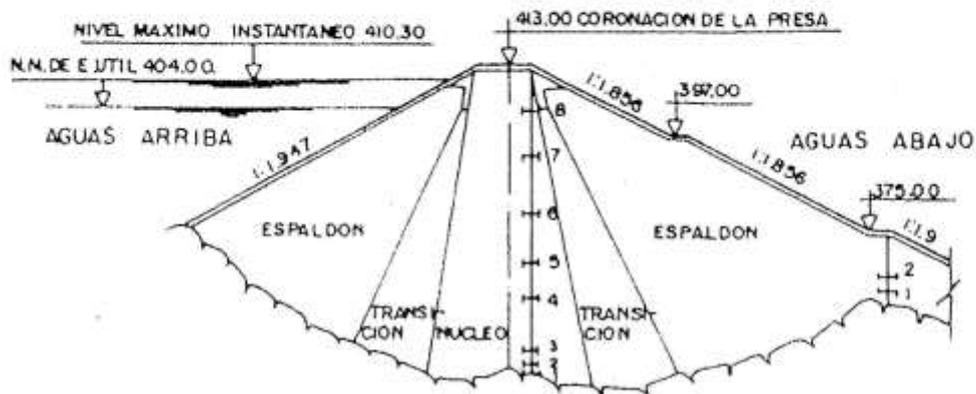
**LEYENDA:** T-3: TUBO 03, PUNTO TOPOGRAFICO DE CONTROL DE DEFORMACION  
 TC-1: TUBO DE CASETA 01, PUNTO TOPOGRAFICO DE CONTROL DE DEFORMACION  
 COL N° 3: COLUMNA N° 03, PUNTO TOPOGRAFICO DE REFERENCIA



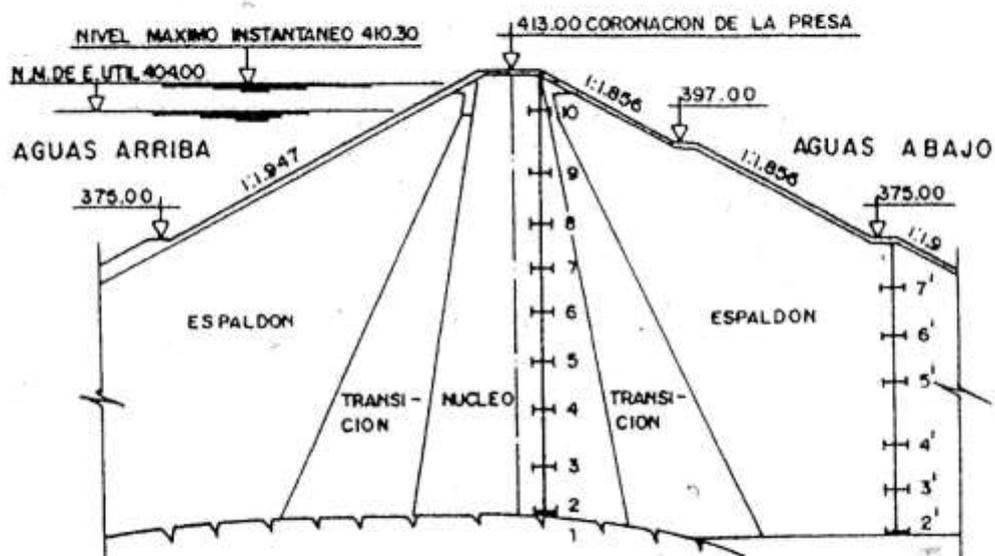
|   |                       |
|---|-----------------------|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                       |
| TESIS:<br><b>AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO</b><br>PERIODO 1988-2016                                    |                       |
| PLANO:<br>UBICACIÓN DE LOS TUBOS<br>LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS  |                       |
| RESPONSABLES: FUENTE<br>WHTB - SVB  | FECHA:<br>MAYO -2017  |
| PEJEZA  | PLANO N°<br><b>23</b> |

LEYENDA:  
 TUBOS LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS



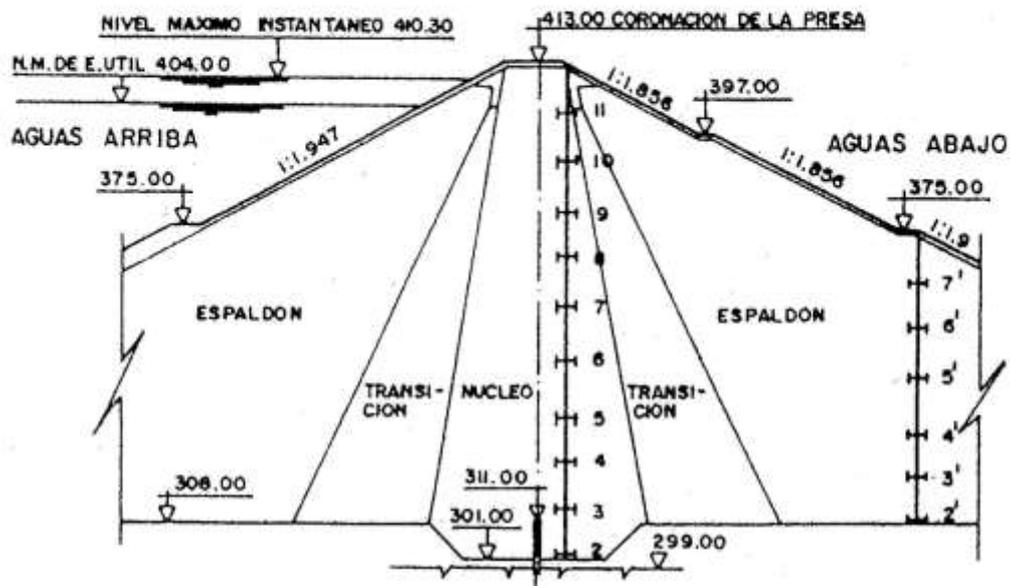


SECCION Km: 0 + 100

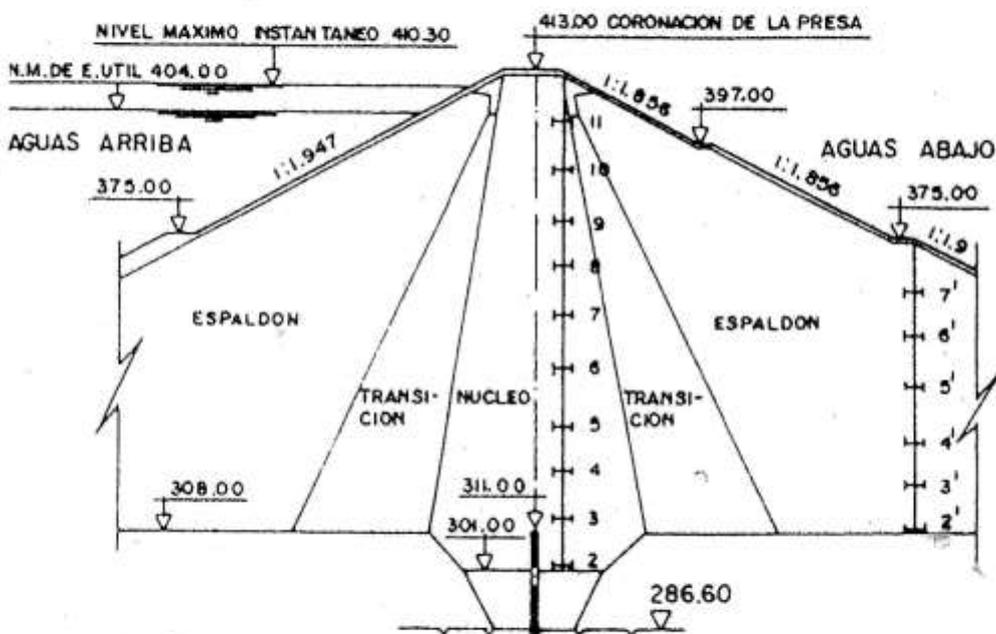


SECCION Km: 0 + 200

|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 24       |
|         | PLANO:                    | LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS SECCION 0+100 y 0+200        |          |

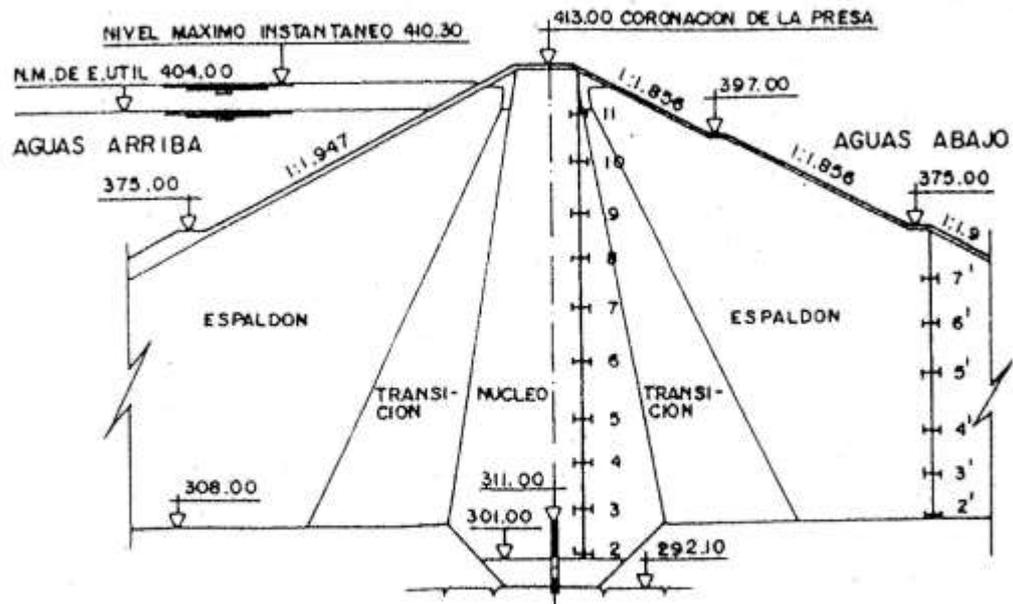


SECCION Km: 0 + 300

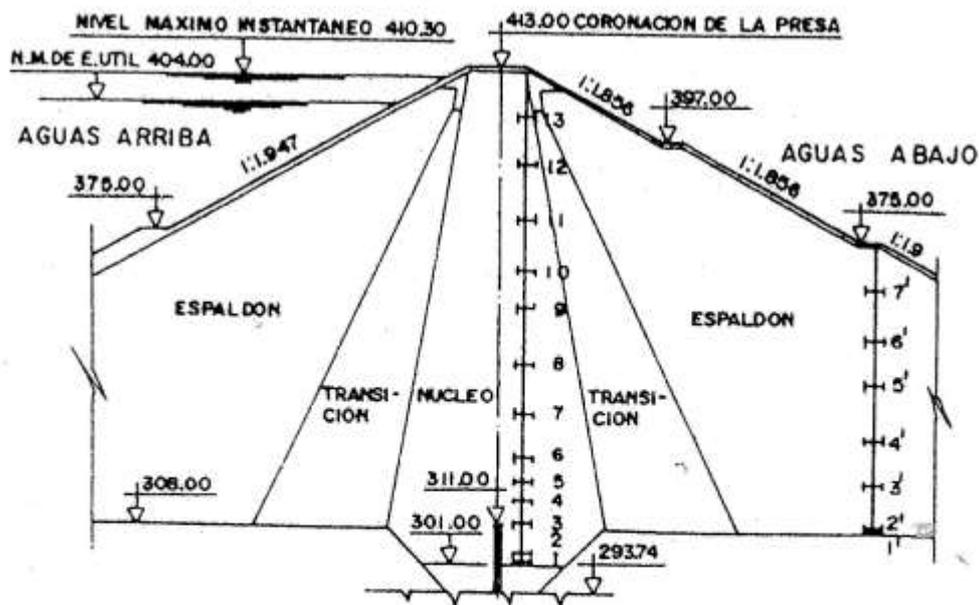


SECCION Km: 0 + 400

|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 25       |
|         | PLANO:                    | LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS SECCION 0+300 y 0+400        |          |

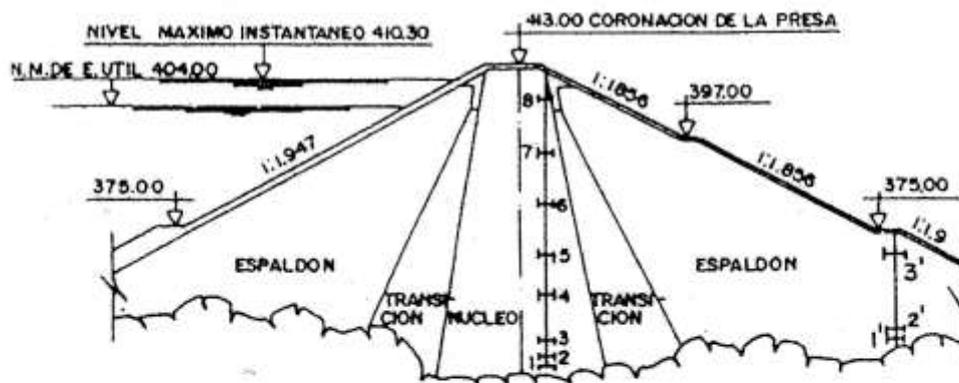


SECCION Km: 0 + 500



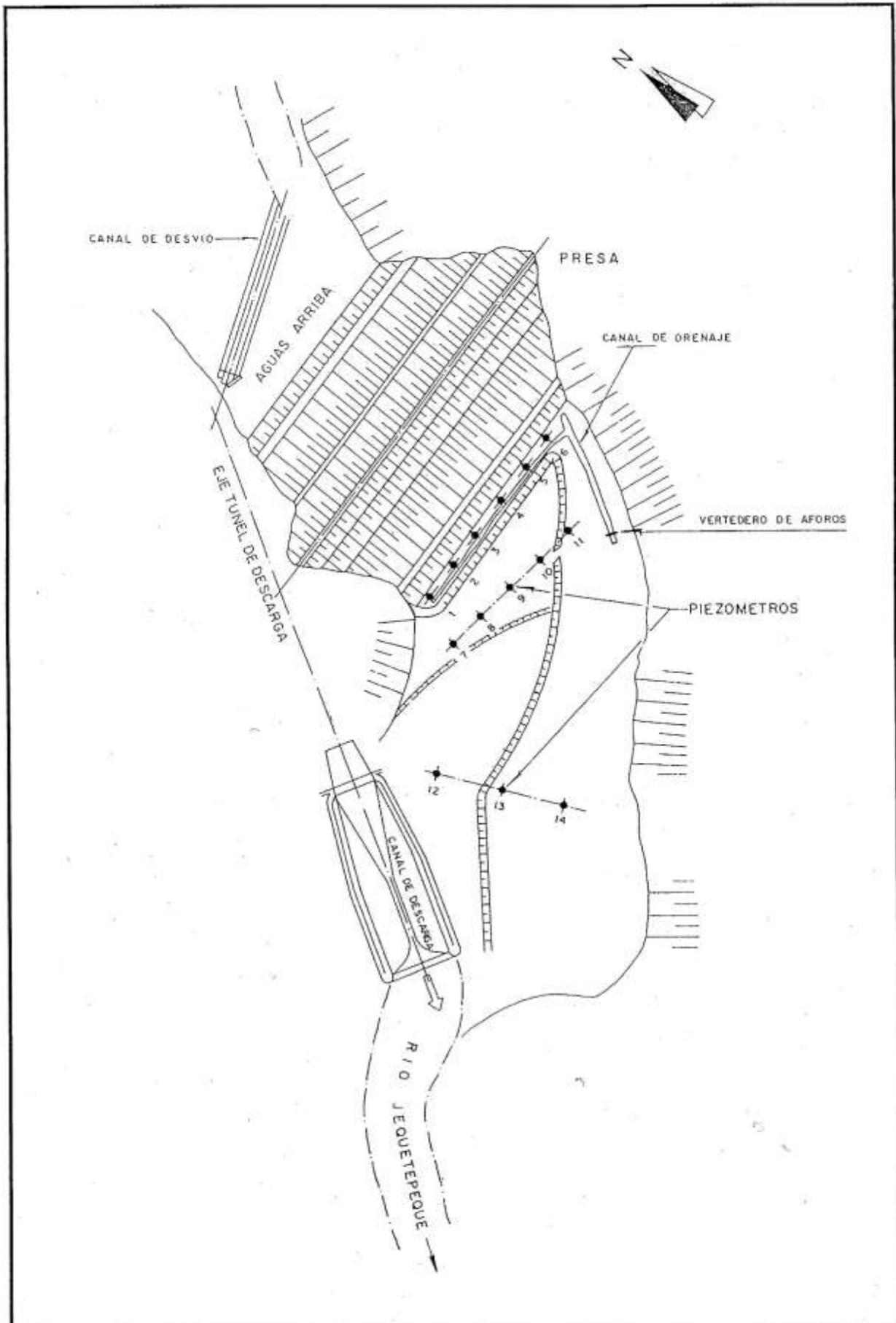
SECCION Km: 0 + 600

|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 26       |
|         | PLANO:                    | LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS SECCION 0+500 y 0+600        |          |

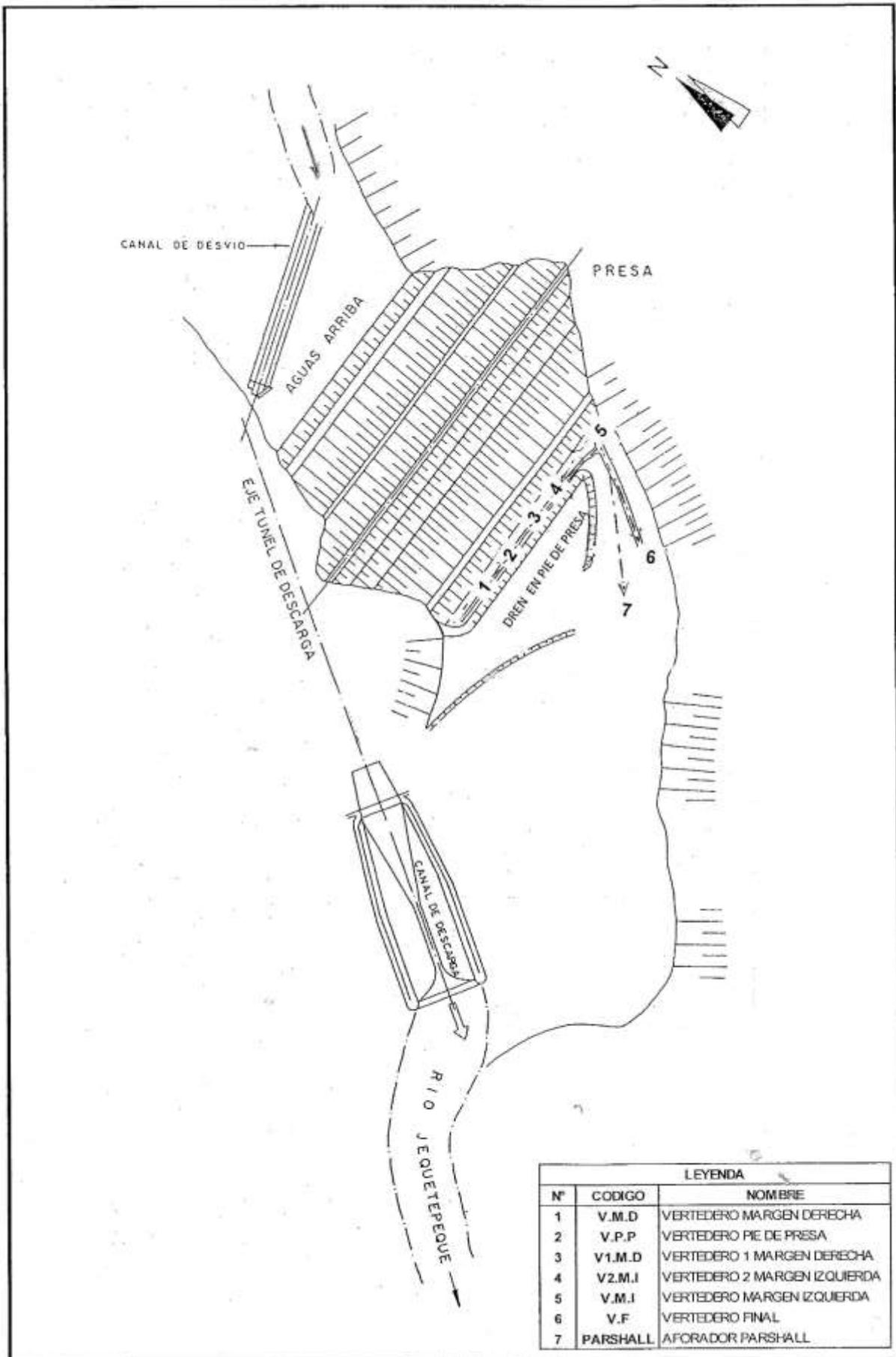


SECCION Km: 0 + 700

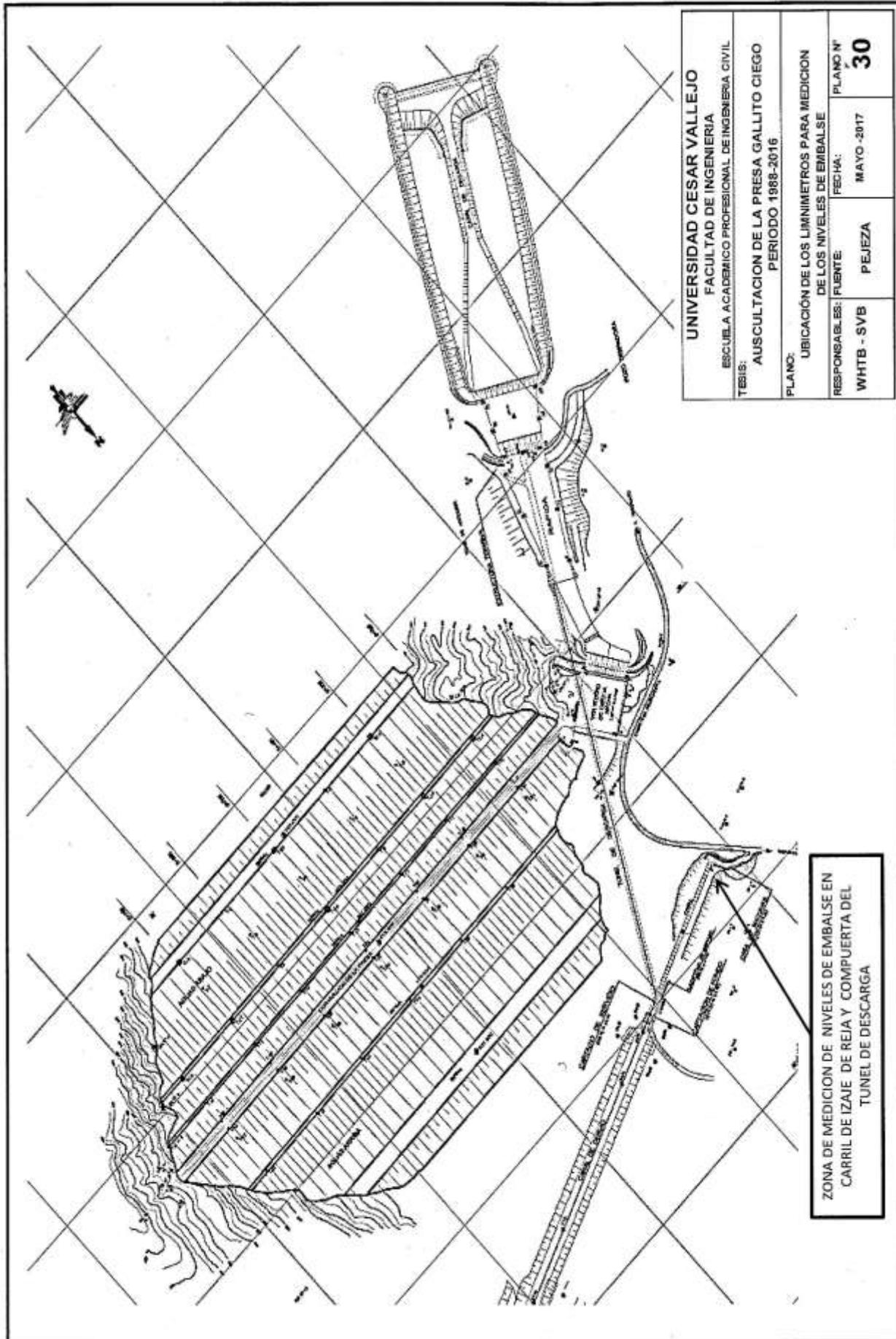
|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 27       |
|         | PLANO:                    | LIMNIMETROS DE ASENTAMIENTOS SECCION 0+700                |          |



|                          |                                  |   |                       |
|--------------------------|----------------------------------|---|-----------------------|
| FUENTE:<br><b>PEJEZA</b> | <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> |   | PLANO N°<br><b>28</b> |
|                          | TESIS:                           | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 |                       |
|                          | PLANO:                           | UBICACIÓN DE PIEZOMETROS EN PIE DE PRESA                  |                       |



|         |                           |   |          |
|---------|---------------------------|---|----------|
| FUENTE: | UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   | PLANO N° |
| PEJEZA  | TESIS:                    | AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO, PERIODO 1988-2016 | 29       |
|         | PLANO:                    | UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE FILTRACIONES            |          |



|   |               |
|---|---------------|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b><br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |               |
| <b>TESIS:</b> AUSCULTACION DE LA PRESA GALLITO CIEGO<br>PERIODO 1988-2016                                       |               |
| <b>PLANO:</b> UBICACION DE LOS LIMNIMETROS PARA MEDICION<br>DE LOS NIVELES DE EMBALSE                           |               |
| <b>RESPONSABLES:</b> FUENTE:  | <b>FECHA:</b> |
| <b>WHTB - SVB</b>   | <b>PEJEZA</b> |
| <b>PLANO N°</b>   |               |
| <b>30</b>   |               |

ZONA DE MEDICION DE NIVELES DE EMBALSE EN  
 CARRIL DE IZAJE DE REJA Y COMPUERTA DEL  
 TUNEL DE DESCARGA