



Agencia de Medio Ambiente y Agua
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



INFORME FINAL DEL PROYECTO “CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA EL DESARROLLO DEL PLAN ESTRATÉGICO DE ACTIVIDADES DE APOYO A LOS ACUÍFEROS DEL PONIENTE ALMERIENSE (NET965081)”

Documento 2

Informe Final de la Partida 1 del Contrato: “Apoyos al equipo del IGME situado y muy especializado en la zona, en sus tareas como responsable de la dirección de todos los contenidos hidrogeológicos de la Fase I del Programa”.

Octubre de 2014

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 2: INFORME FINAL DE LA PARTIDA 1 DEL CONTRATO

2.1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS

2.2.- RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO CON LOS OBJETIVOS Y TRABAJOS DE LA FASE I DEL PROGRAMA

2.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO

2.4.- INFORMES PARCIALES y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 1

2.4.1.- Informes anuales sobre el desarrollo de las tareas de la Partida 1

a) TAREA 1: APOYO A LA DEFINICIÓN Y REDACCIÓN DE PRESCRIPCIONES TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE LOS DIFERENTES TRABAJOS HIDROGEOLÓGICOS A REALIZAR POR CADA UNA DE LAS PARTES, ATENDIENDO AL CONOCIMIENTO DE TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS, PRINCIPALMENTE EN RELACIÓN CON ASPECTOS HIDROQUÍMICOS Y GEOFÍSICOS.

a. 1) Año 2008 (del Documento 111):

a.1.1) Sobre metodologías geofísicas a utilizar en esta Fase del Programa

a.1.2) Sobre aspectos hidroquímicos de la investigación en los acuíferos

a. 2) Año 2009 (del Documento 112):

a. 3) Año 2011:

b) TAREA 2: APOYO AL DISEÑO DE CAMPAÑAS DE ADQUISICIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN Y DE TOMA DE MEDIDAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS, Y AL DISEÑO DE DOCUMENTOS ESPECÍFICOS PARA LA EJECUCIÓN DE DISTINTOS TRABAJOS, SU SEGUIMIENTO Y CONTROL.

b.1) Año 2008 (del Documento 111)

b.2) Año 2009 (del Documento 112)

c) TAREA 3: APOYO AL CONTROL GENERAL DE CALIDAD DE LOS TRABAJOS HIDROGEOLÓGICOS A DESARROLLAR EN LA FASE I DEL PROGRAMA (TANTO DURANTE SU EJECUCIÓN, COMO EN FASE DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARCIALES Y FINALES).

c.1) Año 2008 (del Documento 111)

c.2) Año 2009 (del Documento 112)

c.3) Año 2010 (del Documento 113)

c.3.1) Control de calidad de operaciones geofísicas de registros verticales continuos y muestreos en profundidad: control de calibraciones, elaboraciones de datos de la campaña llevada a cabo en 2010.

c.4) Año 2011

d) TAREA 4: APOYO A LA DISCUSIÓN MULTIDISCIPLINAR, POR LOS ESPECIALISTAS MÁS EXPERIMENTADOS, SOBRE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS FINALES.

e) TAREA 5: INTERVENCIÓN EN LA DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE DISTINTOS TRABAJOS SOBRE OBJETIVOS PARCIALES, Y EN LA TOMA DE DECISIONES EN LA INTERPRETACIÓN GENERAL DE LOS MISMOS.

e. 1) Año 2009 (del Documento 112)

e.2) Año 2010 (del Documento 113)

e.2.1) Discusión sobre la interpretación de los valores de Oxígeno Disuelto del agua de los acuíferos principales (proceso detallado acerca del uso y la problemática que conllevó la utilización de la sonda de calidad).

e.3) Años 2011-2012

f) TAREA 6: APOYO AL DISEÑO, CONTROL DE EJECUCIÓN Y REVISIÓN GENERAL DE DOCUMENTOS DE RESULTADOS (PARCIALES Y FINALES) DE LA FASE I, PRINCIPALMENTE EN LOS ASPECTOS HIDROQUÍMICOS Y GEOFÍSICOS.

f. 1) Año 2009 (del Documento 112)

f.2) Año 2010 (del Documento 113)

f.2.1.- Apoyo a la revisión general de las informaciones de base obtenidas para el trabajo sobre focos potenciales de contaminación y su influencia en los acuíferos inferiores.

f.2.2.- Revisión geofísica general de los documentos de resultados de las campañas geofísicas realizadas entre 2009 y 2010.

f.3) Años 2011-2012

g) TAREA 7: APOYOS A LAS ACTIVIDADES DE EXPLICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS PARCIALES Y FINALES DE LA FASE I.

g.1) Año 2009 (del Documento 112)

g. 2) Año 2010 (del Documento 113)

g.2.1: Ponencia sobre los resultados obtenidos de la Fase I del Convenio (julio de 2010).

g.3) Año 2012

g.3.1: Resumen del Documento 191, presentado al simposio TIAC 2012

Informe Final de la Partida 1 del Contrato: “Apoyos al equipo del IGME situado y muy especializado en la zona, en sus tareas como responsable de la dirección de todos los contenidos hidrogeológicos de la Fase I del Programa”.

Documento 2

2. 1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS

Se definió esta primera Partida del Contrato como: “Apoyos al equipo del IGME situado y muy especializado en la zona, en sus tareas como responsable de las dirección de todos los contenidos hidrogeológicos de la Fase I del Programa”.

Su objetivo general ha sido complementar al equipo del IGME situado y muy especializado en la zona para, garantizando la coherencia en todos los aspectos de la investigación con el modelo de geometría y evolución del funcionamiento de este conjunto de acuíferos, llevar a cabo la dirección de todos los contenidos hidrogeológicos de la Fase I, dada la complejidad derivada de la participación de las cuatro entidades y sus Asistencias, en tareas de distintas Actividades Administrativas, de índole diferente, con la necesidad de estar bien establecida desde su inicio la coordinación de Trabajos y la dirección hidrogeológica general de los mismos.

Por sus características, la prestación de estos apoyos (incluidos en las siete tareas que se exponen a continuación) hubo de adaptarse a los requerimientos del equipo de hidrogeólogos de máxima experiencia directa en la investigación de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, situado en la zona, así como a las circunstancias que se produjeron, derivadas tanto de las características técnico – administrativas directas de la Fase I, como externas a la misma, durante el desarrollo de sus Trabajos (por necesidades de apoyo a informes de urgencia -como el solicitado por la Junta de Andalucía en relación con el problema de inundaciones en el entorno de la Balsa del Sapo- las debidas a la ocurrencia de condiciones climatológicas excepcionales cuya influencia en los acuíferos resultó de gran interés estudiar, etc., lo que supuso la prolongación del proyecto (sin incremento en su financiación) durante el tiempo necesario para ello, etc..

Los apoyos de la Partida 1 del Contrato se han organizado en 7 grupos, que van desde los prestados a la definición y redacción de las prescripciones técnicas de los Trabajos, hasta la difusión de los resultados finales de la Fase I. Se trata de:

- a) **tarea 1:** Apoyar a la **definición y redacción de prescripciones técnico- científicas** de los diferentes trabajos hidrogeológicos a realizar por cada una de las Partes, atendiendo al conocimiento de técnicas y metodologías específicas, principalmente en relación con aspectos hidroquímicos y geofísicos.
- b) **tarea 2:** Apoyar al **diseño de campañas de adquisición de nueva información** y de medidas sobre la calidad del agua de los acuíferos, y al **diseño de documentos específicos** para la ejecución de los distintos Trabajos de la Fase I, su seguimiento y control.
- c) **tarea 3:** Apoyar al **control general de calidad de los resultados** de las tareas hidrogeológicas a desarrollar en la Fase I del Programa (tanto durante su ejecución, como en fase de obtención de resultados parciales y finales).
- d) **tarea 4:** Apoyar a la promoción (dentro del Programa, y por los especialistas más experimentados que intervengan en el mismo) de la discusión multidisciplinar del modelo conceptual del IGME para el conjunto de acuíferos y su funcionamiento, sometiéndolo a la relación con los modelos de otros grupos que han discrepado del mismo en sus trabajos sobre esta zona, o a cualquiera de los que pudieran exponerse tras conocer la fundamentación en datos que sustentan el de este Instituto. Se trataba de ganar en seguridad en cuanto a que la línea de trabajo a seguir por este Programa es la más acertada de las posibles, y determinar la validez de informaciones externas al IGME, que deban incorporarse como datos a tratar en esta fase.
- e) **tarea 5:** Intervenir en la **discusión de los resultados** de distintos Trabajos sobre objetivos parciales, y en la toma de decisiones en la interpretación general de los mismos.
- f) **tarea 6:** Apoyar al diseño, control de ejecución y revisión general de **documentos de resultados** (parciales y finales) de la Fase I, principalmente en los aspectos hidroquímicos y geofísicos.
- g) **tarea 7:** Apoyar a las actividades de explicación y **difusión de resultados** parciales y finales de la Fase I.

2. 2.- RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO CON LOS OBJETIVOS Y TRABAJOS DE LA FASE I DEL PROGRAMA

Esta primera Partida del presente Contrato constituye, como el resto de las incluidas en el mismo, una serie de tareas desglosadas del conjunto de las correspondientes a los Trabajos que se definieron para la Fase I del Programa, que estuvieron realizadas de forma coordinada con las otras tareas que asumieron las Partes para alcanzar los objetivos de esta fase. En el caso de este Contrato, las tareas han sido fundamentalmente de los grupos de diseño y de control de calidad de distintos Trabajos.

En el Anexo Técnico 2 del Convenio de colaboración se incluyeron las Actividades Administrativas correspondientes a cada una de las Partes financiadoras de la Fase I. De las asumidas por la AAA (de la 8 a la 12) esta Partida 1 del Contrato NET965081 equivale a la **Actividad Administrativa 8** (ver **cuadro 1.2.1** en **documento 1** de este Informe). Como se indicó en la

Memoria Final de la Fase I, la Actividad Administrativa número 8 (o primera partida de este Contrato) estuvo implicada en diversos objetivos y Trabajos de esta fase. En cuanto a los primeros se trató de los Objetivos 1, 2, 5 y 6 que se exponen a continuación.

- Objetivo 1: Actualización del conocimiento del estado de partida del funcionamiento del subsistema y de su infraestructura de uso.
- Objetivo 2: Selección de alternativas de bombeo de mayor interés (primera orientación) con reducción en acuíferos inferiores y aumentos en coberteras en zonas estratégicas escogidas.
- Objetivo 5: Resultados de la Fase I del Programa
- Objetivo 6: Dirección y coordinación hidrogeológica general de la Fase I del Programa.

En el **cuadro 2.2.1** se exponen todos los Trabajos de la Fase I, indicando en rojo aquellos en los que **se integró principalmente** esta Partida 1. Se trata de **6 Trabajos**: los Trabajos 1D y 1E (del Objetivo Primero), los Trabajos 2B y 2D (del Objetivo Segundo), así como el Trabajo 5A (del Objetivo Quinto) y el Trabajo 6A del último objetivo de la Fase I.

Trabajos del Objetivo 1

- 1A Actualización de explotaciones
- 1B Actualización del conocimiento de la piezometría
- 1C Contraste / modificación del modelo geométrico del subsistema
- 1D **Detección de principales focos de contaminación por su potencial influencia en los acuíferos inferiores**
- 1E **Actualización del conocimiento de la calidad general del agua en los principales acuíferos.**
- 1F Resultados del Objetivo 1

Trabajos del Objetivo 2

- 2A Selección preliminar de zonas estratégicas preferentes para la reorientación de extracciones
- 2B **Mejora del conocimiento de la calidad del agua en zonas estratégicas preferentes de los acuíferos**
- 2C Clasificación documental de informaciones hidrogeológicas preexistentes y generadas en relación con las zonas estratégicas y el funcionamiento general
- 2D **Análisis del conocimiento hidrodinámico de las zonas estratégicas y su mejora en las preferentes**
- 2E Actualización del análisis de la problemática de los acuíferos inferiores
- 2F Análisis de la conveniencia / viabilidad de recargar en el AEBN, como medida protectora del AIO.
- 2G Resultados del Objetivo 2

Trabajos del Objetivo 3

- 3A Investigación de multitracedores para la evaluación cualitativa de los cambios en las tendencias negativas de la calidad del agua de los acuíferos inferiores, con las operaciones que se propongan

Trabajos del Objetivo 4

- 4A Coordinación de los resultados del Estudio hidrogeológico con las actuaciones de ACUAMED para el manejo de los distintos tipos de recursos

Trabajos del Objetivo 5

- 5A **Memoria Final**

Trabajos del Objetivo 6

- 6A **Dirección, gestión y coordinación de los equipos técnicos y de la información**

Cuadro 2.2.1: Trabajos de la Fase I del Programa, resaltando aquellos en los que intervino la Partida 1 de este Contrato. *Del documento entregado en la reunión AAA – EGMASA – IGME de 25 de septiembre de 2009.*

La implicación principal de la Partida 1 (Actividad Administrativa 8) en los Trabajos de la Fase I también puede observarse en el **cuadro 2.2.2**.

TRABAJOS DE LA FASE I	PRINCIPALES ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS IMPLICADAS
1ª	Actividades 1, 4, 12 y 13
1B	Actividades 1, 3, 12 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
1C	Actividades 4 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
1D	Actividades 1, 4, 6, 8 , 12 y 13
1E + 2B	Actividades 1, 2, 4, 8 , 10, 11, 12, 13, 14 y 15. Entre 2012-2013 sólo IGME
2ª	Actividades 9 y 13
2C	Actividades 3, 12 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
2D	Actividades 1, 4, 6, 8 , 12 y 13
2E	Actividades 4 y 13
2F	Actividades 1, 6, 13 y 17a
3ª	Actividad 16
4A	Actividad 17b (EGMASA y Partes del Convenio)
5A	Actividades 8 , 12 y 13
6A	Actividades 3, 8 , 12 y 13

Cuadro 2.2.2: Actividades Administrativas implicadas principalmente en la ejecución los Trabajos de la Fase I, señalando en rojo la número 8 (Partida 1 del Contrato) y los Trabajos relacionados con la misma.

2.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 1 DEL CONTRATO

En el **cuadro 2.3.1** se observa cuál fue el desarrollo por períodos de esta Partida 1 del Contrato (del global y sus tareas, en 2008, 2009, 2010 y 2011-2014).

El año con un peso mayor en su ejecución (el 60% del global) fue en el **año 2009**, al estar ya en marcha la casi totalidad de las Actividades Administrativas que se ejecutaron durante la Fase I y, por tanto, existir una mayor necesidad de contribución a casi todas las tareas de la Partida (ya descritas en el **apartado 2.1**) para dirigir sus contenidos hidrogeológicos, presentando un mayor esfuerzo en la tarea 6 -para el diseño y control general de calidad de los documentos de resultados de Trabajos hidrogeológicos en pleno desarrollo-.

Anteriormente, durante el **año 2008**, se llevaron a cabo trabajos de las tres primeras tareas descritas (con el 15% del global de la Partida ejecutado), ninguna de las cuales finalizó en dicho año, mientras que **en 2010**, se trabajó en todas las tareas, a excepción de la tarea 2 (ya finalizada) y la tarea 4.

Al inicio de 2011 ya se había consumido casi el 85% de la Partida, ejecutándose el resto de la misma, **entre 2011 y 2014**, entre la mayoría de sus tareas de la Partida, principalmente enfocadas a las interpretaciones a integrar en la Memoria Final de la Fase I, entregada en agosto de 2014.

PERIODOS →				2008	2009	2010	2011 - 2014
PARTIDA CONTRATO Activ. Adm	precio (sin IVA) €	tarea	% aprox de la partida	% ejecutado	% ejecutado	% ejecutado	% ejecutado
PARTIDA1 del CONTRATO = Actividad Administrativa. 8	72586.21	Prescripciones técnicas	1 10.0%	9.0%	0.5%	0.0%	0.5%
		Diseño de campañas, etc.	2 5.0%	3.0%	2.0%		
		Calidad de resultados	3 14.0%	3.2%	10.0%	0.7%	0.1%
		Discusión multidisc..	4 1.0%				1.0%
		Interpretación objetivos parciales	5 10.5%		2.5%	1.0%	7.0%
		Documentos de resultados	6 49.5%		40.0%	5.0%	4.5%
		Difusión resultados	7 10.0%		5.0%	2.0%	3.0%
	72586.21	Total		100%	15.2%	60.0%	8.7%

Cuadro 2.3.1: Desarrollo, por periodos temporales, de la ejecución de la Partidas 1 de este Contrato (Actividad Administrativa 8 del Convenio) y sus tareas en 2008, 2009, 2010 y 2011-2014.

2. 4.- INFORMES PARCIALES Y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 1

Entre **2008 y 2010** se llevaron a cabo **3 informes anuales** (de diciembre de 2008, diciembre de 2009 y diciembre de 2010, en los Documentos 111, 112 y 113 del Control Documental de la Fase I), conteniendo el desarrollo de cada una de las distintas tareas de este Actividad 1 del Contrato que afectaron fundamentalmente a los Trabajos 1D, 1E, 2B, 2D, 6A de la Fase I.

Estos informes anuales englobaron, o actualizaron, los documentos, realizados durante cada uno de dichos años, en los que se había participado desde esta Actividad Administrativa (Partida 1 del Contrato). En el **apartado 2.4.1** se presentan, por tareas de la Partida 1, los resultados principales de los mismos.

Entre **2011 y 2014**, se integraron estos apoyos en los Trabajos 1D, 1E, 2B, 2D, 5A y 6A. Los apoyos al Trabajo 1D formaron parte del informe final del mismo (Documento 161, de 2011, en el Anexo 5 de la Memoria Final). Los relacionados con la dirección y control de calidad del Trabajo 2D se incluyeron en sus informes finales (Documentos 179, 181 y 184, de 2012, en el Anexo 8 de la Memoria Final).

Además, en relación con la temática del Trabajo 2D, pero fuera de los trabajos diseñados para la Fase I, se apoyó a la realización del Informe “sobre actuaciones para disminuir el nivel de la lámina libre de agua hasta la cota de seguridad en la Balsa del Sapo”, de mayo de 2011, realizado a

solicitud de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta (Documento 148, en Anexo 13 de la Memoria Final).

Las tareas de esta Actividad 1 relacionadas con la dirección de los contenidos geofísicos de los trabajos 1E y 2B, realizados entre 2011 y 2013, se incorporaron a los Documentos 127, 191, 214 y 231 (todos ellos en el Anexo 6 de la Memoria Final).

Por otra parte, los resultados de la Actividad Administrativa 8 (Partida 1 del Contrato) en apoyo a la dirección de los Trabajos citados (1D, 1E, 2B, 2D y 6A) quedaron integrados en los 11 informes emitidos durante el desarrollo de la Fase I y sus prórrogas, entre 2009 y 2013, donde se fueron avanzando lo más destacable ya alcanzado de los objetivos principales de la Fase I (todos ellos recogidos en el Anexo 13 de la Memoria Final) tratándose de los Documentos: número 53 (de abril de 2009); 239 y 102 (de marzo y octubre de 2010, respectivamente); el 155 (de julio de 2011); los Documentos 176, 191, 199 y 203 (de febrero, marzo, julio y octubre de 2012); y los Documentos 224, 229 y 238, de abril, septiembre y noviembre de 2013.

Finalmente, las últimas interpretaciones de los citados Trabajos, cuyas tareas fueron apoyadas con la Partida 1 del Contrato, se incluyeron en la Memoria Final de la Fase I (Trabajo 5A): en el capítulo 6 para los Trabajos 1D, 1E y 2B; en el capítulo 7 para el Trabajo 2D y en el capítulo 8 en el caso del Trabajo 6A.

2.4.1.- Informes anuales sobre el desarrollo de las tareas de la Partida 1

Se presentan, ordenados por tareas de esta Partida 1, contenidos de los documentos aportados anualmente del avance de estos apoyos al equipo del IGME situado y muy especializado en la zona, en sus tareas como responsable de la dirección de todos los contenidos hidrogeológicos de la Fase I del Programa.

a) TAREA 1: APOYO A LA DEFINICIÓN Y REDACCIÓN DE PRESCRIPCIONES TÉCNICO-CIENTÍFICAS DE LOS DIFERENTES TRABAJOS HIDROGEOLÓGICOS A REALIZAR POR CADA UNA DE LAS PARTES, ATENDIENDO AL CONOCIMIENTO DE TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS, PRINCIPALMENTE EN RELACIÓN CON ASPECTOS HIDROQUÍMICOS Y GEOFÍSICOS.

Esta tarea se desarrolló en 2008, 2009 y 2011, según se expone a continuación.

a. 1) Año 2008 (del Documento 111):

Como quedó reflejado en el volumen 1 de los 6 correspondientes al Documento 111, (entregado a EGMASA – AAA en diciembre de 2008) durante dicho año el desarrollo de esta tarea se dedicó a la definición de prescripciones técnico – científicas relativas tanto a actividades geofísicas (descritas en el apartado a.1.1 siguiente) como a las de obtención en campo de datos hidroquímicos sobre los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías (en el apartado a.1.2).

Estos apoyos quedaron recogidos en los textos de los dos pliegos de prescripciones técnicas para la realización de actividades definidas en el Convenio de colaboración financiadas por ACUAMED correspondientes a las Actividades Administrativas 1 y 2 (ver **cuadro 1.2.1** del **documento 1**).

a.1.1) Sobre metodologías geofísicas a utilizar en esta Fase del Programa

Para este primer caso, los apoyos de expertos geofísicos han servido principalmente para la concreción final de las prescripciones técnicas relativas a la *Contratación de los servicios de ingeniería para realizar el apoyo geofísico a la interpretación de la evolución de la intrusión de agua de mar y otros procesos en los acuíferos afectados del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías. (Almería), AT-10- 08 de ACUAMED* (Documento 139-2, en Anexo 13 de la Memoria Final, correspondiente a la Actividad Administrativa 2 del Convenio).

Se incluyeron las características más importantes que habrían de observarse en la realización de cada tipo de registro geofísico que se considera de interés llevar a cabo, teniendo en cuenta los datos históricos preexistentes y los objetivos aplicados de estas investigaciones. Además, se consideró un nuevo tipo de registros a realizar: la obtención de datos de pH y Oxígeno Disuelto en profundidad de forma continua, simultánea con la medida de la salinidad y la temperatura del agua, como información de gran interés para la interpretación posterior de la presencia de ciertas sustancias en el agua subterránea.

También se completaron y mejoraron las prescripciones sobre el análisis necesario del comportamiento de las distintas herramientas a utilizar, y se definió la secuencia más idónea de realización de distintas actividades en un mismo pozo, “de manera que los datos que se obtengan sean lo más representativos posible de lo que está pasando en los acuíferos”, desde dos puntos de vista: con el análisis de los posibles flujos verticales existentes en las captaciones (muy frecuentes en las mismas), y teniendo en cuenta la necesidad de minimizar la modificación de la distribución del agua de dichas captaciones por la introducción de las herramientas de medida en las mismas.

Estos apoyos aportaron, así mismo, la información necesaria sobre los rangos de mediciones y precisión de las mismas para cada una de las variables a observar durante el desarrollo de cada campaña geofísica.

Respecto a la forma de entrega de los resultados de los trabajos geofísicos, se incluyeron los formatos de las medidas de mayor interés para el manejo de este tipo de informaciones, atendiendo a las bases de datos específicas existentes en el IGME y teniendo en cuenta las tareas de interpretación preliminar de registros que fueron introducidas como complementación al texto original de las prescripciones.

a.1.2) Sobre aspectos hidroquímicos de la investigación en los acuíferos

Los apoyos que se realizaron sobre esta temática sirvieron para mejorar el texto inicial de prescripciones técnicas relativas a la obtención de datos hidroquímicos sobre los acuíferos objeto

de estudio, cuyo documento final quedó recogido en el pliego de bases para la *Contratación de Consultoría y Asistencia para los trabajos de obtención de datos de campo sobre el funcionamiento hidrogeológico y el estado químico de los acuíferos del subsistema Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, AT-04-08 de ACUAMED* (Documento 139-1, recogido en el Anexo 13 de la Memoria Final, que correspondió a Actividad Administrativa 1 del Convenio).

Los apoyos estuvieron enfocados principalmente hacia la necesidad de conocer la representatividad de los puntos y sus medidas, al objeto de hacer comparables los nuevos datos con los preexistentes del registro histórico. También en la cuantificación de datos necesarios para este complejo estudio, y el control de calidad pertinente para llevarlo a cabo (calibraciones de los distintos aparatos, repeticiones de control del muestreo y su analítica, muestreos seriados en puntos de especial interés, etc.).

Por otra parte, se tuvieron en cuenta criterios adicionales para la selección de variables con las que resolver las mayores incógnitas existentes en los acuíferos (a observar tanto “in situ” como en laboratorio mediante su analítica posterior), dando un peso importante a la investigación del impacto de los flujos de las coberteras en los acuíferos inferiores.

a. 2) Año 2009 (del Documento 112):

Incluyó los apoyos relacionados con la definición de prescripciones técnico – científicas relativas tanto a especialidades de análisis hidrodinámico y modelación de acuíferos, como a las de obtención en campo de informaciones sobre las características hidroquímicas de los acuíferos principales, y para el apoyo a la consideración de la influencia de actividades antrópicas en la calidad del agua de dichos acuíferos.

Ambos tipos de apoyos se necesitaron en relación con la correcta realización de labores para la concreción de tareas, la dirección y el seguimiento de asistencias técnicas ligadas a actividades de la Fase I del Programa, quedando recogidos en el texto de un pliego de prescripciones técnicas (para la Actividad Administrativa 6 del Convenio: “Contrato Servicios de Ingeniería para realizar el análisis de datos (actuales e históricos) sobre presiones en los acuíferos de cobertera y sus impactos, para selección de zonas de interés de incremento del bombeo en el conjunto de acuíferos del Campo de Dalías (Almería). AT/05/09 de ACUAMED” (Documento 139-6 en Anexo 13 de la Memoria Final de la Fase I), y en el desarrollo de las tareas llevadas a cabo en la Actividad Administrativa 4 del Convenio durante 2009, relativas al Trabajo 1D de la Fase I del Programa: “Detección de principales focos de contaminación por su posible influencia en los acuíferos inferiores”.

a. 3) Año 2011:

Se llevaron a cabo apoyos en relación con prescripciones técnicas de detalle de los trabajos geofísicos que hubieron de realizarse en 2011/2012 para la actualización mínima de las observaciones geofísicas en puntos seleccionados de los acuíferos inferiores, destinadas a estudiar el avance de la salinización en profundidad en dichos acuíferos en este período posterior a las precipitaciones extraordinarias producidas en 2009/10.

b) TAREA 2: APOYO AL DISEÑO DE CAMPAÑAS DE ADQUISICIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN Y DE TOMA DE MEDIDAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS, Y AL DISEÑO DE DOCUMENTOS ESPECÍFICOS PARA LA EJECUCIÓN DE DISTINTOS TRABAJOS, SU SEGUIMIENTO Y CONTROL.

Esta tarea 2 de la Partida 1 del Contrato se desarrolló entre 2008 y 2009, quedando ya establecidos los diseños de documentos para las nuevas informaciones necesarias a obtener lo largo de la Fase I.

b.1) Año 2008 (del Documento 111)

Se iniciaron estos apoyos para el caso de las nuevas informaciones obtenidas en dicho año. Se centraron, principalmente, en las fases de diseño y seguimiento de las nuevas informaciones.

b.2) Año 2009 (del Documento 112)

Se llevaron a cabo diversas campañas de toma de nuevos datos en campo dentro de la Fase I del Programa, tanto para la actualización del conocimiento del estado de partida del funcionamiento del subsistema y de su infraestructura de uso (Objetivo 1), como para la selección de alternativas de bombeo de mayor interés (reducción en acuíferos inferiores y aumento en coberteras en zonas estratégicas preseleccionadas): el Objetivo 2 de dicha fase, una descripción exhaustiva de las mismas se refiere en distintos apartados se refirió en el informe 112.

Por ello se precisó el apoyo (en campo y gabinete) para la concreción de diversos diseños, teniendo en cuenta que se había proyectado y ejecutado la obtención de muestras de agua para la determinación de resultados de distintos tipos de variables en las muestras de agua (isótopos estables del agua, plaguicidas, metales y metaloides, temperatura del agua, etc.), cada una de ellas con problemática y objetivos particulares.

Destacó el apoyo al diseño de la obtención de nuevas informaciones, desde expertos geofísicos (en laboratorio, campo y gabinete) para la realización de las dos campañas de registros verticales en sondeos mecánicos y muestreos a profundidades específicas (registros cuya ejecución corrió a cargo de la Actividad Administrativa 2 asumida por ACUAMED), cuyas tareas se detallan en el Documento 112.

c) TAREA 3: APOYO AL CONTROL GENERAL DE CALIDAD DE LOS TRABAJOS HIDROGEOLÓGICOS A DESARROLLAR EN LA FASE I DEL PROGRAMA (TANTO DURANTE SU EJECUCIÓN, COMO EN FASE DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS PARCIALES Y FINALES).

El control general de calidad de los resultados de los Trabajos de la Fase I se llevó durante todo el período de ejecución de éstos; el apoyo al equipo del IGME experto en zona, objeto de esta tarea (de la Partida 1 del Contrato) se realizó desde 2008 a 2011, con el mayor peso en 2009, siendo ya muy discreto desde el inicio de 2010. Durante el período de Prórrogas de la Fase I, esta

tarea se llevó prácticamente a cargo del propio IGME (como contribución adicional a la asumida por este Organismo en el Convenio) en las labores de control de calidad de los Trabajos durante 2011 y 2012.

c.1) Año 2008 (del Documento 111)

Se desarrolló una estrategia de repetición de datos hidroquímicos y puntos de observación, basada en el análisis realizado del registro histórico de este tipo de información, para el seguimiento de la bondad de los resultados durante las campañas de obtención de datos de calidad del agua.

También se apoyó a la consideración del peso dado a las circunstancias hidrogeológicas del entorno muestreado en cada acuífero, al objeto de facilitar la interpretación de las nuevas mediciones, datos muy frecuentemente de difícil obtención.

c.2) Año 2009 (del Documento 112)

Además del diseño para la ejecución más adecuada de los registros de salinidad, temperatura, pH y gamma natural, comunes en las prácticas hidrogeológicas, se obtuvieron datos de la distribución vertical del oxígeno disuelto del agua en los puntos de observación, lo que requirió un seguimiento específico de la calidad de estos resultados, al objeto de poder valorarlos e incorporarlos a las investigaciones en marcha.

También se incluyeron en esta Partida otros apoyos al equipo IGME de la zona, para el control de calidad de diversos Trabajos en desarrollo en 2009, como las tareas de seguimiento de la programación y el estudio preliminar hidrodinámico de la Actividad Administrativa 6 del Convenio (asumida por Acuamed), con realización periódica de reuniones y documentos.

c.3) Año 2010 (del Documento 113)

De los apoyos al control general de calidad de los trabajos hidrogeológicos a desarrollar en la Fase I del Programa destacaron los referidos a las operaciones geofísicas efectuadas en la Fase I, tanto para la ejecución de las llevadas a cabo durante 2010, como para las diversas campañas y chequeos de todo el período hasta entonces abarcado de la Fase I (2008-2010).

Se expone, seguidamente, el control de calidad realizado para la campaña geofísica llevada a cabo en 2010 por la empresa INTERNATIONAL GEOPHYSICAL TECHNOLOGY, S.L. (IGT). La metodología seguida se siguió en todas las tareas de este tipo realizadas durante el desarrollo de la Fase I.

c.3.1) Control de calidad de operaciones geofísicas de registros verticales continuos y muestreos en profundidad: control de calibraciones, elaboraciones de datos de la campaña llevada a cabo en 2010.

1.- INTRODUCCIÓN

Las operaciones Geofísicas de registros verticales continuos y muestreos en profundidad fueron llevadas a cabo por IGT, de acuerdo con el Contrato suscrito con ACUAMED para los *“Servicios de Ingeniería para realizar el apoyo Geofísico a la interpretación de la evolución de la intrusión de agua de mar y otros procesos en lo acuíferos afectados del Sur de la Sierra de Gador-Campo de Dalías (Almería)”* (para la Actividad Administrativa 2 del Convenio).

Estos trabajos de 2010 consistieron principalmente en la obtención de datos continuos de campo sobre la distribución vertical de la salinidad y temperatura del agua en puntos (sondeos mecánicos) concretos de observación, así como la obtención de muestras de agua a profundidades específicas y seleccionadas en base a las informaciones anteriores, atendiendo al equipo especializado en zona (IGME).

Para la realización de las medidas en los sondeos, IGT ha utilizado un sistema de registros geofísicos en sondeos, modelo Micrologger II (SN 4082.2001) de la marca *Robertson Geologging*. El equipo dispone de las sondas necesarias para el registro de todos los parámetros requeridos en este Contrato de consultoría y asistencia técnica. Estas sondas son las que se relacionan a continuación, indicando el número de referencia del fabricante, para facilitar la consulta de sus especificaciones técnicas en su página web www.geologging.com.

- Sonda nº 1.- Conductividad + Temperatura del agua en el sondeo y Radiación Gamma Natural (SN 1497). Es la sonda utilizada en las campañas del IGME , anteriores a la Fase I, de 1994, 1995 y 1996.
- Sonda nº 2.- Sonda de calidad del agua, que incluye la medida de Presión, Temperatura, Conductividad (ya corregida a 25º), Oxígeno disuelto (en % de saturación de O₂ y en ppm) y pH (SN 5966).
- Sonda nº 3.- Medidor de flujo tipo micromolinetete (SN 1446).
- Sonda nº 4.- Resistividad normal con doble espaciado (16"-64"), Resistencia monoelectrónica, Autopotencial y Radiación Gamma Natural (SN 4244). El empleo de esta sonda ha sido marginal, limitado a algún sondeo desnudo.
- Sonda nº 5.- Tomamuestras de agua con un sistema de apertura y cierre hermético y motorizado, controlado a voluntad por el operador (SN 4236) y cuya capacidad es de un litro.
- Sonda nº 6.- Caliper de tres brazos, para la medida del diámetro de los sondeos (SN 3355).
- Sonda nº 7.- Radiación Gamma Natural + Resistividad por un sistema de inducción (SN 2052). Permite determinar los valores de esos parámetros, tanto en sondeos desnudos como entubados con PVC.

En lo que respecta al objetivo principal del estudio, que ha sido obtener información cuantitativa acerca de la salinidad del agua de los sondeos a partir de los registros geofísicos, es de

fundamental importancia la obtención de medidas precisas de conductividad y temperatura del agua. Las variaciones en la conductividad del agua están relacionadas con su contenido en sales disueltas y con su temperatura, sin que tal relación pueda expresarse mediante una ecuación universalmente aceptada, sino mediante gráficos o tablas obtenidos de forma empírica. Estos gráficos son específicos de cada sistema de medida y por ello la primera fase de cualquier estudio de este tipo debe consistir en su obtención mediante la calibración de las sondas, utilizando disoluciones patrón de concentración conocida.

Una vez obtenidos tales gráficos de calibración, puede calcularse fielmente la concentración en sales de la disolución a partir de sus valores de conductividad eléctrica del agua para una cierta temperatura. Cuando se trata de calcular la concentración para un número muy elevado de datos, la utilización manual de ábacos o tablas resulta inviable y por ello tales cálculos se realizan mediante programas específicos, aplicando expresiones matemáticas obtenidas de los datos experimentales.

Por otra parte es importante para los objetivos de este estudio poder analizar la evolución temporal de la salinidad de los acuíferos, lo que requiere la comparación de datos homogéneos de diferentes campañas. En consecuencia los cálculos de la concentración han de efectuarse para condiciones homogéneas, es decir para una temperatura constante para todos los sondeos y para todas las campañas. Se ha normalizado el valor de la conductividad a 25°C por ser ésta la temperatura utilizada en la normalización de los valores de la conductividad de todas las campañas previamente realizadas por el IGME en el Campo de Dalías en 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995 y 1996.

De acuerdo con las ideas anteriores, las etapas de la campaña de testificación geofísica de sondeos han sido las siguientes:

- Calibración de las sondas utilizadas para las medidas de conductividad y temperatura
- Realización de las medidas propiamente dichas en los sondeos
- Normalización de los registros de conductividad de todos los sondeos para una temperatura de 25°C
- Cálculo de los correspondientes valores de la concentración de sales disueltas, expresado en gramos de soluto por litro de disolvente, para soluciones equivalentes de ClNa, en base a los valores de conductividad normalizados a 25° C.

2.- CALIBRACIÓN Y CONTROL DE LAS SONDAS DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA

IGT ha utilizado dos sondas diferentes para las medidas de conductividad y temperatura en este estudio. Una de ellas, la Sonda nº 1 de la relación anterior, es la misma que se empleó en las campañas de los años 1994, 1995 y 1996 realizadas por IGT para el IGME en esta misma zona de trabajo. La segunda sonda empleada es la nº 2 (calidad) de la relación de sondas empleadas y fue adquirida por IGT para este Proyecto.

Primera calibración (Diciembre 2008-Febrero 2009)

Primeramente, antes del inicio de los trabajos de campo y como paso previo para la aceptación del equipo de medida por parte del IGME, se realizaron las calibraciones de estas dos sondas. Esta primera calibración tuvo lugar el 22 de diciembre del 2008 y se llevó a cabo en las instalaciones del IGME en Tres Cantos (Madrid); para ello se prepararon una serie de disoluciones patrón con las siguientes concentraciones de ClNa: 0.5, 0.8, 1, 2.5, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20 y 30 g/L, además se calcularon los valores teóricos de conductividad corregida a 25º C para estas disoluciones patrón a partir del gráfico LOG INTERPRETATION CHARTS de Schlumberger, donde se representan las variaciones de resistividad de disoluciones de ClNa en función de la concentración y de la temperatura (figura c.3.1).

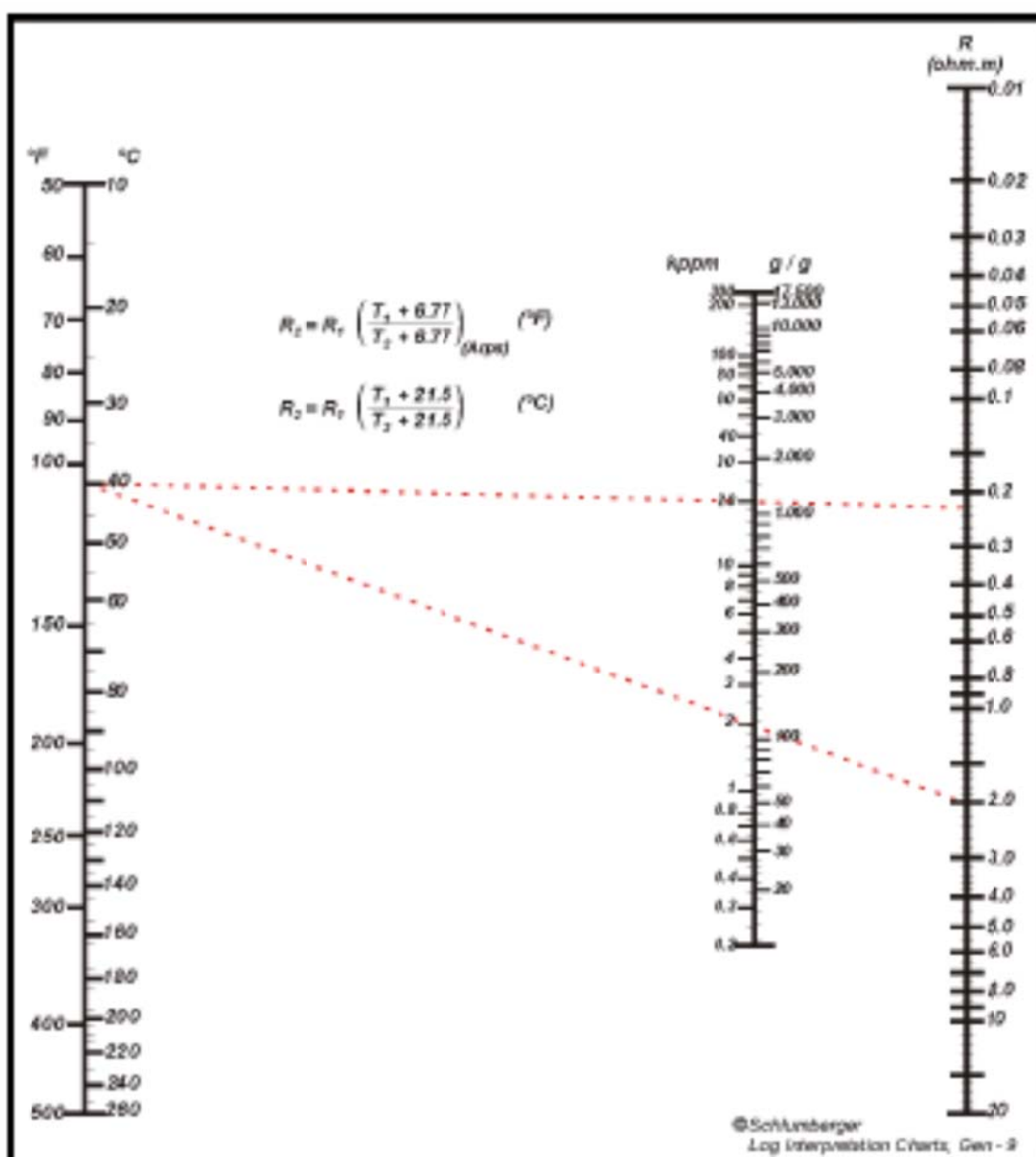


Figura c.3.1: Relación entre salinidad y resistividad para disoluciones de ClNa (Fundamentals of Log interpretation, charts, Schlumberger).

Los valores obtenidos para la Sonda nº 1 se pueden observar en el **cuadro c.3.1.** Como referencia se midieron también las disoluciones patrón con un oxímetro de la Unidad de Almería que mide conductividad (corregida a 25º C), temperatura, pH y valores de saturación de O₂. Sin embargo no fue posible calibrar la sonda nº 2 ya que el rango de las medidas de conductividad de la sonda era insuficiente para cubrir todas las disoluciones utilizadas, por lo que fue enviada al fabricante para su reajuste.

Una vez de vuelta la sonda, se repitió el proceso de calibración en la sede del IGME en Tres Cantos en febrero de 2009. Esta vez no se emplearon las disoluciones patrón de 0.8 y 17 g/l, y se prepararon patrones de pH para valores de 4, 7 y 9. También se utilizó un oxímetro de la Unidad de Almería como referencia. En el **cuadro c.3 2** se observan los valores de la calibración.

Sonda nº1 de IGT								
Conc. g/L	Cond.	Medida	Temp.	Medida	Cond.	Calculada	Cond.	Teórica
0,50	0,84		11,70		1,18		1,00	
0,80	1,15		11,46		1,62			
1,00	1,45		11,44		2,05		1,92	
2,50	3,58		11,50		5,04		4,54	
3,00	4,30		11,50		6,06		5,55	
4,00	5,70		11,63		8,00		7,25	
5,00	7,08		11,50		9,98		9,10	
7,00	9,83		11,55		13,83		12,50	
10,00	14,15		12,37		19,43		17,54	
12,00	17,09		12,73		23,22		20,83	
15,00	20,57		12,01		28,54		25,70	
17,00	23,00		11,86		32,06			
20,00	26,57		11,80		37,10		33,33	
30,00	37,77		11,79		52,76		47,61	
Oxímetro de Almería								
Conc. g/L	Cond.	Medida	Temp.	Medida	Cond.	Calculada	Cond.	Teórica
0,50	1,04		13,40		1,04		1,00	
0,80	1,62		12,50		1,62			
1,00	2,01		12,50		2,01		1,92	
2,50	4,82		12,60		4,82		4,54	
3,00	5,72		12,60		5,72		5,55	
4,00	7,50		12,70		7,50		7,25	
5,00	9,23		12,50		9,23		9,10	
7,00	12,67		12,50		12,67		12,50	
10,00	17,68		13,30		17,68		17,54	
12,00	20,79		13,50		20,79		20,83	
15,00	25,40		12,70		25,40		25,70	
17,00	28,60		12,60		28,60			
20,00	33,10		12,50		33,10		33,33	
30,00	47,80		12,70		47,80		47,61	
Sonda nº 2 de IGT								
Conc. g/L	Cond.	Medida	Temp.	Medida	Cond.	Calculada	Cond.	Teórica
0,50	1,06		11,20		1,06		1,00	
0,80	1,59		11,30		1,59			
1,00	1,97		11,40		1,97		1,92	
2,50	4,62		11,50		4,62		4,54	
3,00	5,41		11,56		5,41		5,55	
4,00	6,94		11,60		6,94		7,25	
5,00	8,35		11,40		8,35		9,10	

Cuadro c.3.1. - Valores obtenidos en la calibración de diciembre de 2008 en la sede del IGME en Tres Cantos (Madrid).

Normalización de los valores de conductividad y cálculo de la concentración.

Para el cálculo de los valores de conductividad a 25°C a partir de los valores medidos por la Sonda nº 1. La Sonda nº 2 (calidad) mide ya directamente los valores corregidos a esta temperatura, se ha aplicado la expresión:

$$C_{25}=C_t [46.5/(t+24.5)]$$

En la que C_t es la conductividad medida por la sonda a la temperatura t .

Sonda 2 IGT			Sonda Almería		
Concentración	Conductividad	Temp.	Conductividad teórica	Conductividad	Temp.
0,5	0,86	12,36	1	0,788	14,2
1	1,97	11,02	1,92	2,015	14
2,5	4,72	11,08	4,54	4,85	14,2
3	5,48	11,4	5,55	5,5	13,7
4	6,85	11,03	7,25	6,82	13,5
5	6,2	11,04	9,1	6,25	13,7
7	12,67	11,56	12,5	12,74	13,9
10	17,7	12,27	17,54	17,76	13,9
12	21,14	11,92	20,83	20,84	13,8
15	25,84	12,36	25,7	25,6	14
20	33,55	12,29	33,33	33,2	13,8
30	48,3	12,8	47,61	47,8	13,6
	pH	Temp.	pH Teórico	pH	Temp.
	4,06	16,8	4	4	17,5
	7,01	16,74	7	7,03	17
	9,02	17,3	9	9,06	17,3

Cuadro c.3.2: Valores obtenidos en la calibración de la Sonda 2 de IGT efectuada en la sede del IGME en Tres Cantos en febrero de 2009, los valores de conductividad son corregidos a 25º C. Concentración en g/l; conductividad en mS/cm y Temperatura en º C.

Esta fórmula es la transformada para operar en unidades de conductividad de la publicada en los FUNDAMENTOS DE LOG INTERPRETATION CHARTS DE Schlumberger. Mediante esta expresión se puede calcular la conductividad de una disolución de ClNa a 25º C a partir de la conductividad (C_t) y temperatura (t) conocidas.

El cálculo de la concentración en g/L de ClNa a partir de los valores de conductividad normalizados a 25ºC se ha efectuado de forma automática por aplicación de la expresión obtenida por ajuste numérico a los datos de la calibración de la Sonda.

En la **figura c.3.2** se muestra un ejemplo del ajuste numérico de los datos de conductividad-concentración para la calibración de la Sonda nº 1 en diciembre de 2008.

La expresión obtenida para las calibraciones de diciembre de 2008 (Sonda nº 1), y febrero de 2009 (Sonda nº 2) resultó ser la siguiente:

Sonda nº 1 Calibración de Diciembre 2008— $Y = 0'4370001 * X ^{1'091302}$

Sonda nº 2 Calibración de Febrero de 2009— $Y = 0'434642 * X ^{1'091050}$

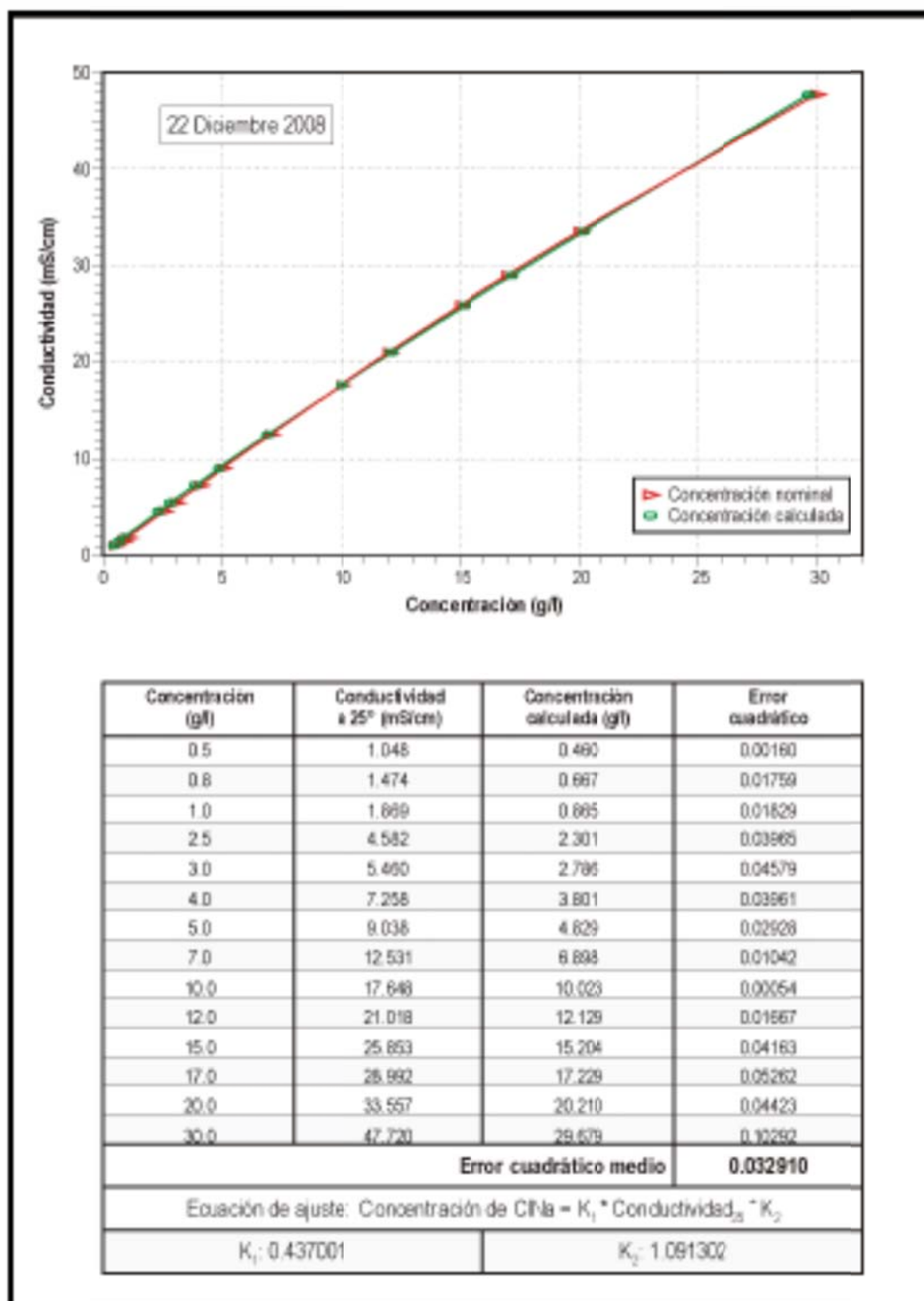


Figura c.3.2: Ajuste numérico para el cálculo de la concentración para la Sonda nº 1. Cálculo realizado a partir de la calibración de diciembre de 2008.

dónde:

Y es la Concentración de ClNa en g/l calculada a partir de la Conductividad a 25°C

X es la Conductividad en mS/cm normalizada a 25°C

^ indica “elevado a”

Calibraciones para cada campaña.

Como regla general se ha procedido a una calibración al comienzo de cada una de las tres campañas de campo realizadas:

Primera campaña: Entre Marzo y Abril de 2009

Segunda campaña: Entre Septiembre y Octubre de 2009

Tercera campaña: Entre Abril y Junio de 2010

Estas calibraciones se realizaron primero en la sede del IGME en Tres Cantos para comprobar el estado de las sondas (el 15 de septiembre de 2009 y 8 de abril de 2010 para la segunda y tercera campaña), y luego en Almería el primer día de campo, para asegurar que el viaje no las había afectado. Las calibraciones se llevaron a cabo, empleando las disoluciones patrón preparadas por el IGME y en presencia de sus técnicos. Las disoluciones patrón tenían las siguientes concentraciones de ClNa: 0'5, 1, 2'5, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 15, 20 y 30 g/L. En el Anexo 1 se adjuntan los valores de estas calibraciones. Es de resaltar que como resultado de los valores extraños obtenidos en el parámetro de Oxígeno Disuelto, la sonda nº 2 fue enviada al fabricante al final de la primera campaña, siendo devuelta a primeros de septiembre de 2009 antes del comienzo de la segunda campaña.

El análisis de las calibraciones ha dado como resultado que las sondas se han comportado de una manera estable, sirviendo como ejemplo las expresiones para el cálculo de la concentración calculadas para la sonda nº 1 en las tres campañas:

Calibración de Diciembre 2008— $Y = 0'4370001 * X ^{1'091302}$

Calibración de Agosto 2009— $Y = 0'4370002 * X ^{1'091301}$

Calibración de Abril 2010— $Y = 0'4370001 * X ^{1'091302}$

dónde:

Y es la Concentración de ClNa en g/L calculada a partir de la Conductividad a 25°C

X es la Conductividad en mS/cm normalizada a 25°C

^ indica “elevado a”

Por eso se decidió el uso de las expresiones obtenidas en la primera calibración para el cálculo de la concentración en las tres campañas para cada una de las sondas.

Control de las medidas de campo

Además de estas calibraciones realizadas al comienzo de cada una de las campañas (y como control de las medidas de campo) se han realizado diariamente medidas en disoluciones patrón de 0.5, 1 y 3 g/l, al comienzo de cada jornada de campo, para asegurar la estabilidad de la medida de la sonda.

Al mismo tiempo que se realizaban las campañas de campo se ha levantado un diario de trabajo para cada una de las tres campañas. Este diario fue escrito por miembros de la Unidad de Almería del IGME (María del Mar Sáez, en la primera y tercera campaña, y por Mario Iglesias y María del Mar Sáez en la segunda campaña). Estos diarios describen cada una de las operaciones ejecutadas en campo, así como las muestras tomadas y los análisis realizados. Estos diarios sirven de guía para el seguimiento y control de las campañas de campo. El correspondiente a 2010 queda integrado en el Documento 2 de este informe.

Calibración del parámetro Oxígeno disuelto.

Por ser una herramienta de nueva utilización, fue necesario prestar especial atención a los valores de oxígeno disuelto y establecer los criterios para su valoración e interpretación posterior. Las primeras medidas de comprobación del funcionamiento de esta sonda se hicieron en las instalaciones del IGME en Tres Cantos, en Marzo 2009, utilizando las disoluciones de la concentración de ClNa empleadas para la calibración de las medidas de conductividad y temperatura. Al mismo tiempo que con la Sonda nº 2 (calidad) se midió con cuatro oxímetros portátiles del IGME obteniendo los resultados que se observan en la **figura c.3.3**.

El conjunto de los valores obtenidos con los oxímetros del IGME se situó en el rango de 85-90% de oxígeno disuelto mientras que los valores medidos por la Sonda nº2 son del orden de 30%. Inicialmente se consideró que esta discrepancia pudiera ser debida a que las unidades de las medidas de la sonda no correspondieran a % sino a p.p.m. o a otras unidades sin determinar, descartándose esta posibilidad por el valor de los datos obtenidos, altos para ppm.

Puesto que los valores medidos por la sonda, expresados en porcentaje, no coincidían con los valores dados por los oxímetros, y ante la falta de respuestas satisfactorias por parte de Robertson Geologging, responsable técnico de la misma, se decidió enviar de nuevo la sonda para

su revisión y se planteó la conveniencia de corregir medidas aplicando un factor de escala o sumando una cantidad constante, dado el paralelismo existente entre ellas y las de los oxímetros portátiles del IGME.

La sonda fue devuelta a principios del mes de septiembre de 2009, antes del comienzo de la segunda campaña de registros de la Fase I. A su regreso, la sonda tenía implementada la medida directa de la salinidad y además la medida del contenido en oxígeno en ppm (anteriormente la única medida era en porcentaje). Además de la implementación de esos dos canales de medida se actualizó el software interno de la sonda para permitir calibrar el valor de oxígeno medido en base a una medida adicional realizada por otro instrumento, en este caso los oxímetros del IGME. Al calibrar la sonda se genera y se actualiza automáticamente un archivo de calibración interno (SWQS5966.txt) en el cual quedan registrados todos los coeficientes utilizados y su fecha de utilización.

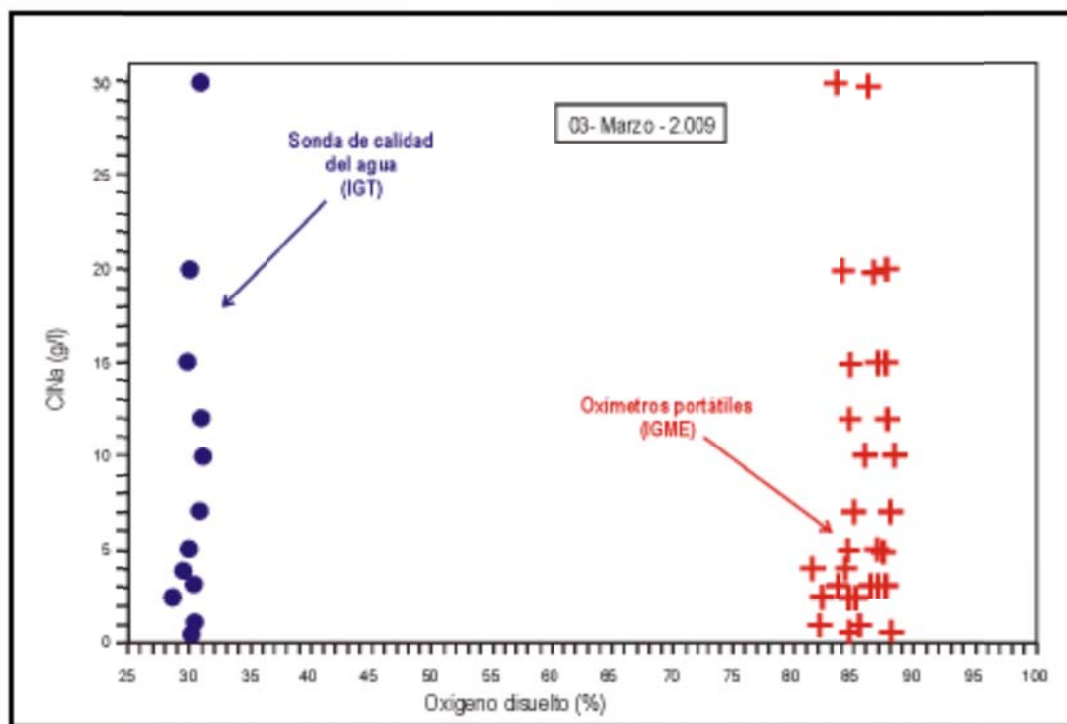


Figura c.3.3: Comparación de los valores obtenidos por la sonda nº 2 y los oxímetros portátiles del IGME.

También, y a partir de la segunda campaña, se estableció una rutina de operación de mantenimiento de la Sonda de nº 2 (calidad) para la medida del parámetro de saturación de Oxígeno. Teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante de la sonda, el mantenimiento debe ser continuo, verificando siempre los siguientes aspectos:

- Verificar siempre, al empezar las medida,s que los dos tapones de la sonda se mantengan llenos de líquido (líquido de referencia y agua destilada). En caso de pérdida es necesario rellenarlos.

- Revisar la membrana y el electrolito siempre antes de comenzar las medidas en un sondeo. Ambas piezas deben cambiarse por lo menos una vez al mes o cuando se encuentren secas. Si la sonda permanece mucho tiempo sin utilizarse, ambos elementos deben cambiarse, puesto que estarán secos.
- Comprobar siempre el nivel de gel en el sensor de referencia (comprobación visual) y añadir en caso de necesidad.

La revisión del buen estado del electrolito tiene una gran repercusión en los valores de los coeficientes de corrección, como pudo comprobarse durante el mes de abril de 2010. Los valores aumentaron de manera descontrolada durante todo el mes. Una vez cambiado el electrolito y realizadas las labores de mantenimiento pertinentes, los coeficientes de corrección recuperaron unos valores más similares a los de días anteriores. La misma situación ocurrió a finales del mes de mayo de 2010, por descuido por parte de los responsables de las medidas de campo de la empresa ejecutora.

El valor de los coeficientes de calibración no se mantiene constante en el tiempo. Los valores empleados para las medidas se definieron tomando un valor medio de los coeficientes del archivo de calibración de la sonda. Este proceso se siguió para los datos registrados durante la Segunda campaña de registros (septiembre - octubre 2009) y la primera parte de la Tercera campaña de registros (abril 2010); a partir del mes de mayo de 2010 los valores adoptados para la corrección se tomaron cada día del fichero de calibración interno de la sonda (SWQS5966.txt).

Para la Primera campaña de registros (marzo - abril 2009) los factores de corrección se establecieron mediante la comparación directa de las medidas entre los oxímetros del IGME y el sensor de la sonda.

Conociendo esos coeficientes y teniendo en cuenta los datos obtenidos durante la primera campaña de registros y durante las operaciones de calibración en el IGME en el mes de febrero de 2009, fue posible establecer la lista de coeficientes de corrección que serían aplicados después a las medidas de la sonda, y que se presentan en el cuadro 3.1.3. Estos coeficientes se han aplicado a los valores en ppm y en porcentaje. En el **cuadro c.3.3** solo aparecen los valores para aquellos días en los cuales se realizaron registros en sondeos con la Sonda nº 2 (Calidad), independientemente de que se hicieran las comprobaciones previas con la sonda y los oxímetros de IGME. Por este motivo no aparecen valores para los días 25 y 26 de mayo de 2010 (por ejemplo). En esas fechas sólo se realizaron medidas de comprobación y no se registró en ningún sondeo.

3.- CALIBRACIÓN Y CONTROL DEL RESTO DE SONDAS Y PARÁMETROS

Con respecto al resto de las sondas empleadas en la campaña, no se realizaron calibraciones adicionales a las de mantenimiento y control de la compañía propietaria de las mismas, ya que no eran objetivo principal de estos trabajos. Su empleo se llevó a cabo en pocos sondeos, bien porque la mayoría estaban entubados metálicamente (lo que condiciona la medición de las sondas eléctricas) bien porque los tramos previstos para su medida con estas sondas no se han podido alcanzar, o bien por el estado de los pozos que impedía su correcto funcionamiento.

	Fechas	Valor coeficiente de corrección
Primera campaña	03-03-2009 a 12-03-2009	3
	18-03-2009 a 04-04-2009	5
	14-04-2009 a 16-04-2009	11
Segunda campaña	Septiembre y octubre 2009	475
Tercera campaña	12-04-2010 a 30-04-2010	3'8
	10-05-2010	7'6
	11-05-2010	5'86
	12-05-2010	5'86
	14-05-2010	5'86
	19-05-2010	7'24
	20-05-2010	7'24
	21-05-2010	38'35

Cuadro c.3.3: Lista de coeficientes de corrección para el parámetro de saturación de Oxígeno de la sonda nº 2 para las diferentes campañas realizadas.

4.- ELABORACIÓN DE DATOS PARA LAS DIFERENTES CAMPAÑAS

Para la explotación de los registros obtenidos en las diferentes campañas, se han confeccionado gráficos representando las medidas efectuadas en cada uno de los sondeos. Estos gráficos se han incorporado en el informe final, incluido en la documentación de la Fase I.

Para la elaboración de estos gráficos se mantuvieron reuniones entre los Técnicos del IGME y la Empresa Consultora IG,T donde se decidieron qué datos representar en la cabecera de los mismos, y el diseño de representación de las medidas en los sondeos. En un principio estos gráficos se efectuaron con el programa COREL, que utiliza coordenadas de pantalla para la representación, confeccionándose una maqueta donde se distribuían los registros en forma de imágenes. De esta forma se obtiene un gráfico formado por un conjunto de imágenes distribuidas por la plantilla de representación. Esta manera de confeccionar los gráficos tiene el inconveniente de que cualquier modificación en una parte del mismo puede afectar el resto. A lo largo de las primeras revisiones se detectaron este tipo de errores, observándose desplazamientos en curvas (que anteriormente eran correctas) al corregir alguna incorrecta. Estos errores fueron advertidos en varios gráficos y en versiones sucesivas de los mismos, por lo que se decidió que la representación de los gráficos de la campaña se realizase mediante un programa que generase los gráficos a partir de los propios datos de campo, llevando a cabo las representaciones en gráficos profundidad-parámetro de manera que cualquier modificación en la representación de una curva no afecte al resto. El programa elegido ha sido GRAPHER de Golden Software. La maqueta de representación ha sido elaborada por el Técnico en Geofísica del IGME y entregada a IGT para la confección de todos los gráficos. En la **figura c.3.4** se muestra un gráfico de los representados con este programa.

Sondeo 66D (23/3/2010)

Fecha realización: 03-04/03/2009
Cota: 120.55 m
Profundidad del agua: 164.76/164.92 m

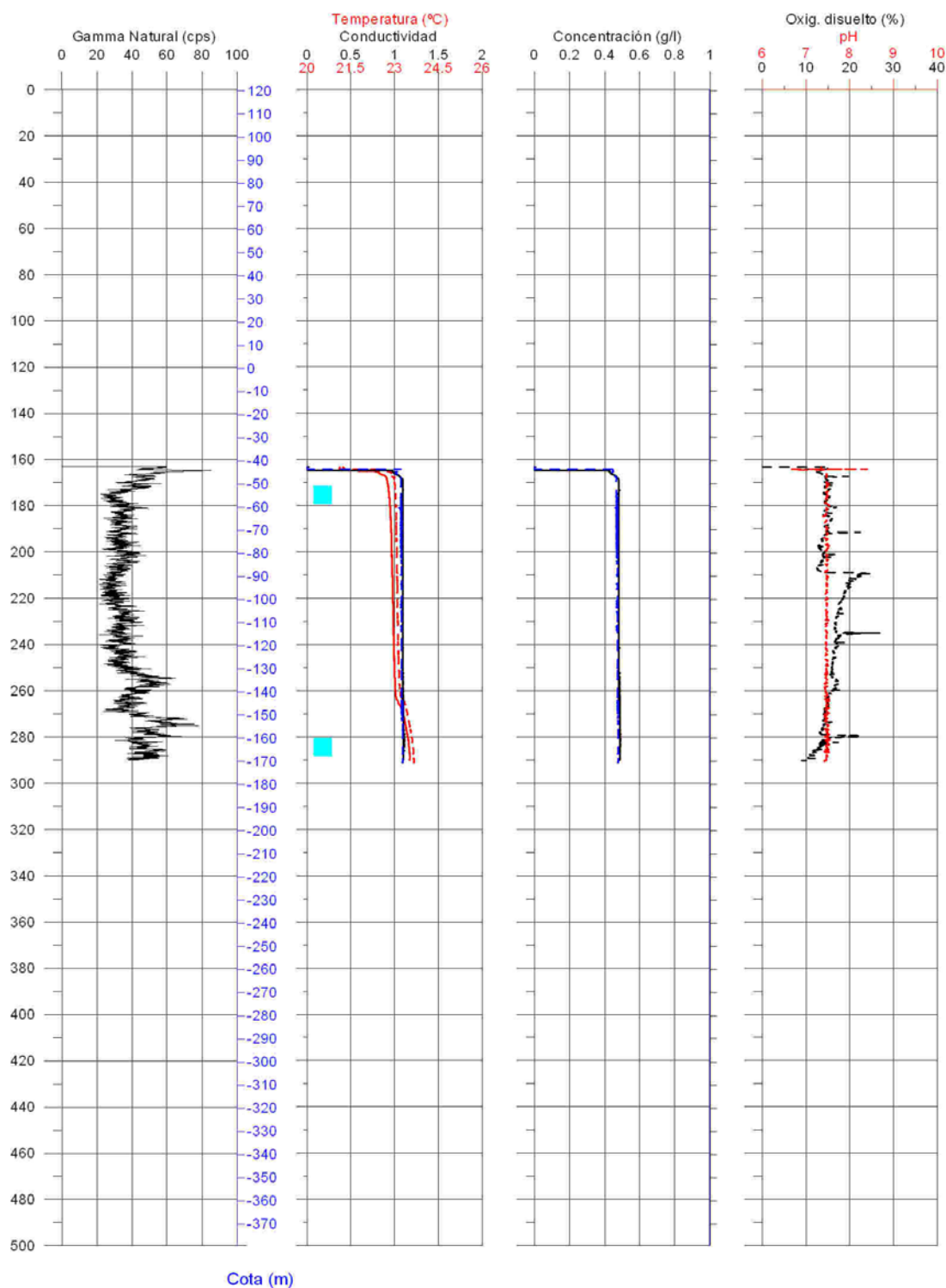


Figura c.3.4: Ejemplo de gráficos de sondeos generados con el programa Grapher

Al emplear este programa, para cada sondeo se entrega una carpeta que contiene el gráfico en formato grapher junto con los diferentes ficheros ASCII (formato LAS) que contienen los parámetros medidos en las campañas. De esta manera es posible en el futuro subsanar posibles errores no detectados, así como adecuar la representación de la curva en cada momento según el grado de detalle que interese para su interpretación.

5.- CALIBRACIONES COMPLETAS DE LAS SONDAS UTILIZADAS

Los cuadros, que se exponen seguidamente, resumen los valores obtenidos en las distintas calibraciones completas realizadas de las sondas de IGT utilizadas durante 2009 y 2010.

Calibración de la sonda nº2 (calidad) el 17 agosto de 2009 en Tres Cantos (Se detectó un error en la sonda de temperatura y se devolvió al fabricante para su calibración):

Con- centrac ión	Sonda nº 2 (Calidad)					Oxímetro HQ3					Oxímetro HQ4					Cond.T eórica µS/cm
	Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2 (ppm)	O2 (%)	Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2 (ppm)	O2 (%)	Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2 (ppm)	O2 (%)	
0,5	1000	31	7,2	2,1	32	952	27,4	5,9	7,3	100	937	27,6	5,9	7,08	96,4	1000
1	2087	31,8	6,7	2,24	30,8	1850	27,7	5,79	7,24	99,6	1804	27,6	4,75	7,02	96,6	1920
2,5	4430	31,8	6,56	2,29	32	4420	28	5,9	7,42	101,2	4720	27,7	4,33	6,94	95,9	4540
3	5270	31,9	6,48	2,19	30,4	5260	27,9	5,9	7,2	99,4	5160	27,6	5,84	6,91	95,8	5550
4	6920	31,9	6,35	2,15	30,2	6920	27,8	5,85	7,17	99,3	6810	28	5,87	6,92	96	7250
5	8540	31,9	6,22	2,19	30,75	8500	27,9	5,8	7,2	99,5	8350	28	5,91	6,93	96,2	9100
7	11690	32	6,11	2,16	30,8	11620	28	5,74	7,2	99,7	11410	28	5,86	6,93	90,2	12500
10	16260	31,9	6,09	2,13	30,87	16020	27,9	5,73	7,22	99,8	15820	27,4	5,8	6,95	96,3	17540
12	19230	32	6,04	2,1	30,8	19020	27,9	5,72	7,22	100,7	18720	27,9	5,83	7,01	97,2	20830
15	23650	32,1	5,93	2,07	30,8	23400	27,8	5,63	7,25	100,4	23000	27,9	5,77	6,96	96,7	25700
20	30630	32,2	5,86	1,94	29,7	30400	27,7	5,6	7,23	100,1	29900	28	5,72	6,9	96,6	33330
30	43970	32,4	5,86	2,37	38,25	44700	27,9	5,59	7,25	100,62	43600	28,1	5,7	6,97	97	47610

	pH	pH	pH	pH Patrón
Patron 1	4,22	4,06	4,3	4
Patron 2	7,07	7,15	7,3	7
Patron3	8,9	9,06	9,22	9

Calibración de la sonda de nº 2 (calidad) el 7 de Septiembre de 2010 en Tres Cantos (tras la calibración del fabricante de la temperatura)

Conce nt. g/l	Sonda nº 2 (calidad)						Oxímetro Almería 1					Oxímetro Almería 2					Cond. Teóric a µS/cm
	Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2(pp m)	O2 (%)		Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2(pp m)	O2 (%)	Cond. µS/cm	Tº C	pH	O2(pp m)	O2 (%)	
0,5	1003	27,3	5,41	3,12	39,5		972	27,7	5,81	5,23	71,5	977	27,3	5,76	5,07	69,5	1000
1	1972	27,3	6,15	4,21	53,57		1856	26,8	6,43	6,91	93,4	1828	26,6	6,25	6,79	91,7	1920
2,5	4740	27,3	5,96	4,14	53,1		4390	27,2	6,36	7,08	95,6	4320	27,1	6,32	7,13	95,8	4540
3	5630	27,4	6,1	4,17	53,82		5270	27,2	6,31	6,99	95,1	5210	27,2	6,45	6,98	95,2	5550
4	7398	27,5	6,2	4,1	53,3		6840	27,3	6,2	6,99	95,4	6770	27,3	6,36	6,95	95,1	7250
5	9185	27,1	6,08	4,21	54,68		8490	27,2	6,25	6,95	94,6	8420	27,2	6,39	6,92	94,3	9100
7	12576	27,3	6,1	4,04	53,27		11600	27,3	6,25	7,13	96,2	11480	26,9	6,39	7,09	95,7	12500
10	17522	27,2	5,99	4,03	54,01		15930	27,3	6,09	6,96	94,9	15970	27,2	6,32	6,96	95	17540
12	20795	27,2	5,9	4,03	54,65		19000	27,2	6,04	6,97	94,8	18890	27,3	6,23	7,05	95,2	20830
15	26629	27,1	5,89	4,03	55,45		23200	27,1	6,01	7,29	97,01	23000	26,9	6,14	7,23	96,6	25700
20	33018	27,16	5,66	3,79	53,82		30400	27,1	5,82	7,02	95,3	30100	27	5,99	6,99	95,1	33330
30	47700	27,07	5,54	3,53	52,97		44400	27	5,63	7,12	95,7	43500	26,8	5,8	7,08	95,2	47610

pH
Patrón

Patron 1	4,115	4
Patron 2	7,03	7
Patron3	8,954	9

Calibración en Almería el día 15 de septiembre de 2009 al comienzo de la segunda campaña:

		CONCENTRACIÓN (g/l)											
		0,5	1	2,5	3	4	5	7	10	12	15	20	30
Cond. Teórica (mS/cm)		1	1,92	4,54	5,55	7,25	9,1	12,5	17,54	20,83	25,7	33,33	47,61
Sonda nº 1	Cond 25º C	1,107	1,946		5,69			13,05			26,78		48,474
	T ºC	25,33	25,41		25,32			25,46			25,33		25,52
	pH												
	T ºC												
	OD (ppm)												
	OD (%)												
	T ºC												
Sonda nº 2 (Calidad)	Cond 25º C	1,099	1,962	4,75	5,64	7,376	9,11	12,537	17,466	20,776	25,396	32,98	47,59
	T ºC	25,76	26,21	25,63	25,62	25,7	26,09	25,99	26	25,56	25,77	26,12	25,88
	pH	5,53	5,7	5,76	5,8	5,92	5,8	5,965	5,78	5,68	5,7	5,5	5,43
	T ºC												
	OD (ppm)	2,33	2,74	2,94	2,82	3,43	3,37	2,8	2,72	2,72	2,66	2,52	2,39
	OD (%)	28,78	34,23	36,52	35,28	43,17	42,99	36,1	35,69	35,736	35,79	35,17	35,1
	T ºC												
OXIMETRO HQ1	Cond 25º C	1,092	1,978	4,7	5,58	7,34	9,05	12,4	17,1	20,28	25	32,6	47,9
	T ºC	25,5	25,1	25,4	25,5	25,6	25,9	25,8	25,8	25,6	25,6	26,1	25,9
	pH	2,77	5,88	5,87	5,96	6,02						5,52	5,35
	T ºC	25,6	26	25,5	25,4	25,5						25,9	25,8
	OD (ppm)	6,46	7,31	7,53								7,59	7,6
	OD (%)	80,1	91	92,8								94,2	94,3
	T ºC	26	26,2	25,6								26	26
OXIMETRO HQ2	Cond 25º C	1,145	2,063	4,83	5,73	7,26	9,3	12,65	17,52	20,73	25,5	33,3	48,5
	T ºC	25,6	25,2	25,4	25,6	25,7	25,7	25,9	25,9	25,5	25,7	26	25,9
	pH	5,73	5,66	5,71	5,76	5,83	5,8	5,85	5,74	5,65	5,64	5,5	5,38
	T ºC	25,5	26	25,5	25,4	25,6	25,3	25,8	25,8	25,5	25,6	26	25,8

		CONCENTRACIÓN (g/l)											
		0,5	1	2,5	3	4	5	7	10	12	15	20	30
Cond. Teórica (mS/cm)		1	1,92	4,54	5,55	7,25	9,1	12,5	17,54	20,83	25,7	33,33	47,61
	OD (ppm)	6,4	7,27	7,49	7,54	7,58	7,58	7,69	7,53	7,65	7,7	7,54	7,55
	OD (%)	79,1	90,2	92,2	92,6	93,2	93,1	94,9	93,2	94,1	94,9	93,6	93,4
	T °C	25,7	26	25,5	25,4	25,5	25,4	25,7	5,8	25,4	25,6	25,9	25,8
OXIMETRO HQ3	Cond 25° C	1,101	1,968	4,69	5,59	7,33	9,07	12,41	17,11	20,26	24,9	32,5	47,5
	T °C	25,2	26	25,8	25,7	25,6	26,1	25,9	25,9	25,5	25,7	25,9	25,9
	pH	5,45	5,67	5,65	5,71	5,8	5,7	5,87	5,69	5,6	5,61	5,45	5,31
	T °C	24,9	25,9	25,8	25,7	25,4	25,9	25,9	25,8	25,4	25,4	25,8	25,9
	OD (ppm)	6,13	7,3	7,43	7,45	7,65	7,52	7,62	7,51	7,62	7,69	7,54	7,51
	OD (%)	75,7	90,6	91,5	92,2	94,2	93,4	94,6	93,1	94	95	93,8	93,3
	T °C	25,6	25,9	25,4	25,8	25,5	25,9	25,9	25,9	25,5	25,6	26	25,9
OXIMETRO HQ4	Cond 25° C	1,101	1,933	4,58	5,47	7,17	8,889	12,18	16,87	19,99	24,5	31,9	46,4
	T °C	25,4	25,9	25,8	25,6	25,8	26,1	25,9	25,9	25,5	25,7	26	25,8
	pH	5,47	5,68	5,64	5,72	5,81	5,69	5,79	5,66	5,56	5,56	5,46	5,32
	T °C	25,4	26	25,8	25,8	25,9	26,2	26	26	25,7	25,8	26,1	25,9
	OD (ppm)	6,14	7,23	7,43	7,39	7,46	7,44	7,57	7,47	7,57	7,62	7,5	7,54
	OD (%)	76,1	90	91,7	92	92,8	92,9	94,2	93	93,9	94,5	93,6	93,6
	T °C	25,6	25,9	25,4	25,9	25,8	26	25,9	25,9	25,7	25,7	26	25,8

Calibración en Tres Cantos el día 8 de abril de 2010 antes de comenzar la tercera campaña:

Sonda 2 IGT							Oxímetro Almería						
Concent. (g/l)	Cond. (mS/cm)	T °C	Conc. (g/l)	pH	OD (%)	OD (ppm)	Cond. (mS/cm)	T °C	pH	OD (%)	OD (ppm)	T °C	Cond. Teórica (mS/cm)
0,5	0,97	19,369	0,47	7,1	93,5	15,4	0,998	20,6	3,93	93,4	20,3	18,8	1
1	1,92	20,46	0,98	6,3	90,9	14,75	1,977	18,6	5,53	92,7	7,77	19,7	1,92
2,5	4,75	19,6	2,54	5,9	101,8	16,65	4,28	19,7	5,52			19,4	4,54
3	5,72	18,9	3,095	5,95	96,52	15,93	5,55	17,8	5,82			18,8	5,55
4	7,5	18,88	4,13	5,83	91,5	15	7,39	16,7	5,77			17,1	7,25
5	9,21	18,05	5,14	5,8	93	15,46	8,97	17,5	5,68			17,3	9,1
7	12,59	18,36	7,2	5,83	92,06	15,07	12,41	17,8	5,69			18	12,5
10	17,4	19,64	10,23	5,86	93,7	14,59	16,95	18,9	5,7			18,7	17,54
12	20,82	18,45	12,42	5,69	92,13	14,51	20,14	17,9	5,66			17,9	20,83
15	25,27	18,75	15,35	5,79	94,3	14,51	24,8	18,3	5,64			18,2	25,7
20	32,84	18,87	20,45	5,72	107,56	16,01	32,3	18,9	5,61			18,8	33,33
30	47,71	17,78	30,87	5,73	90,9	13,01	46,6	17,8	5,59			17,6	47,61
	pH	T °C					pH	T °C					pH Teórico
	4,15	14,17					4,11	13,5					4
	7,07	13,85					7,12	13,7					7
	9,05	13,48					9,1	13,2					9

Calibración en Almería el día 12 de abril de 2010 al comienzo de la tercera campaña:

		CONCENTRACIÓN (g/l)											
		0,5	1	2,5	3	4	5	7	10	12	15	20	30
Cond. Teórica (mS/cm)		1	1,92	4,54	5,55	7,25	9,1	12,5	17,54	20,83	25,7	33,33	47,61
Sonda nº 1	Cond 25º C	1,29	2,03	4,78	5,75	7,55	9,42	12,98	18,27	21,88	27,01	35,46	51,55
	T ºC	21,66	21,06	21	20,94	20,56	20,57	20,65	20,36	20,45	20,86	20,37	20,6
	pH												
	T ºC												
	OD (ppm)												
	OD (%)												
	T ºC												
Sonda nº 2 (Calidad)	Cond 25º C	1,06	1,94	4,75	5,68	7,45	9,15	12,55	17,49	20,72	25,48	33,01	47,67
	Conc. (g/l)	0,52	0,99	2,51	3,07	4,09	5,11	7,17	10,26	12,35	15,5	20,62	30,89
	T ºC	18,95	18,35	18,64	18,44	17,95	18,39	18,53	18,17	18,38	19,1	18,64	19,02
	pH	6,96	6,33	6,06	6,32	6,13	6,08	5,88	5,85	5,8	5,86	5,82	5,82
	T ºC												
	OD (ppm)	18,54	19,88	20,04	19,01	18,46	17,43	17,36	16,33	16,01	15,15	14,91	13,41
	OD (%)	110,5	117,54	120,43	114,21	110,4	105,96	106,82	102	101,69	99,02	99,73	96,04
	T ºC												
OXIMETRO HQ1	Cond 25º C	1,04	1,898	4,52	5,42	7,08	87,5	12,02	15,56	19,58	24,2	31,3	46,3
	T ºC	20	19,4	20,5	20,5	20,1	20,3	20,5	20,2	20,4	20,9	20,5	20,7
	pH	5,9	5,96	5,83	6,08	5,95	5,89	5,74	5,75	5,66	5,69	5,66	5,62
	T ºC	19,6	19,3	20,4	20,4	19,9	20,1	20,5	20,1	20,3	20,9	20,4	20,6
	OD (ppm)												
	OD (%)												
	T ºC												
OXIMETRO HQ2	Cond 25º C	1,128	2,026	4,77	5,72	7,47	9,2	12,6	17,31	20,55	25,3	32,8	78,3
	T ºC	20,3	19,4	20,3	20,3	19,9	19,9	20,4	20,31	20,3	21	20,4	20,6
	pH	6,08	6,1	5,83	6,07	5,97	5,97	5,88	5,79	5,77	5,81	5,76	5,72

		CONCENTRACIÓN (g/l)											
		0,5	1	2,5	3	4	5	7	10	12	15	20	30
Cond. Teórica (mS/cm)		1	1,92	4,54	5,55	7,25	9,1	12,5	17,54	20,83	25,7	33,33	47,61
	T °C	19,7	19,1	19,8	20,2	19,7	19,8	20,1	19,9	19,9	20,8	20,2	20,4
	OD (ppm)	7,58	8,38	8,5	8,75	8,79	8,86	8,9	8,8	8,81	8,99	8,8	8,83
	OD (%)	84,2	91,7	95,7	97,7	98,1	98,1	99	98	98	101,2	98,9	99,1
	T °C	19,8	19,1	20,5	20,1	20,1	19,7	19,9	19,9	19,9	20,5	20,4	20,3
OXIMETRO HQ3	Cond 25° C	1,109	1,963	4,71	5,64	7,35	9,005	12,41	17,05	20,15	24,9	32,1	47,3
	T °C	20,6	20,1	20,5	20,5	20	20,2	20,4	20,2	20,5	20,9	20,5	20,7
	pH	5,89	5,75	5,85	6,12	5,93	5,85	5,79	5,74	5,67	5,73	5,6	5,55
	T °C	20,3	19,6	20,2	20,4	19,9	20,1	20,2	20,2	20,3	20,8	20,4	20,7
	OD (ppm)	8,18	8,52	8,86	9,12	9,18	9,15	9,24	9,17	9,12	9,3	9,12	9,14
	OD (%)	91,9	96,2	100,2	102,5	102,8	102,6	103,5	102,7	102,7	105,3	102,9	103,4
	T °C	20,3	20,6	20,7	20,4	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,5	20,7	20,6
OXIMETRO HQ4	Cond 25° C	1,087	1,979	4,699	5,62	7,35	9,08	12,45	17,13	20,31	25	32,3	47,3
	T °C	20,3	19,5	20,4	20,2	20,1	19,8	20,2	20	20	20,7	20,4	20,4
	pH	7	7,08	6,82	6,99	6,89	6,92	6,87	6,76	6,77	6,76	6,7	6,65
	T °C	19,8	19,05	20,1	20,2	19,7	19,8	20	20	20,1	20,9	20,3	20,5
	OD (ppm)	7,84	8,61	8,94	8,99	9,23	9,16	9,18	9,08	9,14	9,26	9,12	9,13
	OD (%)	88,2	95,5	99,9	101,4	102,7	102	102,9	101,8	102,5	105	102,6	103,2
	T °C	20,3	19,5	19,9	20,4	19,6	19,7	20,1	20	20	20,6	20,2	20,4

c.4) Año 2011

Durante dicho año se llevaron a cabo tareas de control de calidad de las operaciones realizadas en una nueva campaña “.. diagnóstico de utilidad de captaciones para la red de Observación de la Salinidad de los acuíferos del Campo de Dalías”, ejecutada entre el fin de 2010 y enero de 2011, llevada a cabo por la empresa CAYPE.

Como en labores de este tipo anteriores, se controlaron las calibraciones de las sondas al principio y al final de la campaña. A partir de éstas se calcularon los parámetros de transformación por corrección del valor de conductividad eléctrica a 25º C, y para el cálculo de la salinidad.

Al final de la campaña se revisó y supervisó el informe emitido, así como los datos digitales entregados por la empresa tanto en su formato como en su contenido.

d) TAREA 4: APOYO A LA DISCUSIÓN MULTIDISCIPLINAR, POR LOS ESPECIALISTAS MÁS EXPERIMENTADOS, SOBRE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS FINALES.

Por sus características, estas tareas se llevaron a cabo en la última etapa de la Fase I, coincidente con la obtención de los resultados de los objetivos principales de la misma, que quedaron incluidos en la Memoria Final. Destacó, en 2012, en relación con el Objetivo 2, el apoyo a la discusión interdisciplinar de los especialistas en modelación (cuyas labores estuvieron asociadas básicamente a los Trabajos 2D y 2F), corroborando cómo sus experiencias, obtenidas del desarrollo de sus tareas, resultaban coincidentes con el modelo conceptual de funcionamiento del conjunto de estos acuíferos.

No hubo discrepancias sobre el modelo conceptual del IGME de este sistema de acuíferos, por parte de los especialistas que, durante toda la Fase I, participaron en los distintos Trabajos de la misma. Esta oportunidad de contraste aportó la misma confirmación de la validez de este modelo de geometría y funcionamiento hidrogeológico, que demostraron varios especialistas de prestigio, los cuales, después de estudiar y analizar los distintos modelos usados en otras investigaciones de este Campo, utilizaron el del IGME para sus trabajos relacionados con estos acuíferos destinados al Plan Hidrológico de la Cuenca Sur (véase el capítulo 3, apartado 3.3 de la Memoria Final).

e) TAREA 5: INTERVENCIÓN EN LA DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE DISTINTOS TRABAJOS SOBRE OBJETIVOS PARCIALES, Y EN LA TOMA DE DECISIONES EN LA INTERPRETACIÓN GENERAL DE LOS MISMOS.

Estos apoyos se prestaron entre 2009 y 2012, en relación con objetivos parciales, con el mayor peso en 2011- 2012. De ellos se presenta, seguidamente, un resumen por períodos.

e. 1) Año 2009 (del Documento 112)

Correspondieron a esta Partida del Contrato las tareas –en desarrollo en 2009, y finalizadas en 2010- del encargo de la Comisión de seguimiento del Convenio (en su reunión de mayo de 2009) al equipo de la Fase I, para la definición de los objetivos y las características hidrogeológicas necesarias para la realización de una nueva red de dispositivos de observación de la salinidad en profundidad en los acuíferos inferiores (red ROPSAI), cuyo esquema de localizaciones más prioritarias ha sido definido también desde la Fase I.

Para ello se llevó a cabo una discusión conjunta sobre estas localizaciones, entre las indicadas en las notas técnicas elaboradas, de los 10 emplazamientos posibles considerados inicialmente de ejecución más interesante, cada uno de ellos con las informaciones e interpretaciones más actualizadas. El adelanto de estas tareas respecto a su previsión de inicio (en la Fase II del Programa) resultó de las implicaciones de las incertidumbres sobre el estado de dichos procesos en la selección de las zonas de los acuíferos inferiores más adecuadas para la reducción de sus extracciones.

e.2) Año 2010 (del Documento 113)

Se refirió a los resultados hidroquímicos fundamentalmente, destacando los obtenidos en profundidad en sondeos mecánicos. Como ejemplo, se incorpora a este informe el documento acerca de la discusión de la utilidad de las observaciones generadas sobre concentración de Oxígeno Disuelto para apoyar al análisis de la representatividad de las medidas de las captaciones, entre otros aspectos de esta investigación.

e.2.1) Discusión sobre la interpretación de los valores de Oxígeno Disuelto del agua de los acuíferos principales (proceso detallado acerca del uso y la problemática que conllevó la utilización de la sonda de calidad).

1.- ESTUDIO DE LA SONDA DE CALIDAD DEL AGUA

Dentro de la campaña de apoyo geofísico a la interpretación de la evolución de la intrusión de agua de mar y otros procesos en los acuíferos afectados del sur de Sierra de Gádor-Campo de Dalías (Almería), se están realizando registros con la denominada sonda de calidad del agua. Esta sonda mide los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Conductividad del fluido del sondeo corregida a 25°C
- pH
- Concentración de Oxígeno en el agua (o saturación de Oxígeno en %).

Se define como Porcentaje de Saturación de Oxígeno a la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua comparada con la cantidad máxima que podría estar disuelta en esa muestra a la misma temperatura. Así pues el agua está saturada en un 100% si contiene la cantidad máxima de

oxígeno a esa temperatura mientras que una muestra de agua que está saturada en un 50% solamente tiene la mitad de la cantidad de oxígeno que potencialmente podría tener a esa temperatura. El Porcentaje de Saturación del Oxígeno disuelto depende de la temperatura del agua y de la elevación del sitio donde se toma la muestra de agua. Los valores del Porcentaje de Saturación del Oxígeno disuelto 80-120% se consideran excelentes y los valores menores del 60% o superiores a 125% se consideran malos. Es posible transformar el contenido de oxígeno disuelto expresado en mg/l a % de saturación de oxígeno en función de la temperatura mediante el ábaco de la **figura e.2.1**. Para su empleo ha de aplicarse un factor de corrección en función de la altitud, factor que se detalla en la Tabla que acompaña a la citada figura (*Ref.: Stevens Institute of Technology. Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE)*).

Antes de comenzar la campaña se realizó un test en las instalaciones del IGME en Tres Cantos para comprobar el estado de la sonda y llevar a cabo la calibración de los valores de conductividad. El test se llevó a cabo mediante la medición en diversas muestras de agua (con diferentes concentraciones de sal, cubriendo un rango entre 0,5 a 30 g/l de ClNa). Las medidas en estas disoluciones se realizaron también con un oxímetro calibrado perteneciente a la oficina del IGME en Almería. Posteriormente ya en campo, se realizó una nueva comprobación con las mismas soluciones, comparando los resultados obtenidos con la sonda de calidad con los obtenidos con cuatro oxímetros portátiles de la oficina del IGME en Almería.

El resultado de la comprobación para el oxígeno disuelto indicó un desfase en los valores leídos por la sonda de calidad y los oxímetros portátiles. La primera da valores del orden del 30 % de saturación de O₂, mientras que los segundos dan valores en torno al 85-88 % de promedio, bastante homogéneos los cuatro. Un aspecto que se observa es que aunque cuantitativamente los valores no coinciden, cualitativamente todas las sondas tienen un comportamiento similar, con aumentos y disminuciones de saturación de Oxígeno en el mismo sentido y lugar.

Además, durante la campaña se impuso la rutina de que, diariamente, se realizaran chequeos de las sondas, empleando las soluciones patrón de salinidad de 0.5, 1 y 3 g/l, y utilizando como comprobación dos de los oxímetros portátiles de la oficina de Almería.

En el **cuadro e.2.1** se muestran las relaciones existentes entre los valores de la sonda de calidad y los valores de los oxímetros portátiles en las calibraciones diarias de la primera campaña.

En las **figuras e.2.2 a e.2.4** se observa de una manera gráfica la evolución de las medidas realizadas durante la primera campaña con la sonda de calidad y los oxímetros portátiles para cada una de las soluciones patrón tomadas como referencia. En ellas se manifiesta un comportamiento más irregular para la solución de 0,5 g/l disminuyendo la concentración de O₂ con el tiempo en todas las sondas, aunque de manera más acusada para las portátiles.

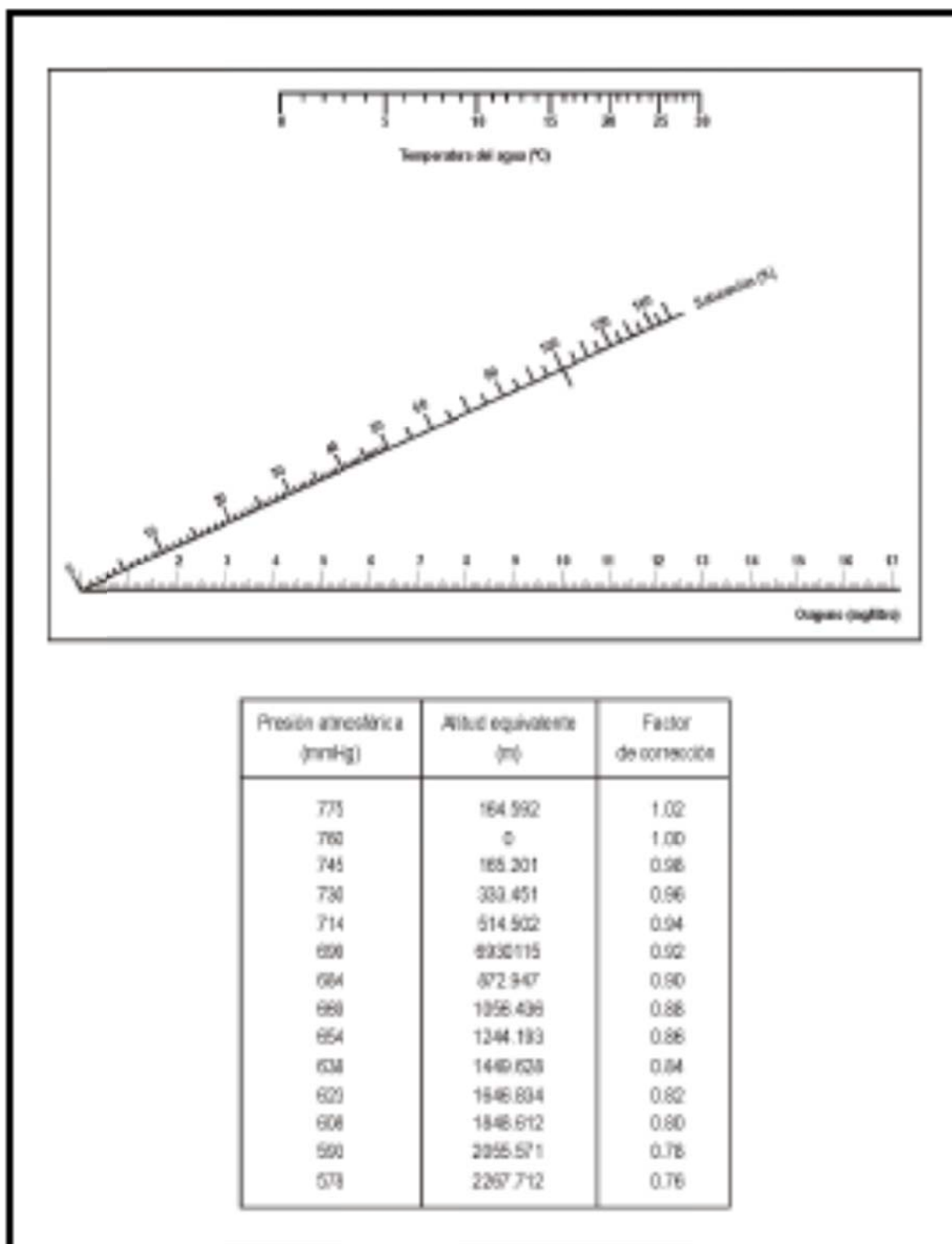


Figura e.2.1: Determinación del Porcentaje de Saturación de Oxígeno (Stevens Institute of Technology Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE). 2005).

Dia	0,5 g/L			1 g/L			3 g/L			0,5 g/L		1 g/L		3 g/L	
	Hq2	Hq3	Calidad	Hq2	Hq3	Calidad	Hq2	Hq3	Calidad	Hq2/ calidad	Hq3/ calidad	Hq2/ calidad	Hq3/ calidad	Hq2/ calidad	Hq3/ calidad
06-mar	79	78	24,3	93,6	93,3	27,6	93,6	93,2	28,5	3,25	3,21	3,39	3,38	3,28	3,27
09-mar	50,1	49,8	16	93,2	93,4	29,7	97,2	96,9	31	3,13	3,11	3,14	3,14	3,14	3,13
10-mar	100,8	100	32,5	88,4	88	29,5	97,8	97,4	31,4	3,10	3,08	3,00	2,98	3,11	3,10
11-mar	94,9	93,3	33	97	95,4	35,6	99,6	98,7	36	2,88	2,83	2,72	2,68	2,77	2,74
12-mar	89,8	89,2	41,1	97,3	96,7	44,1	98,3	97,9	44,8	2,18	2,17	2,21	2,19	2,19	2,19
18-mar	51,9	51,5	14	86,4	88,1	17,8	93,4	93,7	21,4	3,71	3,68	4,85	4,95	4,36	4,38
19-mar	27,8	30,8		81,37	84,1		99,3	101,5							
24-mar	51,9	50,6		88,2	86,8		92,8	92							
25-mar	45,3	43,2		86,7	87,9		90,6	91,2							
26-mar	25,1	23,2	5,6	98,8	98,8	19,3	95,8	95,8	20,2	4,48	4,14	5,12	5,12	4,74	4,74
27-mar		18,2	7,1	85,8	86,9	16,6	92,1	92,1	18		2,56	5,17	5,23	5,12	5,12
01-abr		13,3			82,1			93,3							
02-abr	29	30,7	9,5	91,9	91,1	19,9	95,4	91,4	19,9	3,05	3,23	4,62	4,58	4,79	4,59
03-abr	8,4	10	4,5	66,9	65,7	12,6	84,4	84,3	15,9	1,87	2,22	5,31	5,21	5,31	5,30
04-abr	22,4	18,7	14,1	85	83,8	21,5	87,1	86,8	21	1,59	1,33	3,95	3,90	4,15	4,13
14-abr		52,2	6,1		86,8	7,4		95,7	7,8	*	8,56		11,73		12,27
16-abr	59,4	59	6,9	88,8	86,9	7,89	99,6	97	8,76	8,61	8,55	11,25	11,01	11,37	11,07

Cuadro e.2.1:- Valores de saturación de oxígeno en % obtenidos con la sonda de calidad y los oxímetros del IGME durante las calibraciones diarias de la primera campaña. Las últimas columnas muestran las relaciones entre los valores obtenidos con la sonda de calidad y los distintos oxímetros del IGME para las diferentes soluciones patrón de referencia.

Para las otras concentraciones el comportamiento de las sondas de Almería es más regular con lecturas muy similares, desviadas de las obtenidas con la sonda de calidad. En todo caso, en la última semana la desviación entre las sondas de Almería y la de Calidad aumentó, debido a una disminución de las medidas de la sonda de calidad. Esta variación cuantitativa se muestra en el **cuadro e.2.1** y en la **figura e.2.5**, donde se indican de manera numérica y gráfica las relaciones entre los valores de las sondas de Almería y la de calidad para cada una de las concentraciones, volviéndose a resaltar las desviaciones de la concentración de 0,5 g/l y en los valores de la última semana

No obstante se observa un buen comportamiento cualitativo de la sonda de calidad con respecto a los oxímetros portátiles, reflejándose las variaciones de oxígeno en todas las sondas en el mismo sentido.

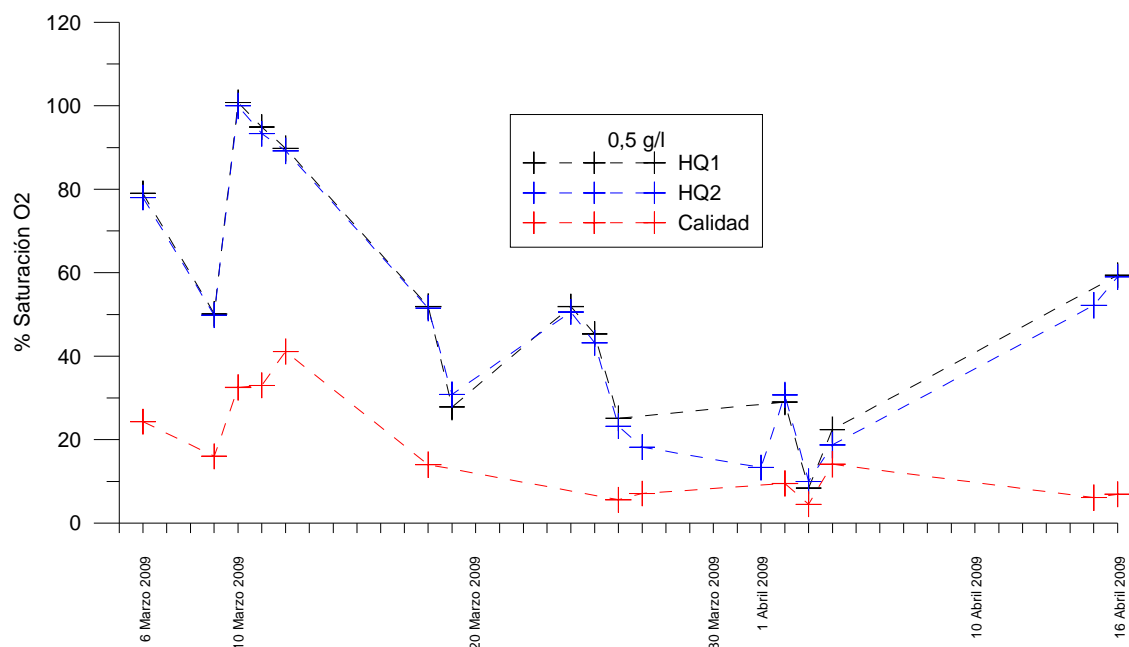


Figura e.2.2: Comprobaciones diarias durante la primera campaña para la solución de concentración 0,5 g/L.

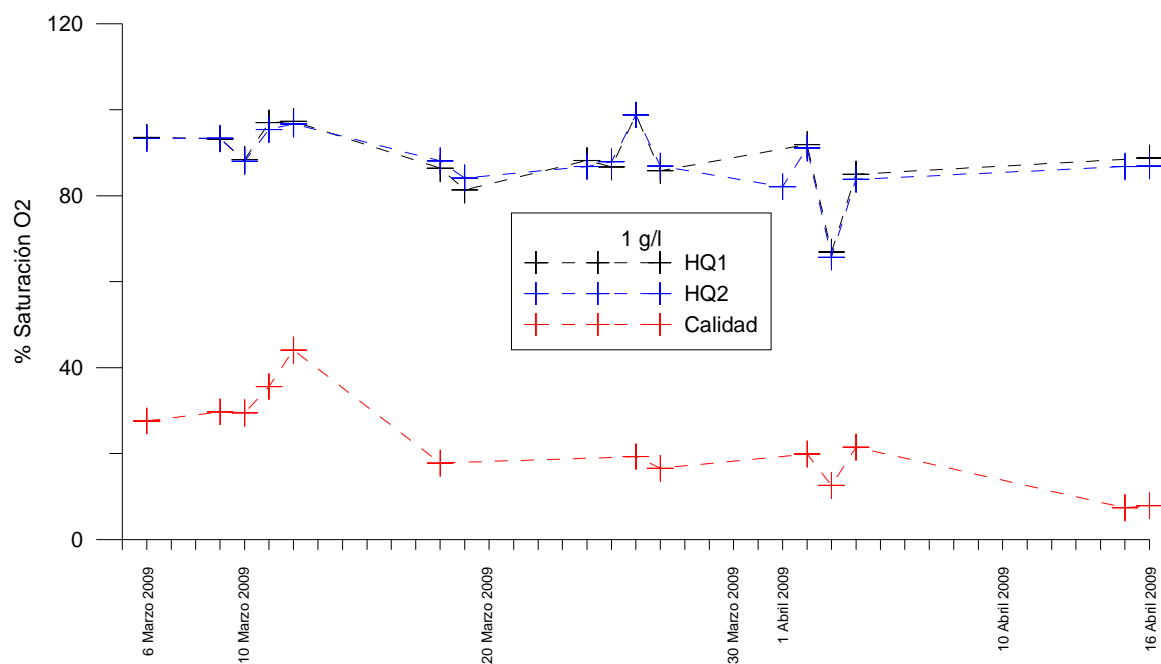


Figura e.2.3: Comprobaciones diarias durante la primera campaña para la solución patrón de concentración 1 g/L.

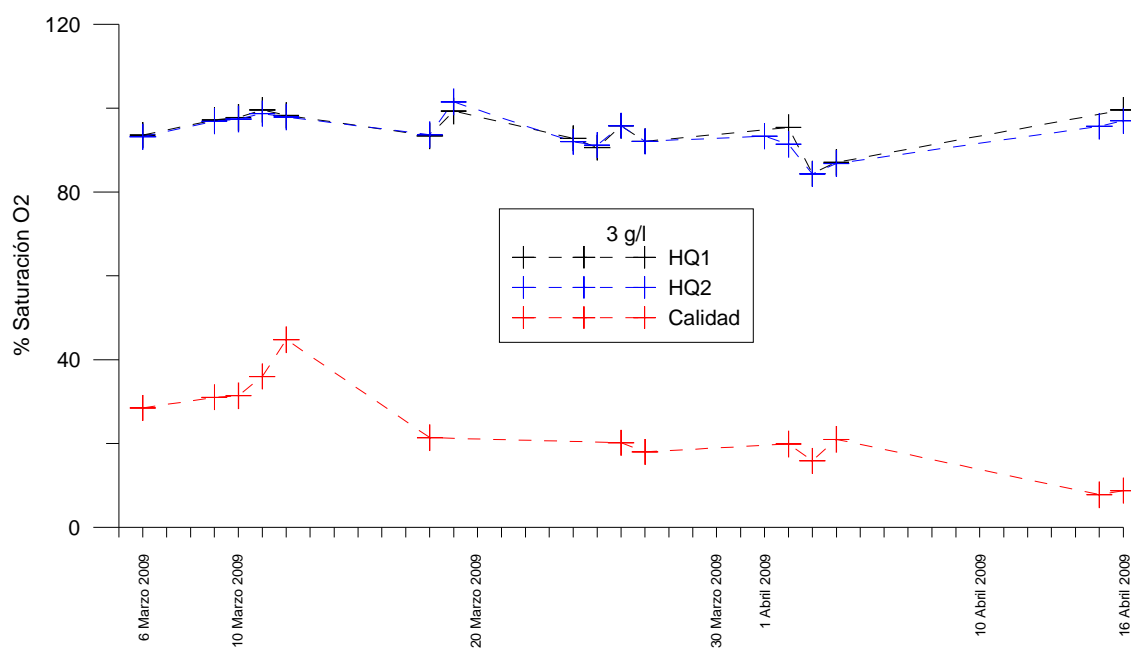


Figura e.2.4: Comprobaciones diarias durante la primera campaña para la solución patrón de concentración 3 g/L.

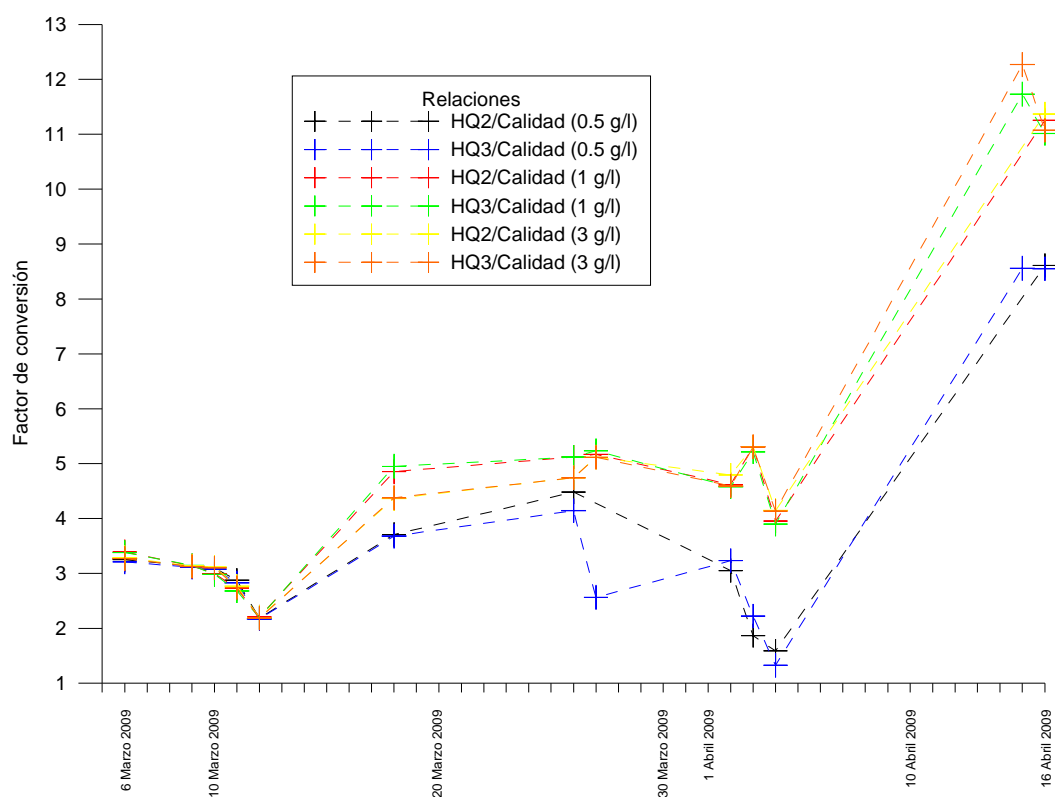


Figura e.2.5: Relaciones entre los valores obtenidos con la sonda de calidad y los distintos oxímetros del IGME para las diferentes soluciones de referencia.

Debido a este resultado se consultó con el fabricante de la sonda de calidad, Robertson Geologging, para ver si podía explicar su comportamiento y poder disponer de un valor cuantitativo fiable de este parámetro en profundidad. Tras ser enviada a la fábrica, volvió en agosto de 2009 y se realizó una comprobación de su estado en la sede del IGME en Tres Cantos, empleando como patrón un nuevo juego de soluciones con las mismas concentraciones que en marzo de 2009. Su resultado se puede observar en el **cuadro e.2.2** donde, aunque se muestra un comportamiento de la sonda más regular, se mantienen las diferencias entre las medidas de la sonda de Calidad y las de los Oxímetros de la oficina de Almería, apareciendo además un comportamiento anómalo de la temperatura con valor más elevado para la sonda de calidad. Por ello se volvió a enviar la sonda a la fábrica, donde fue chequeada, reparada y calibrada.

Como ya se dijo, la sonda fue devuelta a principios del mes de septiembre de 2009, antes del comienzo de la segunda campaña de registros. A su regreso, la sonda tenía implementada la medida directa de la salinidad y, además, la medida del contenido en oxígeno en ppm (anteriormente la única medida era en porcentaje).

De nuevo se realizó una comprobación de su estado en la sede del IGME en Tres Cantos obteniéndose el resultado que se muestra en el **cuadro e.2.3**.

Concentración	Sonda de Calidad				HQ3				HQ4			
	T	pH	O2 conc	O2 satur	T	pH	O2 conc	O2 satur	T	pH	O2 conc	O2 satur
0,5	31	7,2	2,1	32	27,4	5,9	7,3	100	27,6	5,9	7,08	96,4
1	31,8	6,7	2,24	30,8	27,7	5,79	7,24	99,6	27,6	4,75	7,02	96,6
2,5	31,8	6,56	2,29	32	28	5,9	7,42	101,2	27,7	4,33	6,94	95,9
3	31,9	6,48	2,19	30,4	27,9	5,9	7,2	99,4	27,6	5,84	6,91	95,8
4	31,9	6,35	2,15	30,2	27,8	5,85	7,17	99,3	28	5,87	6,92	96
5	31,9	6,22	2,19	30,75	27,9	5,8	7,2	99,5	28	5,91	6,93	96,2
7	32	6,11	2,16	30,8	28	5,74	7,2	99,7	28	5,86	6,93	90,2
10	31,9	6,09	2,13	30,87	27,9	5,73	7,22	99,8	27,4	5,8	6,95	96,3
12	32	6,04	2,1	30,8	27,9	5,72	7,22	100,7	27,9	5,83	7,01	97,2
15	32,1	5,93	2,07	30,8	27,8	5,63	7,25	100,4	27,9	5,77	6,96	96,7
20	32,2	5,86	1,94	29,7	27,7	5,6	7,23	100,1	28	5,72	6,9	96,6
30	32,4	5,86	2,37	38,25	27,9	5,59	7,25	100,62	28,1	5,7	6,97	97

Cuadro e.2.2: Comprobación de los valores de saturación de oxígeno y de pH de la sonda de calidad realizada en Tres Cantos en Agosto de 2009. Valores de concentración en ppm y de saturación en %.

En esta comprobación se mantiene el comportamiento observado de la sonda, muy bueno en temperatura y pH, pero con valores alejados de los obtenidos con los oxímetros en los parámetros de concentración y saturación de O₂.

Concentración (g/l)	Sonda de calidad				HQ3				HQ4			
	T (°C)	pH	O2 conc (ppm)	O2 satur (%)	T (°C)	pH	O2 conc (ppm)	O2 satur (%)	T (°C)	pH	O2 conc (ppm)	O2 satur (%)
0,5	27,3	5,41	3,12	39,5	27,7	5,81	5,23	71,5	27,3	5,76	5,07	69,5
1	27,3	6,15	4,21	53,57	26,8	6,43	6,91	93,4	26,6	6,25	6,79	91,7
2,5	27,3	5,96	4,14	53,1	27,2	6,36	7,08	95,6	27,1	6,32	7,13	95,8
3	27,4	6,1	4,17	53,82	27,2	6,31	6,99	95,1	27,2	6,45	6,98	95,2
4	27,5	6,2	4,1	53,3	27,3	6,2	6,99	95,4	27,3	6,36	6,95	95,1
5	27,1	6,08	4,21	54,68	27,2	6,25	6,95	94,6	27,2	6,39	6,92	94,3
7	27,3	6,1	4,04	53,27	27,3	6,25	7,13	96,2	26,9	6,39	7,09	95,7
10	27,2	5,99	4,03	54,01	27,3	6,09	6,96	94,9	27,2	6,32	6,96	95
12	27,2	5,9	4,03	54,65	27,2	6,04	6,97	94,8	27,3	6,23	7,05	95,2
15	27,1	5,89	4,03	55,45	27,1	6,01	7,29	97,01	26,9	6,14	7,23	96,6
20	27,16	5,66	3,79	53,82	27,1	5,82	7,02	95,3	27	5,99	6,99	95,1
30	27,07	5,54	3,53	52,97	27	5,63	7,12	95,7	26,8	5,8	7,08	95,2

Cuadro e.2.3: Comprobación de los valores de saturación de oxígeno y de pH de la sonda de calidad realizada en Tres Cantos en Septiembre de 2009. Valores de concentración en ppm y de saturación en %.

A la vista de estos resultados, se estima que en lo referente al parámetro de concentración y saturación de oxígeno no se obtiene un valor cuantitativo de confianza, si se compara con los valores de referencia de los oxímetros portátiles utilizados, aparatos que han sido calibrados recientemente. En el manual de operación de la sonda, se describe la posibilidad de una calibración in situ con valores de referencia que permita ajustar el rango de medida de la sondas. Sin embargo, según el operador de la sonda, el software necesario para realizarla no se encuentra implementado. Tras nuevas consultas con el fabricante, se comunica que el software interno de la sonda para permitir calibrar el valor de oxígeno medido en base a una medida adicional realizada por otro instrumento, ha venido instalado de su última visita a la fábrica, de manera que al calibrar la sonda se genera y se actualiza automáticamente un archivo de calibración interno (SWQS5966.txt) en el cual quedan registrados todos los coeficientes utilizados y su fecha de utilización. Se decide realizar esta operación ya en la segunda campaña de la Fase I, tomando como valores de referencia los de los aparatos portátiles del IGME en las calibraciones diarias.

También, como ya se ha dicho en el proceso de calibración del O disuelto de la sonda de calidad, y a partir de la segunda campaña, se estableció una rutina de operación de mantenimiento

de la sonda de calidad para la medida del parámetro de saturación de oxígeno. Teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante de la sonda, el mantenimiento debe ser continuo, con la referida inexcusable verificación de los siguientes aspectos:

- Verificar siempre al empezar las medidas que los dos tapones de la sonda se mantengan llenos de líquido (líquido de referencia y agua destilada). En caso de pérdida es necesario rellenarlos
- Revisar la membrana y el electrolito siempre antes de comenzar las medidas en un sondeo. Ambas piezas deben cambiarse por lo menos una vez al mes o cuando se encuentren secas. Si la sonda permanece mucho tiempo sin utilizarse ambos elementos deben cambiarse, puesto que estarán secos.
- Comprobar siempre el nivel de gel en el sensor de referencia (comprobación visual) y añadir en caso de necesidad.

La revisión del buen estado del electrolito tiene una gran repercusión en los valores de los coeficientes de corrección, como pudo comprobarse durante el mes de abril de 2010, tercera campaña de la fase I. Los valores aumentaron de manera descontrolada durante todo el mes. Una vez cambiado el electrolito y realizadas las labores de mantenimiento pertinentes los coeficientes de corrección recuperaron unos valores más similares a los de días anteriores. La misma situación ocurrió a finales del mes de mayo de 2010, por descuido por parte de los responsables de las medidas de campo de la empresa ejecutora.

	Fechas	Valor coeficiente de corrección
Primera campaña	03-03-2009 a 12-03-2009	3
	18-03-2009 a 04-04-2009	5
	14-04-2009 a 16-04-2009	11
Segunda campaña	Septiembre y octubre 2009	4'75
Tercera campaña	12-04-2010 a 30-04-2010	3'8
	10-05-2010	7'6
	11-05-2010	5'86
	12-05-2010	5'86
	14-05-2010	5'86
	19-05-2010	7'24
	20-05-2010	7'24
	21-05-2010	38'35

Cuadro e.2.4: Lista de coeficientes de corrección para el parámetro de saturación de Oxígeno de la sonda de calidad para las diferentes campañas realizadas.

El valor de los coeficientes de calibración no se mantiene constante en el tiempo. Los valores empleados para las medidas se definieron tomando un valor medio de los coeficientes del archivo de calibración de la sonda. Este proceso se siguió para los datos registrados durante la

Segunda campaña de registros (septiembre - octubre 2009) y la primera parte de la Tercera campaña de registros (abril 2010), a partir del mes de mayo de 2010 los valores adoptados para la corrección se tomaron cada día del fichero de calibración interno de la sonda (SWQS5966.txt). Para la Primera campaña de registros (marzo-abril 2009) los factores de corrección se establecieron mediante la comparación directa de las medidas entre los oxímetros del IGME y el sensor de la sonda.

Este criterio se observa en la **figura e.2.6** y los valores de los coeficientes de corrección se presentan en el **cuadro e.2.4**, donde solo aparecen los valores para aquellos días en los cuales se realizaron registros en sondeos con la sonda de Calidad, independientemente de que se hicieran las comprobaciones previas con la sonda y los oxímetros de IGME. Por este motivo no aparecen valores para los días 25 y 26 de mayo de 2010 (por ejemplo). En esas fechas solo se realizaron medidas de comprobación y no se registró en ningún sondeo.

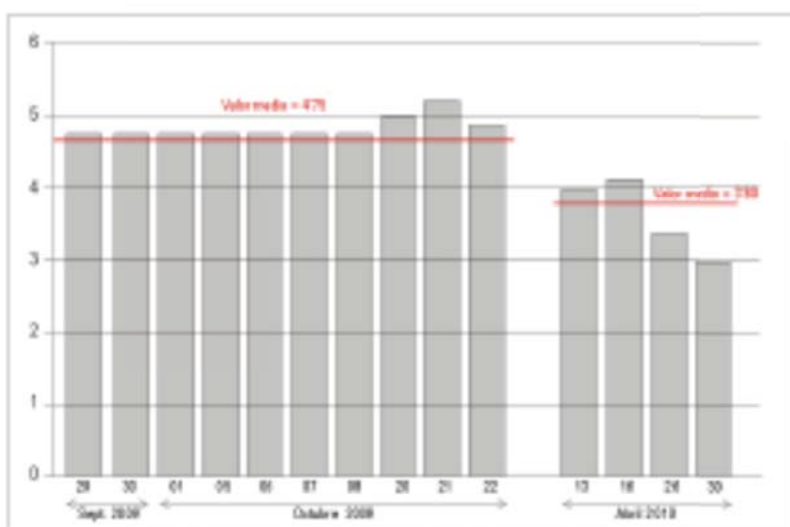
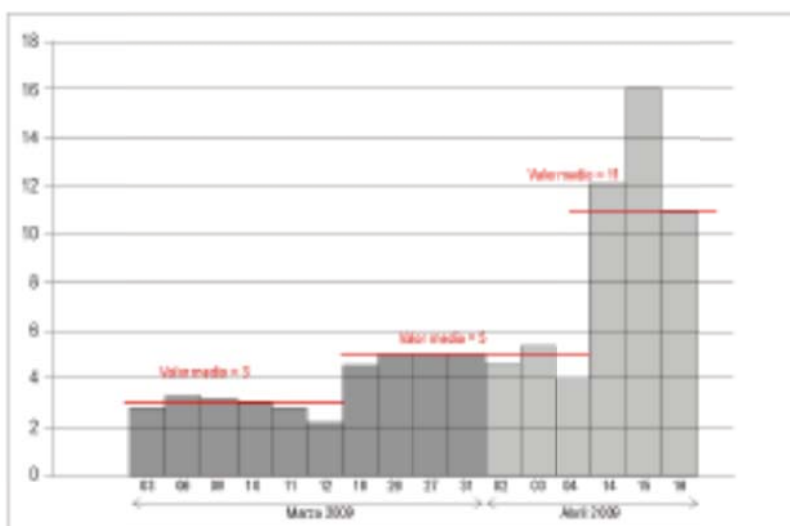


Figura e.2.6: Criterio de obtención de los valores del coeficiente de corrección hasta abril de 2010.

2.- ANÁLISIS DE LOS VALORES OBTENIDOS DEL PARÁMETRO OXÍGENO DISUELTO

En principio, los valores del parámetro oxígeno disuelto deberían representarse tal y como los mide la sonda de Calidad del agua, pero los resultados obtenidos en la calibración y controles de los mismos, durante la primera campaña, muestran que estos valores se separan de los obtenidos con los oxímetros del IGME, que han sido calibrados externamente. El hecho de que los cuatro oxímetros proporcionen valores parecidos y solo se diferencien los de la sonda de calidad, hace que los valores cuestionados sean los de esta sonda. Sin embargo, también se observa que el sentido y diferencia de las medidas entre la sonda y los oxímetros permanece constante, por lo que el valor cualitativo de las medidas se sospecha correcto.

Para comprobar con certeza, al menos el buen comportamiento cualitativo de la sonda, se decidió repetir al comienzo de la segunda campaña algunos de los registros realizados en la primera campaña, para ver su repetibilidad con el tiempo. Los registros repetidos corresponden a los sondeos 486BJ, 144VC, 264RM y 224RM, y han sido elegidos en base a que cubren los posibles tipos de resultados con el parámetro estudiado, valor pequeño, grande, con una zona anómala, etc., los gráficos de estos sondeos se pueden observar en el Anexo.

Como se observa de estas repeticiones, la fiabilidad de las medidas de la sonda es buena desde un punto de vista cualitativo, indicando las variaciones en oxígeno en el sondeo en los mismos lugares y con el mismo sentido en todos ellos, aunque, cuando se miden rangos de variación pequeño, se observan picos en algunos que no se repiten en otros, si bien los valores de estos picos están dentro del rango de resolución de la sonda (1%). Cuando se aplican los valores corregidos de la primera y segunda campaña, se observa en alguno de ellos, 224RM, el valor de saturación de oxígeno es excesivamente alto.

En los gráficos de estos sondeos (que se muestran en el anexo) se incluyen también los valores sin corregir y corregidos obtenidos durante la tercera campaña cuando existen; sin embargo, no se han tenido en cuenta estos registros en esta comprobación de los valores cualitativos, ya que las fuertes lluvias acontecidas entre la segunda y tercera campaña hace que posiblemente los valores de estas campañas no sean comparables.

La comparación de los valores sin corregir de la primera y segunda campaña en estos sondeos confirma la bondad de los datos cualitativos obtenidos por esta sonda. Sin embargo, se pretende también intentar explotar el valor cuantitativo que se obtiene, para lo cual, y una vez se conoció la existencia del software de calibración y se calcularon los coeficientes de corrección, para esta segunda campaña se realizó una comparativa de los valores corregidos con los medidos con los oxímetros del IGME durante las calibraciones diarias de la segunda campaña.

Los gráficos de estas comparativas para cada una de las soluciones patrón empleadas se observan en la **figura e.2.7.**

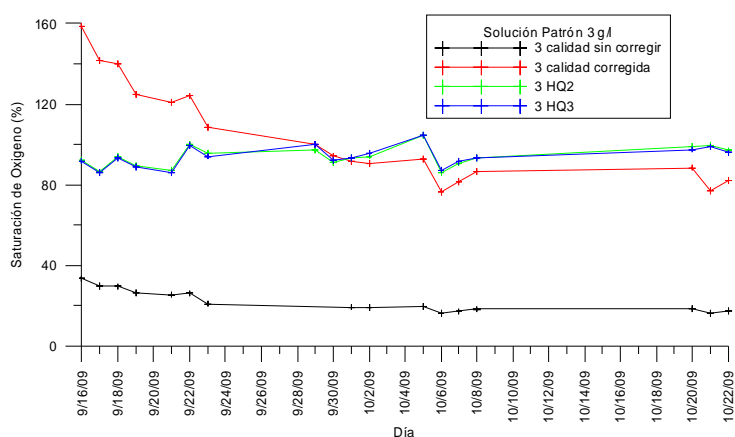
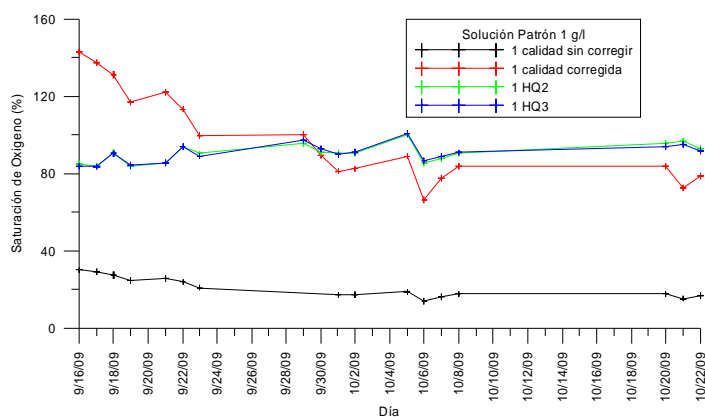
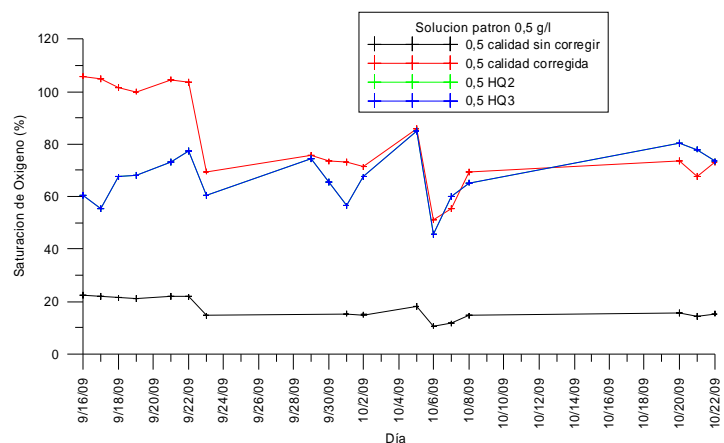


Figura e.2.7: Comparativa entre los valores corregidos y sin corregir de la sonda de calidad y los valores de los oxímetros para las calibraciones diarias de la segunda campaña, para cada una de las soluciones patrón empleadas. El factor de corrección empleado es el calculado para la segunda campaña y que se indica en el cuadro e.2.4.

En los tres gráficos se ve la excelente congruencia de los valores obtenidos con los oxímetros. Cuando se aplica el factor de corrección calculado para la segunda campaña se comprueba como en los primeros cinco días de la campaña, para las tres soluciones, los valores corregidos de saturación de oxígeno de la sonda de calidad son mayores que los obtenidos con los oxímetros, indicando que el factor de corrección empleado es elevado, lo que puede explicar el valor corregido tan alto del 224RM mostrado en el anexo. Este efecto se corrige para el resto de la campaña, igualándose los valores de los oxímetros y los valores corregidos de la sonda de calidad, lo que indica que el factor empleado es más apropiado.

Los valores corregidos para el porcentaje de saturación en oxígeno se encuentran adecuados si se encuentran dentro del rango 60-120%, como ocurre en la gran mayoría de los registros obtenidos. No obstante, en el caso de algunos sondeos testificados durante la Tercera Campaña de registros se han obtenido valores cercanos a cero o sorprendentemente elevados que merecen una explicación.

Según el informe presentado por IGT, es el caso por ejemplo del sondeo 794D, cuyos valores de porcentaje de saturación en Oxígeno están por encima de 100% y alcanzan incluso 200% entre las cotas -60 y -140 aproximadamente. Esa zona de aumento del contenido en oxígeno coincide con un tramo de disminución de la temperatura del agua y de aumento de la conductividad y de la concentración. Interpretamos que podría tratarse de la manifestación de un acuífero diferenciado con una posible recarga rápida.

Por otro lado, algunos sondeos, como por ejemplo 724D, 642D, 271RM, o 264RM, presentan valores de saturación en Oxígeno cercanos a cero o anormalmente bajos. La bibliografía existente acerca de la interpretación de las medidas de oxígeno disuelto en un medio fluido relaciona el contenido o la saturación de dicho elemento con la presencia de materia orgánica, y creemos que ahí puede estar la explicación para los valores obtenidos en estos sondeos.

La testificación geofísica se ha llevado a cabo en sondeos que han permanecido cerrados durante varios meses desde la finalización de las medidas de la Segunda campaña en octubre 2009. Esta situación puede haber causado una disminución de la cantidad de materia orgánica en estos sondeos, descomponiéndose ésta consumiendo el oxígeno existente y por lo tanto disminuyendo el porcentaje de saturación en oxígeno en los sondeos.

3.- CONCLUSIONES DE ESTE ESTUDIO

La realidad es que para este parámetro, oxígeno disuelto, en estos momentos su interpretación desde el punto de vista cuantitativo no se controla suficientemente. Resulta extraño que durante la primera campaña y tras reiteradas consultas al fabricante no se haya logrado una explicación clara de la unidad del parámetro medido, ppm o %. Las especificaciones de la sonda indicaban ppm, pero los valores medidos eran mas propios de %; por otro lado no se proporcionó el software interno de calibración; no se ha mantenido un control de mantenimiento adecuado; y se ha medido toda esta campaña con la duda de si la medida de la sonda era correcta al compararla con los valores de los oxímetros del IGME.





Tras la vuelta de fábrica, antes del comienzo de la segunda campaña, se implementa las medidas en las dos unidades, ppm y %, así como el software de calibración interno. Además es a la mitad de la campaña cuando se comienza a realizar de una manera sistemática y con cuidado el mantenimiento de la sonda.

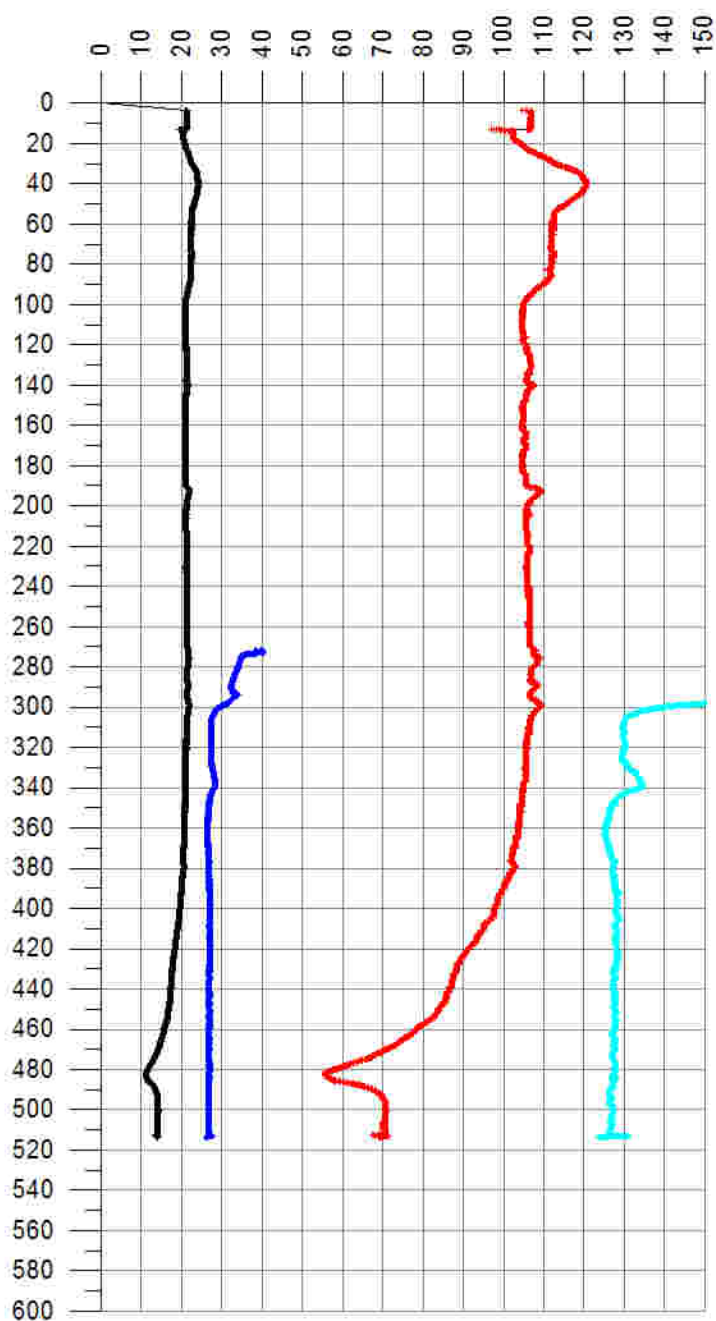
En la tercera campaña el cambio de operador ha producido una relajación en el mantenimiento de la sonda, que trae como consecuencia que los coeficientes de calibración obtenidos en algunos días tengan un valor muy elevado, cuestionando su valor cuantitativo. Como conclusión y en vista del análisis de las medidas obtenidas, podemos concluir que el valor de saturación de oxígeno obtenido por la sonda puede ser interpretado de una forma más fiable desde un punto de vista cualitativo. El hecho de tener que recalcular de una manera no convencional los coeficientes de la primera campaña, así como la falta de mantenimiento continuo, en días de la segunda campaña y de la tercera, y el posible uso de coeficientes no apropiados los primeros días de la segunda campaña y varios de la tercera, hacen menos fiables los valores cuantitativos de toda la campaña.

La falta de experiencia en este parámetro hace dudar de la interpretación cuantitativa del mismo. En la bibliografía consultada se habla de medidas en lagos, lo que no es comparable con el ambiente de medidas en sondeos. Otros informes de medidas con esta sonda realizados en sondeos presentan una interpretación cualitativa de las mismas, nunca cuantitativa. Es por ello que se hace necesario tratar con cuidado las medidas de este parámetro y el seguir investigando y estudiando con el fin de validar los datos obtenidos y conseguir su correcta interpretación.

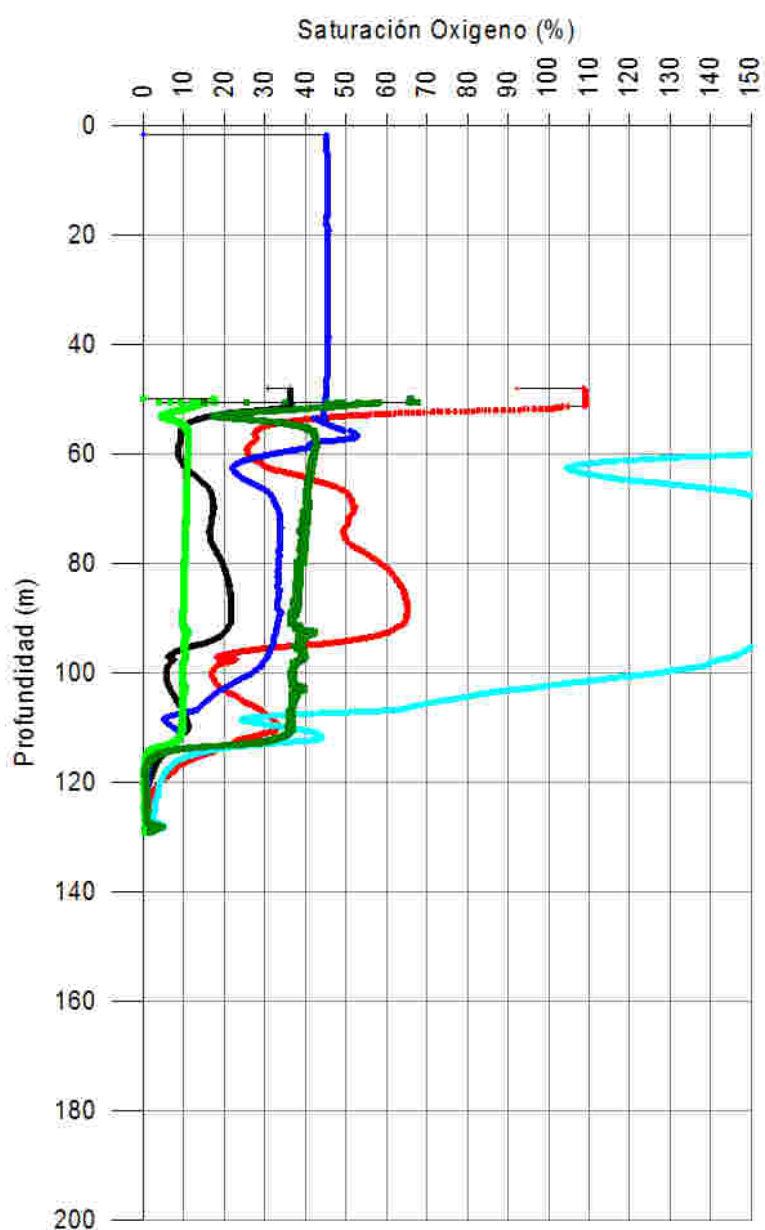
Seguidamente se presentan 4 ejemplos de datos analizados de registros de saturación de Oxígeno (en las tres campañas realizadas), correspondientes a los sondeos 144VC, 224RM, 264RM y 468BJ, que ilustran el estudio realizado.

Sondeo 144VC

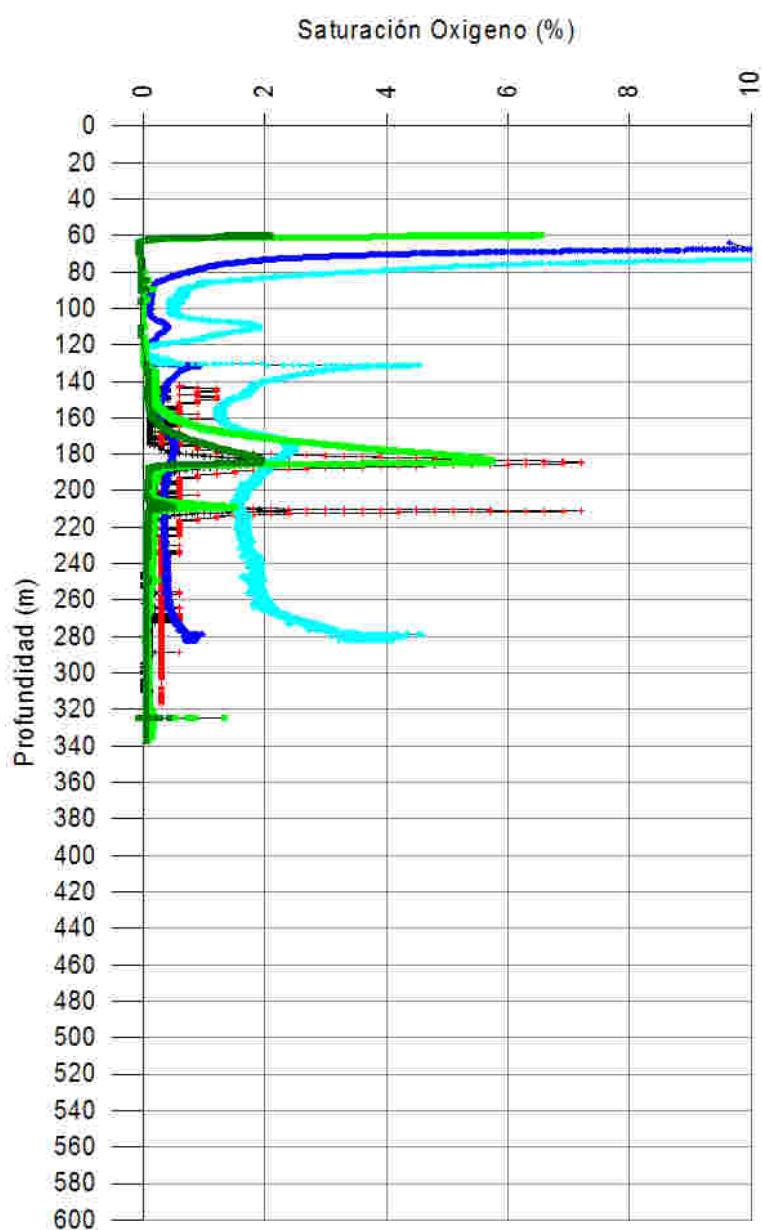
-  Sin corregir primera campaña
-  Sin corregir segunda campaña
-  Corregida primera campaña
-  Corregida segunda campaña



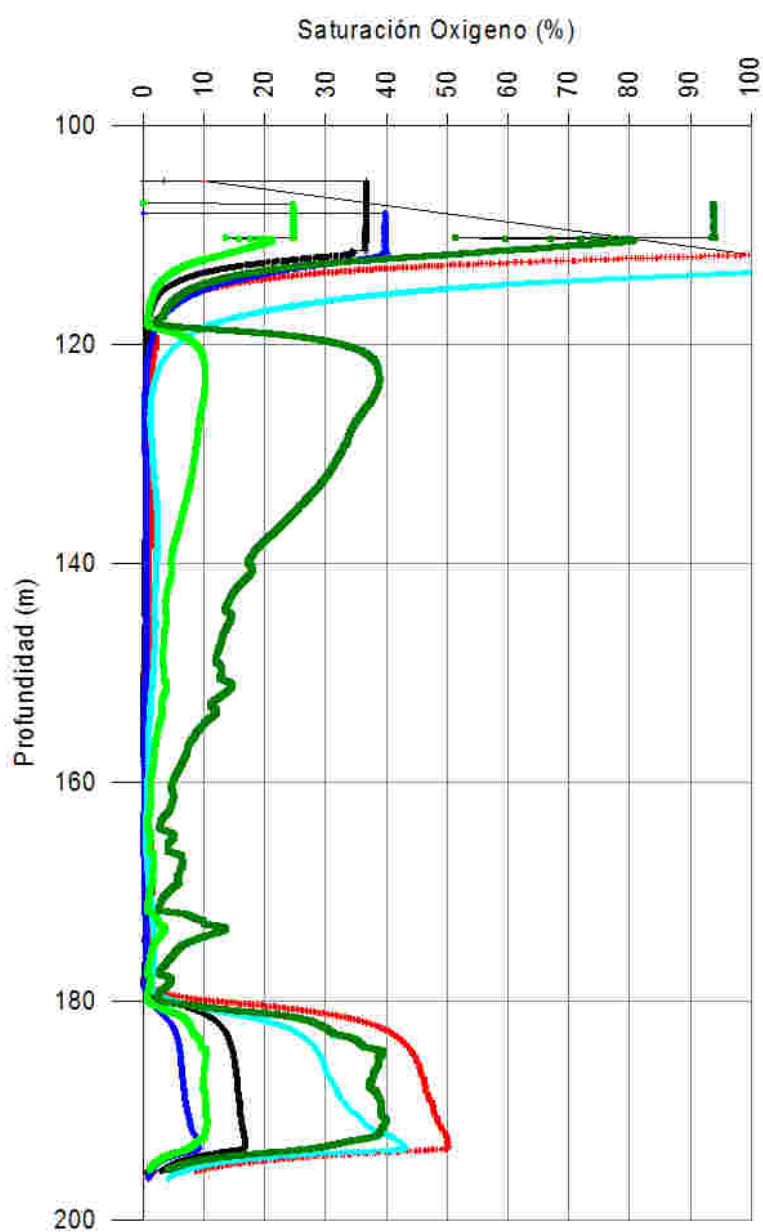
Sondeo 224RM



Sondeo 264RM



Sondeo 486BJ



e.3) Años 2011-2012

En este período, destacaron los apoyos relacionados con las interpretaciones de resultados de dos Trabajos de la Fase I: el Trabajo 1D (“Detección de principales focos de contaminación por su potencial influencia en los acuíferos inferiores”) y el Trabajo 2D (“Análisis del conocimiento hidrodinámico de las zonas estratégicas y su mejora en las preferentes”). Estos apoyos a las interpretaciones proporcionaron mejoras que fueron incorporadas a los informes finales de los mismos (Documento 161, de 2011, en el Anexo 5 de la Memoria Final para el Trabajo 1D, y Documentos 179, 181 y 184 de 2012, en el Anexo 8 de dicha Memoria en el caso del Trabajo 2D).

f) TAREA 6: APOYO AL DISEÑO, CONTROL DE EJECUCIÓN Y REVISIÓN GENERAL DE DOCUMENTOS DE RESULTADOS (PARCIALES Y FINALES) DE LA FASE I, PRINCIPALMENTE EN LOS ASPECTOS HIDROQUÍMICOS Y GEOFÍSICOS.

Dado que la Fase I ha estado compuesta por 17 trabajos, el volumen de la información generada fue siendo muy importante, y el número de documentos (incluyendo todas sus modalidades: de trabajos, parciales y finales) llegó hasta 242. Es por ello que esta tarea de la Partida 1 del Contrato es la de mayor peso del mismo. Hasta el inicio de 2011 se había desarrollado en un 90%, teniendo en cuenta que finalizaron en 2010 tres Actividades Administrativas (la 1, la 2 y 3) y el resto se encontraba en muy avanzado desarrollo.

En 2011-12, desde esta tarea de la Partida 1 se llevaron a cabo las revisiones de los documentos de resultados finales de los Trabajos 1D y 2D (citados en el apartado anterior) que quedaron incorporadas a los mismos.

f. 1) Año 2009 (del Documento 112)

Se incluyeron en esta Partida las tareas de apoyo al diseño, control de ejecución y revisión de documentos sobre resultados parciales de la Fase I. Se refieren principalmente a trabajos del Objetivo 1 de la Fase I. Entre ellos se trata de revisiones de informes parciales y finales sobre la elaboración de informaciones geofísicas (actuales y su comparación con las preexistentes en el registros histórico), de resultados analíticos, etc.

f.2) Año 2010 (del Documento 113)

Se destacan los apoyos para el caso de la actualización de mediciones de registros geofísicos en sondeos mecánicos, así como las revisiones documentales sobre la detección de focos potenciales de contaminación de los principales acuíferos.

f.2.1) Apoyo a la revisión general de las informaciones de base obtenidas para el trabajo sobre focos potenciales de contaminación y su influencia en los acuíferos inferiores.

Se llevó a cabo la revisión pormenorizada de la documentación aportada del Trabajo de la Fase I – elaborado éste en relación con ACUAMED- denominado “Detección de los principales focos de contaminación por su posible incidencia en los acuíferos inferiores del Campo de Dalías (Almería)”. Dicha documentación fue entregada por la Asistencia Técnica en el mes de Noviembre de 2010. Se trata de la memoria del trabajo, con sus 5 volúmenes de anexos, que contienen las fichas completas de los 79 focos potenciales detectados en el campo.

La revisión de esta documentación –por su volumen y contenido- se extiende tanto a los aspectos formales de edición y presentación de la información (textos, tablas, planos, esquemas, etc.) como, fundamentalmente, a los datos incorporados a la ficha que incluye la información obtenida en campo e información hidrogeológica, complementaria e imprescindible para el diagnóstico, añadida a ésta.

f.2.2) Revisión geofísica general de los documentos de resultados de las campañas geofísicas realizadas entre 2009 y 2010.

1.- INTRODUCCIÓN

Las operaciones geofísicas de registros verticales continuos y muestreos en profundidad han sido llevadas a cabo por INTERNATIONAL GEOPHYSICAL TECHNOLOGY, S.L. (IGT), de acuerdo con el Contrato suscrito con ACUAMED para *los “Servicios de Ingeniería para realizar el apoyo Geofísico a la interpretación de la evolución de la intrusión de agua de mar y otros procesos en los acuíferos afectados del Sur de la Sierra de Gador-Campo de Dalías (Almería)”*

Estos trabajos han consistido principalmente en la obtención de datos continuos de campo sobre la distribución vertical de la salinidad y temperatura del agua en puntos (sondeos mecánicos) concretos de observación, así como la obtención de muestras de agua a profundidades específicas y seleccionadas en base a las informaciones anteriores por el seguimiento hidrogeológico a cargo del IGME.

Por parte del IGME se estableció la necesidad de elaborar un informe de la revisión del informe final de los registros geofísicos realizados durante 2009 y 2010 por IGT dentro del Proyecto.

El trabajo de campo se dio por concluido en el mes de junio de 2010, al finalizar la tercera de las campañas de campo realizadas en la zona. En reuniones de seguimiento del Proyecto mantenidas entre ACUAMED, IGT y los técnicos del IGME, se decidió que se entregarían dos informes: un primer informe dedicado exclusivamente a la primera campaña, y un segundo

informe considerado como final que correspondería a todos los trabajos realizados en las tres campañas.

El motivo de estos dos informes es que en el Contrato suscrito entre ACUAMED e IGT se contempla la entrega de dos informes. Se consideró la entrega de un primer informe al final de la primera campaña, de manera que sirviera de ensayo al informe final que se entregaría al finalizar los trabajos de campo y comprendería la totalidad de los trabajos realizados. Es lo que éste comprende por lo que se ha hecho más hincapié en este último.

2.- DOCUMENTOS ENTREGADOS

A fecha de la redacción de este informe, diciembre de 2010, se habían entregado los dos informes (entre paréntesis se indica la versión de cada uno):

- Primera campaña de registros geofísicos en sondeos (Marzo-Abril 2009) (Versión 6)

Dentro de este informe se incluye lo siguiente:

Documento en pdf adobe: Primera campaña Testificación Almería_ACUAMED

Este documento comprende el propio informe y los siguientes anexos:

I. Especificaciones técnicas de la instrumentación empleada por IGT.

II. Control diario llevado por el IGME de las medidas de Conductividad, Temperatura, Oxígeno disuelto y pH.

III. Comparativa de registros de Conductividad, Gamma Natural y Temperatura de 1994, 1995, 1996 y 2009. Incluye también otras campañas pero se llevaron a cabo con otra sonda por lo que sus datos no son directamente comparables.

IV. Formatos digitales y Registros obtenidos durante las tres campañas de testificación.

Además se han entregado las siguientes carpetas de datos:

Anexo III: Contiene los ficheros grapher de los gráficos de las comparativas.

Anexo IV: Contiene los ficheros de los gráficos en formato Grapher con la representación de las medidas efectuadas en los sondeos de la campaña.

Formatos LAS 3.0: Ficheros en formato LAS de todas las medias de la campaña.

- Registros geofísicos en sondeos (Marzo-Abril 2009, Septiembre –Octubre 2009 y Abril-Junio 2010) (Versión 4)

En este informe se incluye lo siguiente:

Documento en pdf adobe: Completo Campañas 1-2-3 Testificación Almería 2009-2010_ACUAMED

Este documento comprende el propio informe y los siguientes anexos:

A N E X O S

1. Especificaciones técnicas de la instrumentación empleada por IGT.
2. Control diario llevado por el IGME de las medidas de Conductividad, Temperatura, Oxígeno disuelto y pH.
3. Comparativa de registros de Conductividad, Gamma Natural y Temperatura de 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 2009 y 2010.
4. Formatos digitales y Registros obtenidos durante las tres campañas de testificación.
5. Consideraciones respecto al uso de la sonda de Calidad de agua.

Además se entregan las siguientes carpetas de datos:

- Instrumentación.
- Calibraciones IGME
- Comparativa de Sondeos. Contiene los ficheros grapher de los gráficos de las comparativas.
- Registros. Contiene los ficheros de los graficos en formato Grapher con la representación de las medidas efectuadas en los sondeos de la campaña.
- Datos de campo campañas 1+2+3
- Datos de campo en formato LAS 3.0: Ficheros en formato LAS de todas las medias de la campaña.

3.- REVISIÓN DE LOS DATOS Y DOCUMENTOS ENTREGADOS

1) Ficheros LAS

Se han entregado los ficheros LAS de los registros. Este tipo de ficheros constituye un estándar internacional de los datos de diagráfias de sondeos, están en formato ASCII. Además se ha solicitado a la compañía, que además de cumplir el estándar LAS, los ficheros sean compatibles con el formato establecido en la base de datos geofísicos del IGME, SIGEOF. Han sido varias las entregas realizadas, comprobando su formato y comunicando a IGT los errores detectados en el

formato LAS adaptado a SIGEOF. Estos errores han sido mínimos y normalmente afectan a la compatibilidad con SIGEOF. Se han corregido los errores detectados.

2) Ficheros Grapher

Se han representado todos los sondeos en formato Grapher, en una primera revisión las representaciones son correctas (no ha sido una revisión exhaustiva), la ventaja es que, estando en Grapher junto con los ficheros de datos, cualquier error o modificación es susceptible de ser corregido de manera fácil, además permite una personalización de la representación. La principal fuente de error ha sido en los ficheros de datos que acompañan a los ficheros Grapher, que en algún caso no coincidía con los ficheros LAS, ficheros originales de campo de la campaña. En las primeras revisiones se detectaron ficheros de datos con formatos diferentes a los LAS definitivos, así como con columnas calculadas (salinidad, saturación de oxígeno, etc) con formulas o factores erróneos.

3) Gráficas de comparativas

Estas gráficas constituyen uno de los productos más importantes del Proyecto, ya que permiten visualizar la evolución de los datos aportados por puntos a lo largo de los años. Se ha encontrado con la dificultad de que los datos de conductividad y concentración de los sondeos, para las campañas anteriores a ésta y almacenados en Madrid, difieren en algún caso con los almacenados en Almería (datos más fiables y considerados como buenos). Por otra parte, un aspecto importante era el configurar la plantilla para su representación, para lo cual se siguieron las sugerencias propuestas por los técnicos del IGME. Estos ficheros, que se han entregado también en un anexo del informe final, han sido revisados, recogiendo normalmente las diversas sugerencias, como por ejemplo las indicadas el 27 de agosto de 2010 y que tras una reunión con IGT en septiembre se concretaron en:

- a) Se decide eliminar la profundidad del agua de la cabecera de estos registros
- b) No se dispone de datos de conductividad en los ficheros digitales de las campañas comprendidas entre los años 89 y 92 por lo que se queda como está.
- c) En los gráficos de comparativas cuando se trate de los registrados en las campañas de 2009 y 2010 se representaran los registros de conductividad, temperatura y concentración medidos y obtenidos con la sonda GCT. Solo cuando no exista registro con esta sonda, y sí con la de calidad, se incluirán los datos de esta sonda.
- d) Se representó una marca por muestra tomada, no por profundidad.

4) Informes

Como se ha indicado se han confeccionado 5 versiones del informe de la primera campaña, y cuatro del informe final que comprende las tres campañas. Todas estas versiones han sido revisadas y se ha enviado a IGT los comentarios y sugerencias a los mismos así como una relación de errores encontrados.

La estructura del informe ha sido aceptada desde el principio. Solamente se sugirió la inclusión de algunos nuevos Anexos como son: descripción de los formatos de los ficheros entregados y los gráficos Grapher representados.

Durante las primeras revisiones se detectaron errores pequeños que afectaban a los cuadros y que fueron corregidos fácilmente, así como errores en el pie y en el orden de algunas figuras.

En cuanto al contenido del informe, se insistió en la necesidad de resaltar el aspecto de la calibración de las sondas: las operaciones efectuadas y los resultados obtenidos, sobre todo en lo que se refiere a la obtención de la expresión numérica, para pasar de conductividad corregida a 25º C a valores de concentración en g/l de equivalentes de ClNa. En este sentido se ha preferido, para el valor de la sonda de calidad, el obtenido empleando la expresión procedente de la calibración realizada en Tres Cantos y Almería, que el calculado por la sonda tras su implementación en fabrica. Los motivos para adoptar este valor es que es mas homogéneo con los valores calculados históricamente y en esta campaña con la Sonda nº 1, ya que se ha seguido el mismo procedimiento de calibración; por otro lado, el valor calculado en fabrica parece tener en cuenta unos parámetros: presión, solubilidad, etc., que si bien lo pueden hacer mas preciso, no han sido tenido en cuenta en la calibración de la otra sonda y en los registros históricos, lo que puede producir diferencias en los valores, a veces significativas.

Con respecto a la sonda de Oxígeno Disuelto, se ha acordado con IGT la incorporación de un apartado (puede ser un Anexo) dedicado a este parámetro: su sentido, su medida, historia de su calibración (primera campaña y de la segunda y tercera después de mandar la sonda a fábrica y de disponer de un software de "calibración"), criterios adoptados para su calibración y valores obtenidos, etc. Además se pidió el revisar y explicar la aparición de valores extraños (negativos o muy altos) en algunos registros tras aplicar los coeficientes de corrección, así como los valores tan altos del coeficiente de corrección en los últimos días de la tercera campaña.

En este sentido solo comentar que sigue existiendo una incertidumbre sobre los valores obtenidos con esta sonda, y lo que se trata aquí es de describir lo que se ha obtenido y de que manera. Su interpretación se dejará para llevarla a cabo con más conocimiento sobre esta problemática.

5)- Conclusiones a fecha del informe

A la fecha de redacción de este informe se había entregado la última versión de los informes y de los datos. Estas versiones son frutos de los comentarios y sugerencias realizadas sobre 5 versiones anteriores del informe de la primera campaña, y tres del informe final. No se ha realizado una revisión de esta última versión, aunque después de reuniones en IGT para corregir y unificar todos los gráficos y comentarios al texto.

La revisión de toda la documentación generada de esta actividad de la Fase I ha supuesto un trabajo digno de destacar por su esfuerzo y por su trascendencia a la hora de llevar a cabo las interpretaciones sobre los procesos más importantes para la gestión, que afectan a los acuíferos principales de la zona.

f.3) Años 2011-2012

Durante este período se finalizaron las revisiones de los informes de los Trabajos 1D y 2D, el primero de ellos en 2011 y el segundo en 2012, labores que quedaron integradas en sus respectivos documentos de resultados finales, ya citados.

g) TAREA 7: APOYOS A LAS ACTIVIDADES DE EXPLICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS PARCIALES Y FINALES DE LA FASE I.

Los apoyos para la realización de ponencias y comunicaciones que estuvieron asociados a esta Partida 1 del Contrato se comentan seguidamente. Correspondieron a los años 2009, 2010 y al año 2012, y tuvieron diferentes orientaciones y ámbitos de difusión.

g.1) Año 2009 (del Documento 112)

Durante 2009, a petición de la Junta Central de Usuarios del Acuífero del Poniente Almeriense (JCUAPA) se llevó a cabo una ponencia para explicación del desarrollo y estado de las actividades de la Fase I del Programa hasta octubre de 2009. Dicho trabajo se expuso el 29 de octubre de 2009 en el marco de las **Jornadas “Los usuarios y la protección – recuperación de las masas de agua subterránea”**, organizadas por la Asociación Española de Usuarios de Agua Subterráneas (AEUAS) y el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

La ponencia, denominada “La investigación de los acuíferos en apoyo a la mejor gestión de los mismos: la experiencia del Instituto Geológico y Minero de España con los acuíferos del Poniente Almeriense” contó con apoyo técnico específico principalmente para la definición de los trabajos y objetivos desarrollados por el IGME en sus primeras épocas. En ella destacó la explicación del conocimiento alcanzado sobre el principal problema de los acuíferos inferiores: el avance de la salinización, para lo cual se presentaron bloques esquemáticos explicativos, así como

figuras mostrando los resultados alcanzados con las nuevas campañas de toma de medidas realizadas durante 2009.

g. 2) Año 2010 (del Documento 113)

g.2.1: Ponencia sobre los resultados obtenidos de la Fase I del Convenio (julio de 2010).

Durante 2010 se llevaron a cabo actividades de difusión y explicación de los resultados que se habían ido generando de los Trabajos de la Fase I.

Para ello se contó con el apoyo del Departamento de Infraestructura Geocientífica y Servicios del IGME. Su Directora presentó una Ponencia en la Jornada Informativa del Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, que tuvo lugar en Almería capital el 14 de julio de 2010, organizada por la Agencia Andaluza del Agua.

Además de la exposición del documento: “Estudios Hidrogeológicos para la protección – regeneración de los acuíferos del Poniente Almeriense (Convenio AAA – IGME – ACUAMED – JCUAPA)”, la participación del IGME finalizó respondiendo a las cuestiones sobre esta temática que hicieron los participantes en la Jornada en la mesa redonda convocada para tal fin.

El citado documento, actualizado con las últimas informaciones, fue también entregado y explicado a los participantes de la AAA, ACUAMED y la JCUAPA en la reunión de la Comisión de Seguimiento del citado Convenio que tuvo lugar en la Subdelegación del Gobierno en Almería el día 22 de julio.

La versión revisada de dicha ponencia está integrada en Documento 155, apartado 3, en el Anexo 13 de la Memoria Final de la Fase I.

g.3) Año 2012

Los apoyos se destinaron a la contribución a la realización de la comunicación Documento 191 “INVESTIGACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LA PÉRDIDA DE RESERVAS DULCES EN LOS ACUÍFEROS PRINCIPALES DEL CAMPO DE DALIAS (ALMERIA)” presentada al Simposio de Tecnología de Acuíferos Costeros (TIAC 2012), cuyo resumen se expone a continuación. Este documento refleja el avance de tareas de los Trabajos 1E, 2B y 5A con los que se relacionan también las Partidas 3 y 4 de este Contrato.

g.3.1: Resumen del Documento 191, presentado al simposio TIAC 2012

En apoyo a su sostenibilidad, el IGME (Unidad de Almería) investiga desde hace décadas los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor - Campo de Dalías, de destacada trascendencia socio-

económica. Sus acuíferos inferiores, los principales, con geometría y funcionamiento complejos y explotación intensa, abastecen más del 80% de las demandas, soportando un bombeo creciente (hasta 126 hm³/a) para agricultura (invernaderos) y poblaciones. Son carbonatos triásicos muy permeables, localizados en la sierra y bajo la llanura, principal zona de acumulación donde se superponen uno o más acuíferos de coberteras neógenas, relacionados con los inferiores y con el mar. La mayor limitación para la sostenibilidad de estos recursos es la salinización progresiva de las reservas dulces de los acuíferos inferiores. Se exponen resultados del conocimiento de estas contaminaciones, actualizado para la Fase I del Programa de apoyo a su protección – regeneración, definido por el IGME por encargo de la Agencia Andaluza del Agua (AAA), en ejecución por administraciones (Andaluza y estatales) y usuarios, y coordinada / dirigida por este Instituto. La discusión de datos de testificaciones geofísicas, hidroquímica en profundidad y bombeo, etc, confirma la progresión de esta salinización. Desde 2010, las captaciones del AIO muestran la entrada lateral de agua marina desde el AEBN salinizado (deducida hacía tres décadas). Todas las áreas de explotación del AIN están ya afectadas, desde su área costera –con salinización ya avanzada hace tres décadas- hasta las más occidentales. El ascenso piezométrico por las precipitaciones de 2009/10 (máximas desde 1944) no ha evitado la progresión de este deterioro, señalándose la influencia negativa de la movilización de masas ya saladas. Se constata la imperiosa necesidad de reducir bombeos en ambos acuíferos inferiores, y de impedir la entrada de estos flujos salinos a las zonas explotadas, para evitar su progresiva pérdida de reservas dulces.

Palabras clave de la comunicación: Campo de Dalías, pérdida de reservas dulces, sostenibilidad de acuíferos.