



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO**  
**Facultad de Ciencias Exactas Y Tecnológicas**



**Licenciatura en Sistemas de Información**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE  
INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA  
BASADO EN EL MUV**

**Autores:**

**Manuel Maximiliano Campos**

**Carlos Deciderio Morales**

**Profesor Guía:**

**MSc. Lic. Susana Isabel Herrera**

**Asesor:**

**Lic. Juan M. Thir**

**Noviembre, 2015**

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN  
HIDROGEOLOGICA BASADO EN EL MUV

Autores:

.....

Manuel M. Campos

.....

Carlos D. Morales

Profesor Guía:

.....

MSc. Lic. Susana I. Herrera

Asesor:

.....

Lic. Juan M. Thir

Aprobado el día..... del mes de ..... del año 20.....  
por el Tribunal integrado por:

.....

(firma)

.....

(firma)

.....

(firma)

.....

(aclaración)

.....

(aclaración)

.....

(aclaración)

Santiago del Estero- Argentina

## **Dedicatorias**

A mi hijo Nahuel, mi esposa Andrea.

A mis padres Orlando y Nilda.

A mis hermanos Emiliano y Alba.

Y una dedicatoria especial a mi abuela y madrina que me guiaron desde el cielo para llegar a este logro.

MMC

A mis hermanos Jorge, Esteban y Danna.

A mis padres Carlos y Josefina.

CDM

## **Agradecimientos**

A mis familiares que me brindaron su apoyo para terminar la carrera.

A mis amigos y compañeros de trabajo y estudios que siempre me alentaron para finalizar mis estudios.

Al Departamento de Hidrogeología y Geotecnia que colaboraron con nuestro trabajo final.

A todos los integrantes del Departamento y Laboratorio de Informática que me dieron fuerzas para no abandonar este proyecto.

A la Profesora Susana Herrera por la paciencia y dedicación que nos tuvo.

MMC

A mis hermanos y mi madre, por tolerarme y alentarme todos estos años.

A la profesora Susana Herrera por su paciencia, dedicación y empeño.

A todos aquellos compañeros de estudio que colaboraron y me acompañaron en el desarrollo de la carrera.

Al profesor Thir, por su participación en el desarrollo del prototipo, y por estar siempre dispuesto a colaborar.

A los estudiantes y docentes del Departamento de Hidrogeología y Geotecnia, por participar en la evaluación del prototipo de esta tesis.

CDM

## CONTENIDO

RESUMEN	VIII
PALABRAS CLAVES	IX
INTRODUCCIÓN	X
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA, OBJETIVOS Y MÉTODO</b>	<b>1</b>
I.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
I.2. ANTECEDENTES DE SISTEMAS UTILIZADOS EN HIDROGEOLOGIA	3
I.3. OBJETIVOS	8
I.4. ALCANCE	9
I.5. METODOLOGIA DEL PROYECTO	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
II.1. INTRODUCCIÓN	15
II.2. VISUALIZACIÓN	16
II.3. PROCESOS COGNITIVOS	18
II.4. MEMORIA DE TRABAJO	20
II.5. INSIGHT	21
II.6. PERCEPCIÓN HUMANA Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	25
II.7. LAS OCHO VARIABLES VISUALES	27
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>36</b>
III.1. EL PROCESO DE VISUALIZACIÓN	36
III.2. MODELO UNIFICADO DE VISUALIZACIÓN	38
III.2.1. Los estados de los datos	39
III.2.2. Las transformaciones	41
III.2.3. La interacción	43
<b>CAPÍTULO IV: MARCO TECNOLÓGICO</b>	<b>45</b>
IV.1. TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN	45
IV.2. TAXONOMÍAS DE LAS TÉCNICAS VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	46
IV.2.1. Técnicas de visualización multidimensionales de Daniel A. Keim	47
IV.2.2. Técnicas de visualización para datos geoespaciales	56
IV.2.3. Técnicas de visualización datos multivariados	63
IV.2.4. Técnicas relacionadas con el foco + contexto	66
IV.2.5. Técnicas de visualización de bases de datos	67
IV.3. HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA LA VISUALIZACIÓN	70
IV.3.1. Software de Programación	70
IV.3.1.1. PHP	70
IV.3.1.2. MySQL	71
IV.3.1.3. Javascript	72
IV.4. BIBLIOTECAS WEB PARA LA VISUALIZACIÓN	73
IV.4.1. Google APIs	74
IV.4.2. Amcharts	75
IV.4.3. AnyChart	76
IV.4.4. FuncionCharts	77
IV.4.5. YUI (build)	78
IV.4.6. Highcharts 3.0	79

IV.4.7. JqPlot	80
<b>CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROTOTIPO DEL (SIVIH) USANDO EL MUV</b>	<b>82</b>
V.1. INTRODUCCIÓN	82
V.2. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA	83
V.3. RECOLECCIÓN DE DATOS	83
V.3.1. Sesión de Trabajo	84
V.3.2. Análisis Funcional de Software Similares	84
V.3.3. Modelos de Casos de Uso	86
V.3.4. Diagrama de Clases	95
V.3.5. Entidades, Relaciones y Atributos	99
V.3.5.1 Entidades	99
V.3.5.2. Relación	100
V.3.5.3. Atributos	100
V.4. TRANSFORMACIÓN DE DATOS CRUDOS A DATOS ABSTRACTOS	101
V.5. TRANSFORMACIÓN DE DATOS ABSTRACTOS A DATOS A VISUALIZAR	102
V.5.1 Instancias de Visualización del Prototipo	103
V.6. TRANSFORMACIÓN DE MAPEO DE VISUAL	113
V.7. TRANSFORMACIÓN DE VISUALIZACIÓN	118
<b>CAPÍTULO VI: DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DEL SIVIH</b>	<b>129</b>
VI.1.DESCRIPCION GLOBAL	129
VI.2.CUESTIONES DE SEGURIDAD	130
VI.3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROTOTIPO	132
<b>CAPÍTULO VII: EVALUACIÓN DE LA COMPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN POR PARTE DEL USUARIO</b>	<b>145</b>
VII.2. OBSERVACIÓN DIRECTA	145
VII.2.1 Situación Observada	146
VII.2.2 Forma de Registro de Los Datos	147
VII.2.3 Resultados de la Observación	148
VII.3.ENCUESTA BASADA EN CUESTIONARIO	150
VII.3.1. Resultados de la Encuesta	151
VII.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	160
<b>CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES</b>	<b>163</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>165</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 1: MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 2: DESCRIPCION FUNCIONAL DEL SISTEMA</b>	<b>182</b>

<b>ANEXO 3: DICCIONARIO DE DATOS</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO 4: SESIONES DE TRABAJOS (ENTREVISTAS)</b>	<b>189</b>
<b>ANEXO 5: INVITACIÓN OBSERVACION DIRECTA</b>	<b>193</b>
<b>ANEXO 6: FICHA DE OBSERVACIÓN</b>	<b>194</b>
<b>ANEXO 7: REGISTRO NARRATIVO</b>	<b>196</b>
<b>ANEXO 8: ENCUESTA</b>	<b>206</b>

Los sistemas informáticos facilitan la manipulación o manejo de la información científica, pero frecuentemente estos sistemas recargan las interfaces de usuario con una cantidad abrumadora de datos que dificultan su comprensión. Esto afecta el campo visual del usuario y, por lo tanto, su proceso cognitivo. Por ello, en los sistemas científicos, surge la necesidad de diseñar sistemas que representen la información científica de forma tal que resulte fácil la visualización y la comprensión.

El Modelo Unificado de Visualización (MUV), elaborado por la Universidad Nacional del Sur, permite construir sistemas de información basados en visualización de información. Este modelo consta de un conjunto de etapas que permiten la transformación o mapeo de los datos desde que son relevados hasta que son visualizados.

Atendiendo la necesidad del Departamento de Hidrogeología y Geotecnia de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero de contar con un sistema de información que permita visualizar la información hidrogeológica de la provincia de Santiago del Estero, en este trabajo final se construyó un prototipo de Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica. Se trata de un sistema web desarrollado siguiendo las etapas propuestas por el MUV y utilizando técnicas de visualización como ser Zoom, Zoom Semántico, Basada en Iconos, Gráfico XY, Searchability, Basada en Región y Basada en Líneas. Las mismas fueron implementadas usando bibliotecas de funciones, como las APIS de Google, Amchar y Highcharts 3.0. Para la codificación se utilizó el lenguaje PHP.

Además a partir del prototipo, se estudió el impacto del sistema en la mejora de la comprensión de la información, aplicando las técnicas de observación directa y encuesta basada en cuestionarios, en una muestra compuesta por alumnos y docentes del Departamento Académico mencionado anteriormente. Los resultados obtenidos contribuyeron a afirmar que los sistemas de información basados en visualización mejoran la comprensión de la información científica por parte de los usuarios.

## **PALABRAS CLAVES**

---

Visualización, Modelo Unificado de Visualización (MUV), Sistema de Información Hidrogeológica, Bibliotecas de funciones de visualización, Sistemas Web.

El desarrollador de software actualmente cuenta con diferentes métodos, técnicas y modelos para el desarrollo de sistemas de información, todos provistos por la Ingeniería del Software [1]. Pero existen sistemas especiales que requieren que el usuario visualice una gran cantidad de información; en los últimos tiempos han comenzado a tener gran importancia el uso de técnicas de visualización que permiten la reducción de la carga cognitiva del usuario y, en consecuencia, el aumento de su memoria de trabajo y de su capacidad de comprensión [2].

Si bien inicialmente no existían modelos de procesos orientados a los sistemas basados en visualización, en los últimos años han surgido diversos modelos de procesos que ordenan y coordinan las diferentes técnicas de visualización [3]. En este caso en particular, se utiliza el Modelo Unificado de Visualización (MUV), diseñado en la Universidad Nacional del Sur, Argentina [4], para llevar adelante una investigación aplicada en el área de los Sistemas de Información.

El MUV permite definir una arquitectura de referencia que contemple las técnicas de visualización, como así también especificar e integrar los componentes de hardware y software necesarios para la implementación [4].

Es un modelo de referencia para los procesos de visualización, que consiste en un único modelo, enfocado tanto en los procesos como en los estados de los datos; y es aplicable a cualquier visualización independientemente del dominio de aplicación. Su objetivo es obtener representaciones visuales interactivas con el propósito de ampliar la adquisición y el uso del conocimiento, según la naturaleza y características de la información a visualizar [4].

Dado que el objetivo de este trabajo es proponer una solución a los problemas de visualización de información hidrogeológica, se realizó una exploración sobre las diferentes técnicas de visualización y las bibliotecas de aplicación web aplicadas a este dominio. En el transcurso del trabajo, se presentan los marcos referenciales con las teorías, tecnologías y metodologías, revisadas hasta el momento, que sustentan la propuesta. Además, se presentan conceptos relevantes referentes al dominio del sistema propuesto, elaborados a partir de consultas a profesionales del ámbito académico.

Se implementó el modelo MUV para construir un Prototipo de Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica, considerando la información recabada. Con este sistema, los profesionales pertenecientes al Departamento Académico de Geología y Geotecnia de Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) tendrán la posibilidad de registrar y visualizar variables hidráulicas, químicas, físicas y geográficas de las excavaciones de exploraciones realizadas en el ámbito de la provincia.

Por otra parte, se proporciona a los desarrolladores una perspectiva sobre el uso del MUV como herramienta para mejorar el entendimiento de los problemas conceptuales y técnicos del área a representar visualmente.

El presente documento consta de ocho capítulos, los cuales están organizados de la siguiente manera.

En el Capítulo I se plantea el problema que dio origen al trabajo final, así como también los objetivos que guiaron la investigación y el método seguido.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico con conceptos relevantes como visualización, su relación con los procesos cognitivos, memoria de trabajo, insight y las ocho variables de visualización.

En el Capítulo III, se describe el marco metodológico, en el cual se detalla el MUV, sus transformaciones, sus estados e interacciones.

En el Capítulo IV, se expone el marco tecnológico, que contiene conceptos, herramientas y bibliotecas necesarias para el desarrollo del prototipo del sistema de visualización.

En el Capítulo V, se describe el proceso de desarrollo del prototipo del sistema de visualización de información hidrogeológica; es decir, la aplicación del MUV (sus diversas transformaciones).

En el Capítulo VI, se presenta el producto software desarrollado, es decir, el prototipo, considerando sus diversas funcionalidades y requisitos de seguridad.

El Capítulo VII contiene los resultados obtenidos en la implementación del prototipo; es decir, se describe la forma en que se evaluó la comprensión de la información por parte del

usuario, utilizando observación directa y encuesta en una muestra de alumnos y docentes del Departamento de Geología y Geotecnia.

En el Capítulo VIII, se presentan las conclusiones del trabajo, considerando los resultados del Capítulo VII y los objetivos propuestos.

Además, este trabajo presenta 8 anexos. En el Anexo 1, se describen los conceptos teóricos del campo de la Hidrogeología, necesario para el desarrollo de las funcionalidades del prototipo. El Anexo 2 es complementario del Capítulo V; allí se presentan la descripción funcional del sistema. El Anexo 3 presenta el diccionario de datos. El Anexo 4 presenta las Sesiones de Trabajo. En el Anexo 5 se presenta el formato de la Invitación entregado a los usuarios para participar de la Observación Directa. En el Anexo 6 se presenta la Ficha de Observación. En el Anexo 7 se presenta un registro narrativo de las Observaciones. Por último, en el Anexo 8, se presenta el Cuestionario que fue utilizado para evaluar la comprensión del prototipo.

# CAPÍTULO I:

## PROBLEMA, OBJETIVOS Y MÉTODO

---

### **I.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

En general, todo sistema de información debe publicar un conjunto de datos que faciliten al usuario la obtención y comprensión de la información, en el menor tiempo posible, para hacer más productiva su actividad. Sin embargo, en algunos sistemas, la cantidad de datos puede abrumar o fatigar la visión del usuario dificultando el proceso cognitivo [5], obstaculizando la comunicación y la toma de decisiones.

Cuando un usuario especifica cómo quiere visualizar los datos, se construye una estructura que soporta tanto los elementos visuales como sus atributos. Pero, como el conjunto de datos puede ser visualizado aplicando más de una técnica, puede ocurrir que en la visualización no se tome en cuenta la información que se busca enfatizar o que las características utilizadas para discriminar los datos no sean representativas y de esta manera, se produce la evasión del foco de atención. Al obstaculizar el proceso cognitivo podrían producirse interpretaciones erróneas por parte de los usuarios, llevando esto a dificultar la toma de decisiones [6, 7].

En particular el grupo de hidrogeólogos del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de la FCEyT de la UNSE utiliza sistemas que permiten analizar información hidrogeológica de las perforaciones en la provincia. Sin embargo, dichos sistemas presentan los siguientes problemas:

- La información a visualizar se acopla en pequeños espacios, con una gran cantidad de datos geológicos.
- No se encuentran delimitados las diferentes tramas visuales que representan los sedimentos de cada perforación.
- La representación de la ubicación geográfica carece de detalle, reduciendo la información obtenida de la perforación.
- No permiten el almacenamiento de la información de las perforaciones por lo tanto no existe registro histórico; son sistemas incompletos.

- La interacción requiere que el usuario tenga conocimientos avanzados sobre representaciones gráficas del ámbito geológico e hidrogeológico.
- La representación gráfica en su versión impresa es engorrosa, confusa y desproporcionada en cuanto a la escala de la hoja.

Estas características dificultan el proceso de comprensión de la información del sistema por parte del usuario. Además, a esto se suma que se trata de sistemas propietarios, donde el autor tiene la posibilidad de controlar y restringir los derechos sobre el programa. Además, son sistemas costosos.

Por otra parte, desarrollar un sistema focalizado en la visualización que efectivamente logre mejorar la comprensión de la información por parte del usuario, no es tarea sencilla. Si bien se ha estudiado el MUV como método orientado hacia la visualización, no ha sido aplicado aún en el ambiente académico donde se desarrolla este trabajo.

Entonces, el problema se formula de la siguiente manera:

¿El uso del MUV en el proceso de desarrollo de un sistema de información web hidrogeológico permite mejorar la comprensión de la información por parte del usuario?

¿Qué técnicas y herramientas de visualización son apropiadas para el desarrollo de un sistema web de visualización de información hidrogeológica?

Como respuesta a esta situación problemática, utilizando el MUV, se desarrolló un Sistema Web de Visualización de Información Hidrogeológica, a nivel de prototipo, que permite gestionar las actividades exploratorias (perforaciones) llevadas a cabo en la provincia de Santiago del Estero, visualizando y administrando información geológica, hidráulica, química y geográfica. Debido a que el usuario debe ingresar grandes magnitudes de datos correspondientes a las perforaciones que se realizaron en los últimos tiempos, se buscó representarlos gráficamente sin afectar el campo visual y su proceso cognitivo, respetando las normas internacionales de representación de sedimentos.

El conjunto de datos mapeados visualmente durante el proceso de excavación, ya sea aplicando una o más técnicas, permitiría al usuario disponer y manipular las distintas abstracciones para realizar su tarea de análisis, comparación y comprensión de la información del dominio [8].

## **I.2. ANTECEDENTES DE SISTEMAS UTILIZADOS EN HIDROGEOLOGIA**

En relación a la propuesta de trabajo, se realizó una investigación exploratoria basada en bibliografía y publicaciones web de orden nacional e internacional. A partir de estos se presenta una breve descripción de los proyectos, software y sistemas de visualización más relevantes, indicando bondades, aportes e inconvenientes.

### **RockWorks [9]**

Software de manejo, análisis y visualización de datos geológicos. Proporciona herramientas integradas para la administración de datos de perforaciones. Éste facilita el ingreso de datos, como ser: litología/estratigrafía observada, contactos, geofísica o mediciones geoquímicas, niveles de agua, fracturas y registros de verticalidad de perforaciones. Como se observa en la Fig. 1.1, RockWorks ofrece numerosas opciones para el análisis de los datos del subsuelo, y acepta diferentes tipos de datos, tales como la estratigrafía, litología, los datos cuantitativos, intervalos de color y datos de la hidrología y de los acuíferos.

También realizan tareas estándar como crear mapas de contornos y mapas del sitio, elegir la estratigrafía con base en la litología observada, y generar secciones bidimensionales y diagramas tridimensionales.

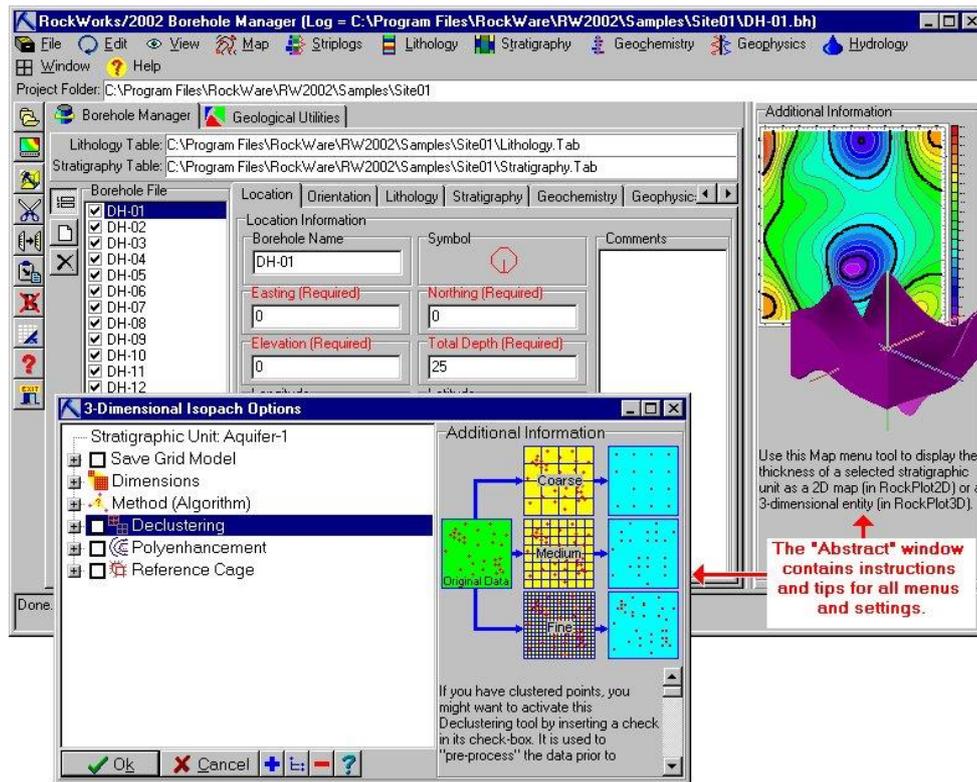


Figura 1.1. Visualizaciones de análisis litológico de RockWorks [9].

### Hydro GeoAnalyst [10]

Software para el manejo e interpretación de los datos de agua subterránea, perforación, e hidrogeológicos. Pertenece a la nueva generación de software integrado de gestión de datos y visualización de aguas subterráneas.

Hydro GeoAnalyst integra muchas funciones tales como, sistema de transferencia de datos, editor de consultas, gestor de mapas SIG, editor de secciones transversales en 2d, explorador 3d, gestor de plantillas, editor de informes, entre otras. Como se puede observar en la Fig. 1.2, se muestra un análisis del perfil litológico de la perforación.

Facilita el diseño de estructura de datos, plantillas de diagráffas de pozos y estilos de elaboración de informes. Además posibilita ampliar el alcance, tamaño y estructura de la base de datos en cualquier punto del proyecto.

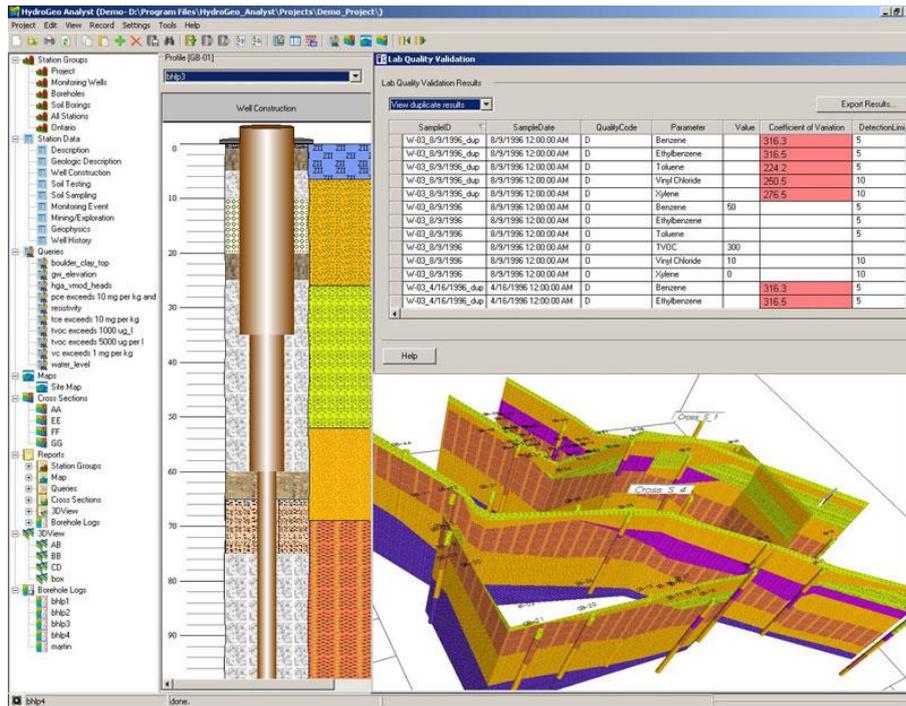


Figura 1.2. Hydro GeoAnalyst, análisis del perfil litológico [10].

### GeoVisionary [11]

El Servicio Geológico del Estado Illinois (ISGS por sus siglas en idioma inglés), división del Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos Naturales (INRS) de la Universidad de Illinois, inició el proyecto de desarrollar un programa de cartografía tridimensional completamente informatizado.

GeoVisionary, permite la visualización en alta resolución de los tipos de datos espaciales que se utilizan generalmente en proyectos de cartografía geológica, incluyendo modelos de elevación y las fotografías aéreas e imágenes satelitales de alta resolución (ver Fig. 1.3). Asegurando que los conjuntos de datos para grandes regiones, pudieran ser manejados sin cargar todo en la memoria RAM, y a su vez permitir la interacción en tiempo real con los datos. Además, consta de una interfaz de programación de aplicaciones (API) la cual permite desarrollar nuevas personalizaciones directamente en GeoVisionary.

Sin embargo, una de sus limitaciones es la resolución de las imágenes satelitales, debido a la amplia gama de escalas espaciales en las que trabaja el sistema.

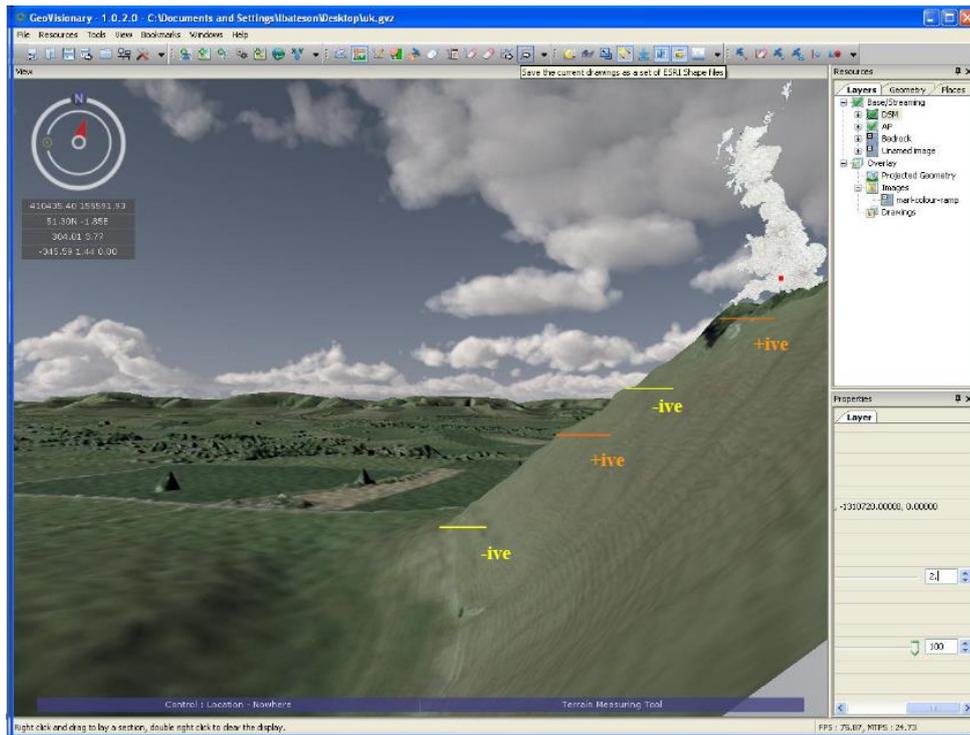


Figura 1.3. GeoVisionary, imágenes satelitales de alta resolución [11].

## OneGeology [12]

La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) en colaboración con otras organizaciones internacionales como los servicios geológicos de los cinco países nórdicos (Noruega, Dinamarca, Finlandia, Islandia y Suecia) y especialistas en Ciencias de la Tierra de 79 naciones, lanzan el proyecto OneGeology para producir el primer mapa geológico digital del planeta.

Este proyecto hace lo mismo que Google Earth con los mapas de la superficie terrestre, pero con las rocas que hay bajo nuestros pies. Crea una dinámica de datos de mapas digitales geológicos para el mundo. Este proyecto global permite que todas las naciones compartan sus mapas geológicos con el público (ver Fig. 1.4). La Red se ha hecho accesible para todas las naciones independientemente de su grado de desarrollo de modo que todas puedan participar y beneficiarse.

Sin embargo, el objetivo de una escala detallada de todo el globo es complejo. La información sobre las rocas de la Tierra no siempre está actualizada, ni interrelacionada, ni disponible en algunas partes del mundo.

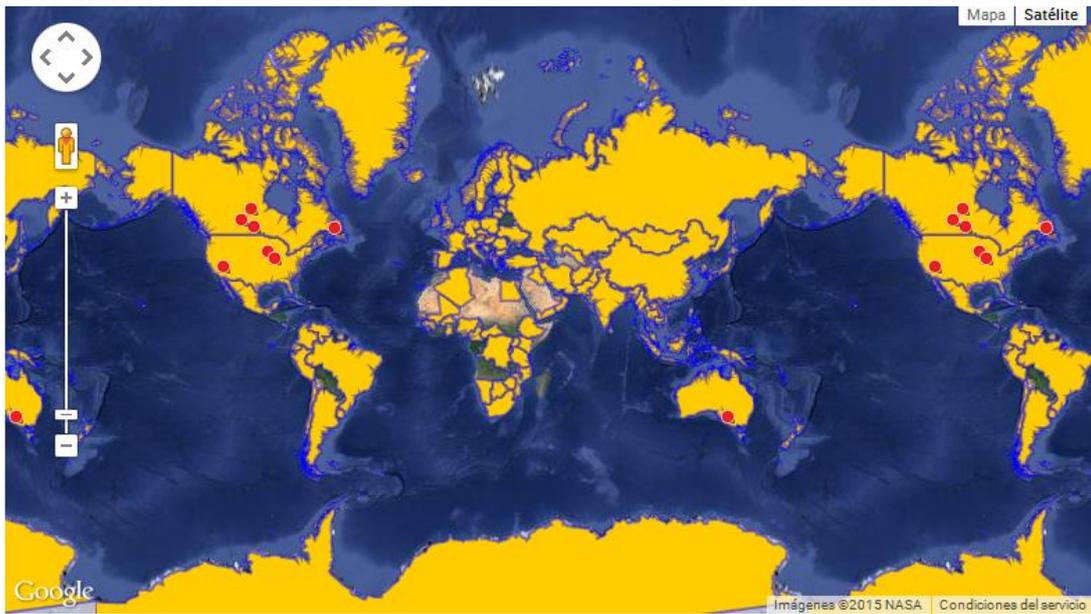


Figura 1.4. Mapa interactivo generado por OneGeology [12].

### Mapa Interactivo de Buenos Aires [13]

Desarrollada por la Unidad de Sistemas de Información Geográfica (USIG) perteneciente a la Dirección General de Desarrollo de la Agencia de Sistemas de Información (ASI) del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires entre Marzo de 2009 y Noviembre de 2010.

Es un sistema capaz de incorporar toda la información disponible y susceptible capaz de ser representada cartográficamente a partir de una plataforma informática que ofrece, además, diversas herramientas de análisis, consulta y administración de datos a los diferentes sectores de la ciudad.

De esta manera, el servicio prestado por la USIG permite que el usuario interactúe con la información cartográficamente representada a partir de la visualización, consulta y análisis espacial de los datos (ver Fig. 1.5). La información que integra el mapa interactivo proviene de las distintas áreas responsables de cada dato, teniendo éstas, la posibilidad de definir la forma de compartir la información con otros organismos.

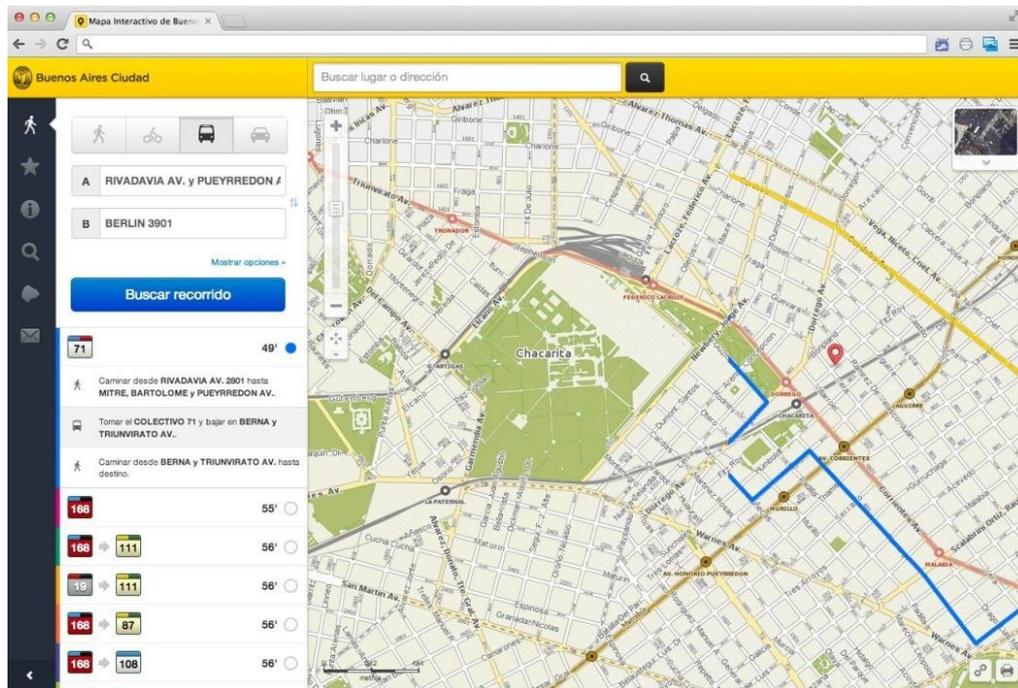


Figura 1.5. Mapa Interactivo de Buenos Aires [13].

Una restricción que presenta el sistema, es que se limita únicamente a la localización de eventos u objetos, analizando la proximidad y su distribución dentro de un barrio o comuna de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Tanto RockWorks como Hydro GeoAnalyst son software para la administración de datos geológicos, en general. Ambos software pueden ser implementados por el Departamento Académico de Geología y Geotécnica, sin embargo representan un cierto costo su utilización y mantenimiento. Por otro lado GeoVisionary, OneGeology y Mapa Interactivo de Buenos Aires, son sistemas o proyectos de visualización limitados a un cierto campo de aplicación por lo que no se pueden implementar en el Departamento académico.

### **I.3. OBJETIVOS**

Objetivo general:

- Optimizar la comprensión de la información hidrogeológica mediante el uso del MUV en el desarrollo de un sistema de información web.

Objetivos específicos

- Determinar el conjunto de datos obtenidos por las exploraciones hidrogeológicas que se visualizarán en el sistema.

- Analizar las interacciones necesarias para facilitar la comprensión de la información por parte del usuario a partir de la visualización.
- Explorar y definir las técnicas apropiadas para la visualización de información hidrogeológica teniendo en cuenta las funcionalidades que mejoren el sistema perceptual humano.
- Definir el grado de comprensión logrado por el usuario con el prototipo, utilizando métodos cuali-cuantitativos.

Se aclara que en el propuesta original de trabajo final se usó el término *interpretación* en lugar de *comprensión*. Esto se debe a que, al desarrollar la etapa de Investigación Exploratoria, se advirtió que el término adecuado es *comprensión* (ver apartado II.5 del Capítulo 2).

#### **I.4. ALCANCE**

Utilizando el MUV y las técnicas de visualización, se llevó a cabo el desarrollo de un prototipo de visualización de datos hidrogeológicos en una interfaz web. Con este prototipo se buscó facilitar la comprensión de la información científica.

Para el desarrollo del sistema se empleó software libre; tanto en lo que se refiere a los componentes de la aplicación en sí y a los servicios que la conforman, como a las herramientas y tecnologías utilizadas en los ambientes de desarrollo. Además, se emplearon las técnicas visuales de interacción como ser zoom semántico, zoom geométrico.

El prototipo de Sistema de Visualización de Información permite publicar la información descriptiva de las perforaciones realizadas en Santiago del Estero, principalmente las características hidrológicas, químicas, físicas, e incluso la ubicación geográfica. Asimismo, permite al usuario interactuar con la información cartográfica de las perforaciones a partir de la visualización, consulta y análisis espacial de los datos. Dicha interacción es posible realizar desde el navegador de Google Chrome y Firefox, independiente del sistema operativo.

En fin, se desarrolló un prototipo interactivo para la visualización de la información de las perforaciones, con el cual se busca facilitar la comprensión de la información hidrogeológica. Este prototipo, a diferencia de los sistemas tradicionales, ofrece la

posibilidad de seleccionar parte de la información disponible, aquella que se desea mostrar u ocultar, la elección de la simbología que mejor representa los elementos a mapear, y la posibilidad de visualizar áreas sin cambiar la escala o, por el contrario, visualizar la información en distintas escalas.

## **I.5. METODOLOGIA DEL PROYECTO**

A continuación se describen las actividades, agrupadas en etapas, que se llevaron a cabo para cumplir con los objetivos del proyecto. Por cada etapa se detallan las actividades desarrolladas, las técnicas e instrumentos utilizados y los estados alcanzados. En general, las etapas de este proyecto se basan en la estructura propuesta en el MUV (ver Capítulo II).

### **Etapa 1: Investigación Exploratoria**

Objetivo: Desarrollar un marco teórico robusto en las áreas de Visualización e Hidrogeología.

Los principales temas que se investigaron son:

- Software de representación gráfica de datos hidráulicos, físicos, químicos y ubicación geográfica de excavación.
- Bibliografía sobre conceptos hidrogeológicos, entre ellos:
  - Descripción litológica de los sedimentos.
  - Normas ISO, simbología internacional.
  - Análisis hidráulico.
  - Características físico-químicas de los acuíferos.

Actividades:

Se realizó una investigación bibliográfica y de antecedentes acerca de los temas mencionados. Además se hicieron consultas a profesionales del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de la FCEyT de la UNSE.

Técnicas: Entrevistas a especialistas, búsquedas web, catalogación.

## **Etapa 2: Recolección de Datos**

**Objetivo:** Determinar el conjunto de datos crudos, necesarios para aplicar las transformaciones del MUV a partir de los aspectos más importantes de las excavaciones hidrogeológicas.

**Actividades:**

Para construir el conjunto de datos crudos, se reunió a un grupo de especialistas en sesiones de trabajo, se intercambiaron conceptos referentes a las actividades de exploración y explotación realizadas en Santiago del Estero. Con los datos obtenidos se definieron las entidades, relaciones y atributos que intervienen en las representaciones (con estos datos se confeccionó un Diccionario de Datos para una mejor interpretación de los términos utilizados) que debía generar el Prototipo de Visualización de Información Hidrogeológica. Además, se analizaron los software sugeridos por los especialistas (RockWorks y Hydro GeoAnalyst). Se emplearon casos de uso para capturar el funcionamiento deseado del sistema en desarrollo, como así también los modelos de clase para visualizar las relaciones de los casos de usos entre las clases del sistema.

**Técnicas:** Entrevistas a especialistas, análisis funcional de software similar, diccionario de datos, casos de uso, modelos de clases.

## **Etapa 3: Transformación de Datos crudos a Datos abstractos**

**Objetivo:** Determinar el conjunto de datos abstractos.

**Actividades:**

A partir de múltiples sesiones de trabajo con el profesor Asesor se seleccionó qué datos se iban a visualizar, obtenidos tanto de fuentes de datos externas como de otros proyectos de visualizaciones. Estos datos fueron agrupados en un formato manejable. En función de las sesiones de trabajo, se generaron los metadatos. Agrupando los datos en subconjuntos y obteniendo los derivados de los existentes.

**Técnicas:** Entrevistas a especialistas.

#### **Etapa 4: Transformación de Datos Abstractos a Datos a Visualizar**

Objetivo: Definir qué es lo que se quiere visualizar en una determinada instancia (sin preocuparse aún del cómo).

Actividades:

En esta etapa se presentó al usuario los datos abstractos que se visualizarían en cada instancia del prototipo, con lo cual se buscó realizar una selección, proyección y filtrado de los datos abstractos. En función de lo expresado por el usuario, se generó un nuevo conjunto perteneciente al estado de Datos a Visualizar, manteniendo para todos ellos el mismo conjunto de Datos Abstractos.

Técnicas: Entrevistas a los usuarios y gráficos en papel o diapositivas.

#### **Etapa 5: Transformación de Mapeo de Visualización**

Objetivo: Lograr un mapeo expresivo y efectivo.

Actividades:

Se construyeron múltiples mapeos, representando todos los datos pertenecientes al conjunto de Datos a Visualizar. En diferentes entrevistas, se expusieron las representaciones gráficas propuestas. Dependiendo de la manera en que la representación visual fue percibida por el usuario, se seleccionó cómo se visualizarán los datos y cuándo.

Es una transformación netamente interactiva, en la cual el usuario define cómo quiere visualizar sus datos.

En esta etapa se definió:

- Cuáles son las estructuras visuales adecuadas.
- Qué atributos se mapearán espacialmente y cómo.
- Qué elementos visuales se utilizarán y con qué atributos gráficos.

Técnicas: gráficos en papel y mapeo.

## **Etapa 6: Transformación de Visualización**

Objetivo: Obtener la representación visual, a partir de las técnicas seleccionadas por el usuario.

Actividades:

Durante esta transformación se generaron las representaciones visuales en pantalla según lo obtenido en los datos mapeados visualmente. Como para un determinado conjunto de datos mapeados visualmente pueden existir varias técnicas que lo soporten, se expusieron las representaciones, debiendo el usuario optar por algunas de ellas para obtener de esta manera los datos visualizados.

Se mostraron en un entorno web las representaciones visuales generadas para esta etapa, pudiendo acceder a ellas con diversos navegadores.

Herramientas de desarrollo:

- Norma ISO 710 para la visualización de datos hidrogeológicos [7].
- Herramienta de Programación para la Visualización:
  - Bibliotecas de funciones (Google Apis, Chart Amchar, YUI build, Highcharts 3)
  - Lenguaje de Programación Web(PHP, MYSQL, JavaScript)

Técnicas: técnicas orientadas al mapeo de datos geográficos espaciales, entre ellas técnica basado en iconos, regiones y líneas.

## **Etapa 7: Implementación del prototipo y medición cualitativa de la comprensión de la información por parte del usuario**

Objetivo: Evaluar la comprensión del usuario utilizando el prototipo.

Actividades:

Implementación de software y capacitación del uso del prototipo a alumnos y docentes del Departamento Académico de Geología y Geotécnica. Estimación de la comprensión de la información por parte del usuario mediante observación directa y cuestionarios.

Técnicas: observación directa, encuesta basadas en cuestionarios cerrados.

### **Etapa 8: Análisis de resultados y conclusiones**

Objetivo: Analizar los resultados obtenidos sobre la estimación de la comprensión de la información y comprobar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Actividades:

A partir de la recolección de datos realizada en la etapa anterior, se realizó un análisis de la variable comprensión. Se obtuvieron conclusiones acerca de la relación existente entre un sistema de información hidrogeográfico basado en visualización y la optimización de la comprensión de la información. Asimismo, se reflexionó y se elaboraron conclusiones respecto al uso del MUV en el desarrollo de sistemas hidrogeológicos.

Técnicas: Gráficos de torta/columnas, síntesis.

### **Etapa 9: Redacción del Informe Final**

Objetivo: Comunicar a la comunidad científica académica los resultados obtenidos.

Se redactó el presente informe sobre el desarrollo de todo el proyecto, resaltando los modelos, las técnicas de visualización, como así también la aplicación del MUV en la Hidrogeología [14], el desarrollo del prototipo del sistema de información hidrogeológica y los resultados obtenidos.

Técnicas: redacción de textos, síntesis, catalogación, elaboración de gráficos, entre otras.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

---

### **II.1. INTRODUCCIÓN**

En este marco teórico se proporciona una descripción sobre la visualización, su relación con los procesos cognitivos, memoria de trabajo, insight y las ocho variables de visualización.

Este trabajo se concentró en el estudio de la visualización y las ocho variables visuales, ya que permiten al usuario optimizar la comprensión (durante el proceso cognitivo) mediante el uso de imágenes cuidadosamente diseñadas. Como una gran parte del procesamiento de las imágenes ocurre en paralelo y a nivel pre-consciente en el cerebro. Entonces, es que se utiliza a la visualización, como una ayuda externa para aumentar la memoria de trabajo.

Entre los grandes desafíos que posee la visualización está el insight, que hace referencia al proceso de transformar los datos en información (comprensión, insight) haciendo, de esta manera, que sea útil para el usuario.

Lograr una comunicación eficaz de una imagen gráfica, es decir que no sea mal interpretada, se consigue cuando se alcanza una percepción rápida y una fácil memorización de la información representada. Esto se consigue con la ayuda de las ocho variables visuales. Las cuales permiten transcribir las diferentes relaciones, de orden o de proporcionalidad existen entre los datos. Entre las denominadas variables visuales se encuentran: posición, forma, tamaño, brillo, color, orientación, textura y movimiento.

En fin, en este capítulo, se tratan estos aspectos, porque se busca que para un determinado conjunto de datos, se pueda establecer qué variables visuales, permiten al usuario explorar y obtener insight.

## II.2.VISUALIZACIÓN

Se define a la visualización, como la comunicación de información a través de representaciones gráficas. Las imágenes se han utilizado como un mecanismo de comunicación desde antes de la formalización del lenguaje escrito. Una sola imagen puede contener una gran cantidad de información, y pueden ser evaluadas mucho más rápido que una página. Esto es debido a que la interpretación de imágenes se realiza en paralelo en el sistema perceptivo humano, mientras que la velocidad de análisis de texto está limitada por el proceso secuencial de lectura. Las imágenes también pueden ser independientes del idioma local, como un gráfico o un mapa (ver Fig. 2.1) que pueden ser entendidos por un grupo de personas que no tienen lenguaje en común [6].

Se entiende por Visualización como la acción de representar mediante imágenes ópticas fenómenos de otro carácter, o al acto de formar en la mente una imagen visual de un concepto abstracto.

También se define como la acción de imaginar con rasgos visibles algo que no se tiene a la vista.

En general, es la acción de transmitir la información por medio de representaciones visuales.

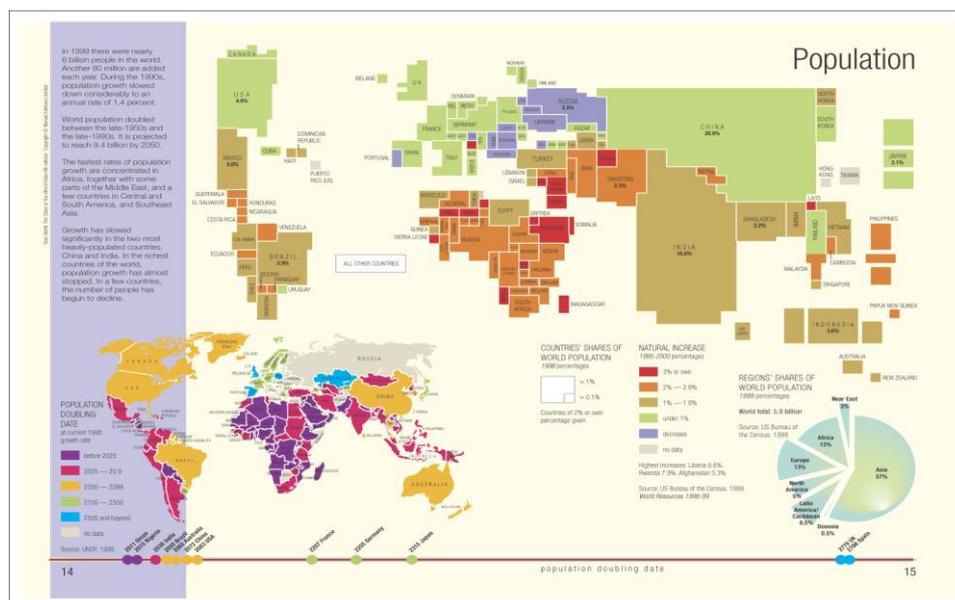


Figura 2.1. Representación Visual de un mapa [6].

La visualización hace referencia simultáneamente a un fenómeno cognitivo y a una acción práctica. En el primer caso, la visualización se define como la capacidad de formar mentalmente imágenes visuales de conceptos abstractos. En este sentido, visualizar consistiría en “ver” con la mente estructuras ocultas a nuestros sentidos. En el segundo caso, la visualización es entendida como la acción de representar gráficamente fenómenos no visibles. Por lo tanto, visualizar puede referirse tanto a una acción mental como a una acción práctica, tanto a la capacidad de pensar visualmente acerca de datos que no son visibles, como al proceso de representarlos gráficamente.

La palabra Visualización está definida en el diccionario como una imagen mental. La Visualización mediante una computadora tiene un sentido más específico que se refiere a hacer que estados complejos del comportamiento de los datos sean comprensibles al ser humano. Por lo tanto, la meta de la Visualización es transformar la información original en información más significativa, a partir de la cual el observador humano puede ganar en comprensión.

En un principio, esto se realizaba mayormente a través de imágenes; sin embargo la definición sugiere la formación de una imagen mental que no es necesaria o solamente está relacionada al campo visual de una persona. Hay una variedad enorme de aportes sensitivos que pueden favorecer la formación de una imagen mental para obtener así un mayor insight en la información, es decir, la asimilación rápida de información o el monitoreo de grandes volúmenes de datos [15].

Una visualización debe proveer también un conjunto de interacciones a partir de las cuales el usuario explorará el conjunto de datos con una mínima carga cognitiva

La tecnología computacional actual permite la exploración de grandes volúmenes de información. Por un lado, esta situación es extremadamente útil y excitante pero, la creciente cantidad de información genera una sobrecarga cognitiva llegando a un punto de ansiedad. Mientras que el poder computacional ha crecido en forma exponencial, la habilidad para interactuar con dichos datos solo se ha incrementado en forma lineal.

La visualización es el proceso por el cual se crea una representación visual interactiva a partir de un conjunto de datos. Una visualización exitosa provee una representación que permite ganar insight de los datos o comunicar aspectos de los mismos de manera efectiva.

La visualización es clave en las ciencias y las ingenierías y es utilizada con amplios propósitos.

Una visualización tiene como objetivo describir, analizar y explorar un conjunto de datos [16].

Con el avance de la tecnología disponible y el crecimiento del área de Visualización, constantemente aparecen nuevas técnicas de visualización dotadas con las interacciones correspondientes. La investigación en Visualización se ha centrado principalmente en una diversidad de técnicas que faciliten la obtención del *insight* de diferentes tipos de datos [17].

El principal objetivo de la Visualización es la representación perceptual adecuada tanto de los datos con parámetros múltiples como de las tendencias y las relaciones subyacentes que existen entre ellos. Su propósito no es la creación de las imágenes en sí mismas sino el *insight*, es decir, la asimilación rápida de información o monitoreo de grandes cantidades de datos. La Visualización es parte de los nuevos medios, hechos posible gracias al desarrollo de la visualización en los sistemas de tiempo real [18].

### **II.3. PROCESOS COGNITIVOS**

La visualización es un proceso cognoscitivo, propio del ser humano, que está vinculado con la cultura del sujeto: historia, ideología, tradiciones, costumbres, valores, etc. Asimismo se puede referenciar que la visualización no está solamente relacionada con la ilustración, sino también es reconocida como una componente clave del razonamiento (profundamente unida a lo conceptual y no meramente a lo perceptivo), a la resolución de problemas e incluso a la prueba [19].

El proceso cognitivo, es aquel proceso psicológico relacionado con el atender, percibir, memorizar, recordar y pensar, constituyen una parte sustantiva de la producción superior del psiquismo humano. Si bien son el resultado del funcionamiento del organismo como un todo, suponen la especial participación de ciertas áreas cerebrales, filogenéticamente recientes, que muchas veces se encargan de organizar e integrar las funciones de otras regiones más arcaicas.

El proceso cognoscitivo es la relación que existe entre el sujeto que conoce y el objeto que será conocido y que generalmente se inicia cuando este logra realizar una representación interna del fenómeno convertido en objeto del conocimiento.

La visualización entonces, trata con el funcionamiento de las estructuras cognitivas que se emplean para resolver problemas, con las relaciones abstractas que formulamos entre diversas representaciones de un objeto matemático, a fin de operar con ellas y obtener un resultado.

Los procesos cognitivos se dividen en los procesos cognitivos básicos o simples y los procesos cognitivos superiores o complejos, en este caso solo tendremos en cuenta los procesos cognitivos básicos.

Procesos cognitivos básicos o simples:

- **Sensación:** La sensación es el efecto inmediato de los estímulos en el organismo (recepción del estímulo) y está constituida por procesos fisiológicos simples. Se trata de un fenómeno fundamentalmente biológico. Muy controvertido y con múltiples acepciones en el pensamiento filosófico y psicológico. En general, se refiere al impacto de los estímulos externos e internos en los receptores sensoriales y a la primera etapa de reconocimiento por el cerebro, básicamente preatentiva que se correlaciona con la memoria sensorial de los modelos de procesamiento de la información. Para que se produzca la sensación, las estimulaciones externas deben ser transmitidas y transformadas en vivencias. Esta función la realizan los órganos de los sentidos (sistemas aferentes).
- **Percepción:** organización e interpretación de la información que provee el ambiente, interpretación del estímulo como objeto significativo. Los hechos que dan origen a la percepción no están fuera de nosotros, sino en nuestro sistema nervioso. La percepción implica la integración simultánea de diferentes señales y ello implica aprendizaje y maduración. Las bases fisiológicas y psicológicas para la organización perceptiva están presentes al nacer, pero la experiencia visual es necesaria para mantenerlas funcionales y permitir su desarrollo. Las experiencias sensoriales no se desarrollan en forma aislada: se experimenta el cambio del mundo visual en parte como resultado de los propios movimientos.

- **Atención y concentración:** La atención es la capacidad de seleccionar la información sensorial y dirigir los procesos mentales. La concentración es el aumento de la atención sobre un estímulo en un espacio de tiempo determinado, por lo tanto, no son procesos diferentes. En condiciones normales el individuo está sometido a innumerables estímulos internos y externos, pero puede procesar simultáneamente sólo algunos: los que implican sorpresa, novedad, peligro o satisfacción de una necesidad.
- **Memoria:** La memoria es la facultad que permite traer el pasado al presente, dándole significado, posibilitando la trascendencia de la experiencia actual, y proveyéndolo de expectativas para el futuro. A nivel colectivo, la historia es la memoria de la humanidad. Intenta ser veraz y científica, pero el pasado siempre es interpretada. El lenguaje permite alterar o conservar la memoria grupal. Es la herencia que el pasado dejó al presente y que determina el futuro. Los seres humanos inventan instrumentos para mantener la memoria del grupo, que en definitiva es la cultura: monumentos, documentos, rituales, etc [5].

#### **II.4. MEMORIA DE TRABAJO**

La memoria es la facultad que permite a la persona traer el pasado al presente, dándole significado, posibilitando la trascendencia de la experiencia actual, y proveyéndolo de expectativas para el futuro [5].

**Existen 3 tipos de memorias (ver Fig. 2.2), la primera es la Memoria Sensorial**, abarca varios tipos de memoria (se relacionan con su fuente sensorial), consiste en representaciones de estímulos sensoriales brutos, por lo que sólo tiene sentido si se transfiere a la Memoria de Corto Plazo (o de trabajo), donde se le asigna sentido y se le procesa para poder retenerla al largo plazo. **La segunda es la memoria de corto plazo (MPC)**, es menos completa que la sensorial y menos precisa. Se puede retener siete elementos, o paquetes de información con variaciones de más/menos, dos paquetes. Un paquete (bit) es un grupo significativo de estímulos, que pueden almacenarse como una unidad, en la MCP. El tiempo en que los paquetes, cualesquiera sean sus características, pueden permanecer en la MCP, no es muy largo (15 a 25 seg), y se pierde a menos que se le transfiera a la MLP. Y por última esta la **Memoria de Largo Plazo (MLP)** su capacidad es prácticamente ilimitada. La dificultad reside en la recuperación, para lo cual la información debe ser organizada y catalogada.

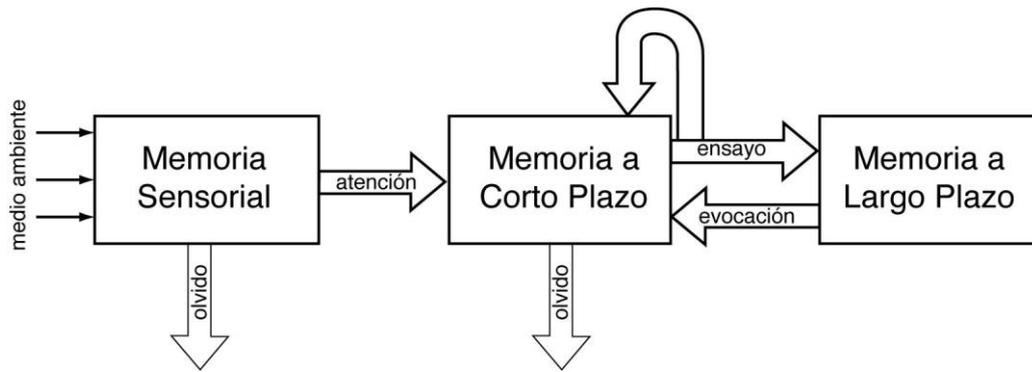


Figura 2.2. Descripción gráfica de cómo trabajan las diferentes tipos de memorias de trabajo [5].

### **II.5. INSIGHT**

El “Insight” es un concepto ampliamente utilizado por los psicólogos cognitivos y no cognitivos para explicar fenómenos de aprendizaje, resolución de problemas, mejoras en terapia, etcétera. Sin embargo, se ha creído conveniente por parte de la comunidad científica dejar sin traducción este término, debido a las dificultades que plantea, ya que no posee un equivalente al idioma español.

Hay notables diferencias entre el concepto “insight” anglosajón y su traducción al español. Mientras que en su versión inglesa, el “insight” hace referencia al discernimiento y la comprensión intelectual o al conocimiento de una habilidad, en su traducción española “sólo” hace referencia a unos agudos sentidos o a un ingenio, lo cual parece una definición vaga y no muy delimitada de la idea de la palabra que se pretende representar en inglés.

Desde el comienzo de la vida, los seres humanos experimentan momentos de reflexión, insight, en el que una cierta idea o solución se vuelve tan claro para ellos como nunca antes. Sin embargo, un problema es que éste momento de claridad es altamente impredecible y complejo en la naturaleza, y muchos científicos han investigado diferentes aspectos de su proceso de generación con la esperanza de capturar la esencia de este momento de iluminación.

Muchas áreas científicas se han propuesto aclarar el concepto de insight. Como resultado, varias características han surgido en los últimos años, algunos más relevantes que otros en la comprensión de la serie de procesos que convergen para crear un momento de iluminación.

El insight puede ser visto como un proceso de dos fases. Durante una primera fase, un sujeto intenta explorar sistemáticamente el espacio de posibles soluciones a la tarea. Si este

método no da resultados en un plazo determinado, se logra un callejón sin salida que puede manifestarse en forma de frustración. La gente trata de superar este impasse de una manera subconsciente que se basa en la relajación de las restricciones del problema o acercarse a ella de una manera no convencional, pensar fuera de la caja. Si el cambio en la representación mental del problema es exitoso, se llega a la segunda fase, el impasse se supera, y el proceso subconsciente ofrece de repente y de forma inesperada a la persona con un pedazo de información en una idea.

Los estudios sugieren que la presencia de los conocimientos previos sobre el problema o tareas, así como el conocimiento de una o varias soluciones posibles o patrones, puede interferir con el procesamiento inconsciente que conduce a una visión. El conocimiento previo reducido sólo se suma a la imprevisibilidad de este concepto, que es una de sus características esenciales derivados de la complejidad de las actividades mentales. El insight se considera en términos de coincidencia de patrones, donde la mente está tratando de establecer un ajuste aproximado entre el conjunto de los patrones actuales y experiencias anteriores. Como así también, en términos de anticipación: donde la mente reconoce (información esperada) y se da cuenta (información inesperada).

Además del campo de la psicología, diversos estudios de medicina y neurociencia cognitiva se han centrado en la fijación de los procesos y la actividad cerebral en el momento de insight. La mayor parte de estas tecnologías de imágenes cerebrales empleadas, como la electroencefalografía y la resonancia magnética, para observar los patrones de activación cerebral de sujetos mientras resuelven una amplia gama de problemas relacionados con el insight. Se pidió a los participantes resolver problemas específicos de insight, adivinanzas visuales y lógicas, y anagramas. Algunos de estos problemas, como anagramas, se utilizan debido a que su solución puede lograrse en al menos de dos formas: a través de una búsqueda consciente y sistemática del espacio de la posible solución o a través del discernimiento repentino que aparece repentinamente en la mente consciente. Los experimentos concluyeron que las tareas que implican la resolución de problemas a través de insight activan ciertas partes del cerebro humano, que conduce a la posibilidad de detectar cuando un sujeto experimenta un momento de iluminación, y esto se distingue simplemente al encontrar una solución basada en una búsqueda sistemática.

Con los años, los investigadores se han centrado en la definición de insight y de su importancia para la visualización. Lo más destacado, la visión se define como el propósito

de la visualización, por el cual las representaciones e interacciones con éxito deben medirse el objetivo final. Pero ¿cómo se puede medir algo tan impredecible y multifacético como el insight?

La mayoría de los enfoques de la comunidad visualización intentan definir insight de una manera objetiva, cuantitativa, con atributos como el tiempo, la complejidad, el valor de dominio, la profundidad, la incertidumbre, la imprevisibilidad, la corrección, y otros. La atención se centró en ocasiones en un tema en particular, como la cartografía, para investigar la aparición de insight cuando se trabaja con un cierto tipo de representación.

Sin embargo, en muchas publicaciones, el foco se desplaza rápidamente hacia la importancia del insight para la evaluación de visualizaciones (ver Fig. 2.3). Si el insight es el propósito de toda la visualización, entonces también debe ser la medida por la que se determina la calidad y funcionalidad de visualizaciones. Actualmente, esto se logra en la mayoría de los casos por los experimentos de rendimiento y precisión en las tareas de referencia restrictivas. Lamentablemente, este tipo de tareas restrictivas a menudo introducen sesgos o capturan sólo el rendimiento de un determinado tipo de tarea sin dar respuestas sobre el rendimiento de otro [20].

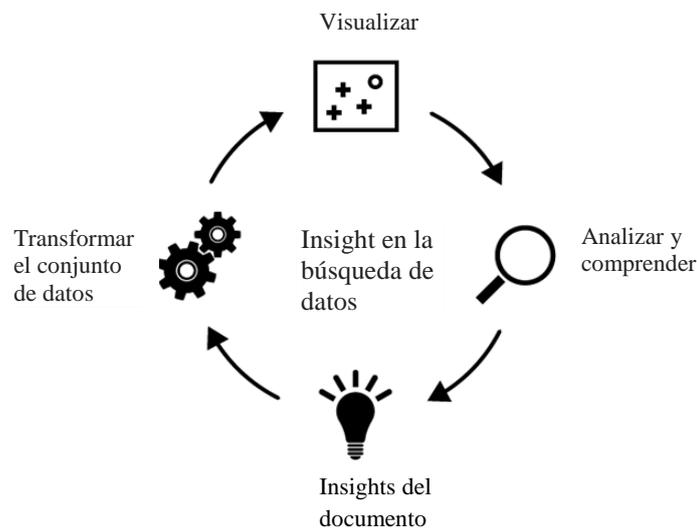


Figura 2.3. Proceso Insights, en búsqueda del conocimiento [20].

En la ciencia cognitiva, el término insight se ha utilizado para nombrar al proceso por el cual un solucionador de problemas de repente se mueve de un estado de sin saber cómo resolver un problema a un estado de saber resolverlo.

Con lo dicho hasta ahora, en el campo de la visualización de información el Insight se define, como un momento de iluminación, es un avance en el conocimiento. Es decir, un proceso por el cual el solucionador del problema, se mueve repentinamente de un estado en el cual no conoce cómo resolverlo, a un estado en el que si conoce la solución del problema [21].

Hasta aquí se puede decir que la visualización tienen tres grandes objetivos: describir, explorar, y analizar los datos, en función de descubrir o amplificar conocimiento. En otras palabras, obtener el insight es uno de los propósitos fundamentales. Esto nos lleva a buscar definir, qué se obtiene en el “Insight”, comprensión, entendimiento o ambos.

En primer lugar, comprensión e interpretación son consideradas equivalentes. No obstante, la traducción académica tiende a distinguir comprensión e interpretación y trata de establecer una división.

La comprensión respondería a la pregunta ¿qué dice? y se evalúa por la confrontación con el texto fuente y por procedimientos que buscan reencontrar “la imagen” del texto: preguntas locales o globales deberían permitir reencontrar elementos, proporcionar equivalentes (sinonimia, reformulación, resumen), es decir, establecer una similitud macro o micro estructural. La interpretación, en cambio, respondería a otras preguntas: ¿qué quiere decir?, o ¿qué quiere decir el autor? ¿Cómo “dice” (el texto o el autor)? ¿Cómo está construido el texto para que se lo comprenda así?

Por lo tanto, se establece, que cuando se habla de obtener Insight en realidad se busca que mediante la visualización, generada por el prototipo, se proporcione al usuario, de manera repentina, una respuesta a una situación determinada. La cual permita la comprensión o solución de ésta situación, requiriendo estrategias de afrontamiento o esquemas cognitivos distintos a los que ya poseía el sujeto anteriormente, provocando a su vez que el usuario descubra una perspectiva adicional y no anteriormente conocida de la situación.

## **II.6. PERCEPCIÓN HUMANA Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Hay muchas definiciones y teorías relacionadas con la percepción. La mayoría definen a la percepción como el proceso de reconocimiento, organización y la interpretación de la información sensorial. La percepción en los sentidos humanos se genera con las señales del entorno a través de la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto. La visión y la audición son los sentidos más conocidos. En pocas palabras, la percepción es el proceso mediante el cual se interpreta el mundo que nos rodea, formando una representación mental del medio ambiente. Esta representación no es isomorfa al mundo, sino que es objeto de muchas diferencias correspondencia y errores. El cerebro hace suposiciones sobre el mundo para superar la ambigüedad inherente a todos los datos sensoriales, y en respuesta a la tarea en cuestión [6].

Las representaciones visuales de los objetos son a menudo mal interpretadas, ya sea porque no se ajustan al sistema perceptivo, o porque están destinados a ser mal interpretadas. Las ilusiones son una fuente principal de tales interpretaciones erróneas. Las Fig. 2.4 que muestra dos figuras sentadas, que dan sentido a un nivel más abstracto superior, pero aún inquietante, en una inspección más cercana, estos asientos no son realizables y en la Fig. 2.5 se presenta la ilusión de Cuatro  $\neq$  tres. Al igual que en la Fig. 2.4, este objeto tendría un problema en construcción (hay cuatro tablas a la izquierda y tres a la derecha) resaltan la incapacidad para notar problemas visuales, excepto en lectura más detallada. Los dibujos son objetos físicamente no realizables.



**Figura 2.4.** Las dos figuras representan un nivel abstracto, que llevan a una interpretación errónea [6].



**Figura 2.5** Ilusión de Cuatro  $\neq$  tres, en donde parecen tres tablas pero son cuatros [6].

Estas ilusiones se deben a la estructura del sistema perceptual, y los supuestos realizados sobre una imagen o escena. Para entender este proceso e identificar su estructura, primero se debe medir lo que vemos y luego desarrollar modelos que explican los resultados medidos. Estos modelos también deberían ayudar a explicar las ilusiones.

Hay dos enfoques principales para el estudio de la percepción. Uno se refiere a las medidas, y el otro con modelos. Ambos están vinculados. Las medidas pueden ayudar en el desarrollo de un modelo, ya su vez, un modelo deben ayudar a predecir los resultados futuros, que luego pueden ser medidos para validar el modelo [6].

Hasta aquí se hizo referencia el inicio y el final del proceso de visualización, es decir, la obtención de datos en la computadora, y, en el lado humano, cómo la percepción y la cognición ayudan a interpretar las imágenes.

## **II.7. LAS OCHO VARIABLES VISUALES**

La aplicación de gráficos para comunicar la información requiere una comprensión de las gráficas primitivas y sus propiedades. En su mayor parte, todas las gráficas primitivas se denominan marcas. Una forma de codificar los datos para su visualización es mapear los diferentes valores de los datos de diferentes marcas y sus atributos. Sin embargo, las marcas por sí mismas no definen pantallas informativas, ya que todas las marcas harían ocultar todas las marcas previamente dibujadas; es sólo a través de la disposición espacial de las marcas que se crean pantallas informativas. El posicionamiento de las marcas dentro de un espacio de exhibición proporciona un medio para mapear o mostrar propiedades adicionales de los datos subyacentes, incluyendo la similitud y las distribuciones. Las marcas pueden variar en tamaño, se pueden visualizar los diferentes colores, y se pueden asignar a diferentes orientaciones, todos los cuales pueden ser accionados por datos para transmitir información.

En total hay ocho maneras en las que los objetos gráficos pueden codificar la información, es decir, ocho variables visuales: la posición, forma, tamaño, brillo, color, orientación, textura y movimiento [6]. Estas ocho variables se pueden ajustar según sea necesario para maximizar la eficacia de una visualización para transmitir información. No obstante, al definir una visualización, es importante recordar que el resultado será una imagen que ha de ser interpretada por el sistema visual humano y que está sujeto a todas las normas de percepción.

A continuación se describen las ocho variables.

**Posición:** La primera y más importante variable visual es la posición, la colocación de los gráficos representativos dentro de un cierto espacio de visualización, ya sea uno, dos, o tres dimensiones. Posición tiene el mayor impacto en la pantalla de información porque la disposición espacial de los gráficos es el primer paso en la lectura de una visualización. En esencia, la maximización de la propagación de gráficos en todo el espacio de visualización maximiza la cantidad de información comunicada, en algún grado. La pantalla de visualización con el peor esquema de posicionamiento caso los mapas en donde todos los

gráficos se encuentran en la misma posición; en consecuencia, sólo el último gráfico elaborado se ve, y poca información se intercambia. El mejor esquema de posicionamiento mapea cada gráfico a posiciones únicas, de manera de que todos los gráficos se pueden ver sin solapamientos. Es interesante para la pantalla de la computadora estándar con un valor de resolución de 1.024 por 768, el número máximo de píxeles individuales es sólo 786.432; por lo tanto, si cada representación de datos se asigna a un píxel único, todavía no somos capaces de mostrar un millón de valores. Y puesto que la mayoría de los gráficos utilizados para representar los datos ocupan considerablemente más lugar visual que un solo píxel, el número real de las marcas que se pueden visualizar disminuye rápidamente. Pantallas de ejemplo se muestran en la Fig. 2.9 y 2.10.

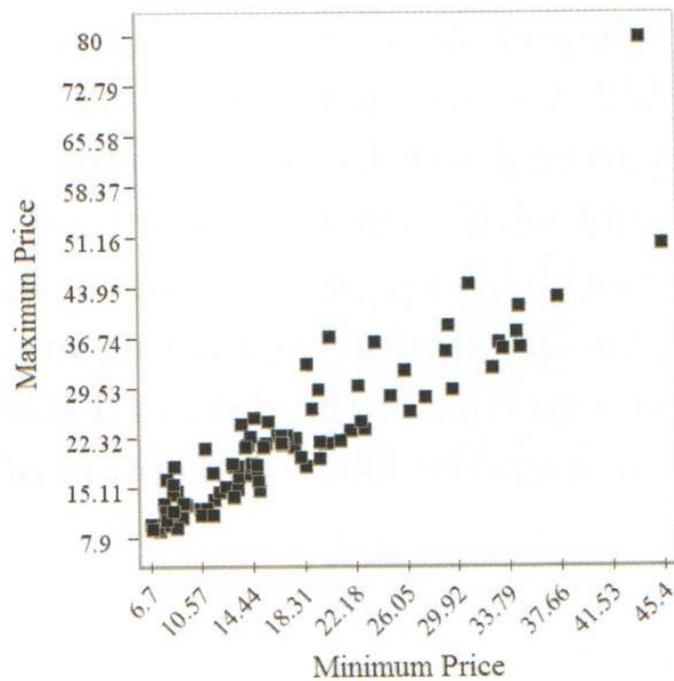


Figura 2.9. Precio mínimo en comparación con el precio máximo para los coches con un modelo del año 1993 [6].

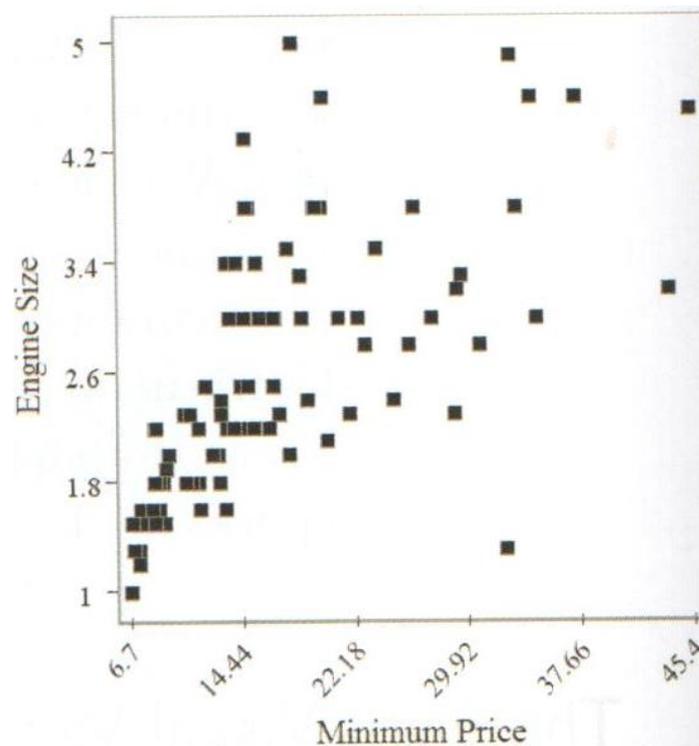


Figura 2.10. Precio mínimo con el tamaño del motor para el conjunto de datos de 1.993 [6].

Ejemplo de Visualizaciones: En la Fig. 2.9 utilizando la posición para transmitir información. Se muestra el precio mínimo en comparación con el precio máximo para los coches con un modelo del año 1993. La propagación de puntos parece indicar una relación lineal entre el precio máximo y mínimo; En cambio en la Fig. 2.10 se compara un conjunto diferente de variables. Esta cifra se compara con el precio mínimo al tamaño del motor para el conjunto de datos de 1.993 coches. A diferencia de la Fig. 2.9, no parece haber una fuerte relación entre estas dos variables.

**Marca:** La segunda variable visual es la marca o forma: puntos, líneas, áreas, volúmenes, y sus composiciones. Las marcas son gráficas primitivas que representan datos. Por ejemplo, las dos visualizaciones en la Fig. 2.11 y 2.12 utilizan el punto por defecto para mostrar los valores individuales. Cualquier objeto gráfico se puede utilizar como una marca, incluyendo símbolos, letras y palabras (ver Fig. 2.11). Cuando se trabaja exclusivamente con las marcas, es importante no tener en cuenta diferencias en los tamaños, tonos de intensidad, o la orientación, ya que estos son variables visuales adicionales que se describirán más adelante.

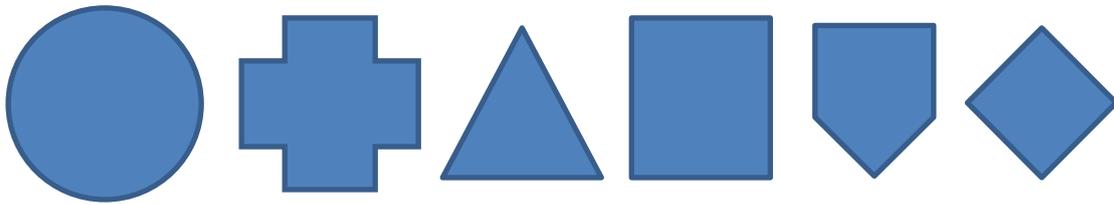


Figura. 2.11. Varios ejemplos de diferentes marcas o glifos que se pueden utilizar [6].

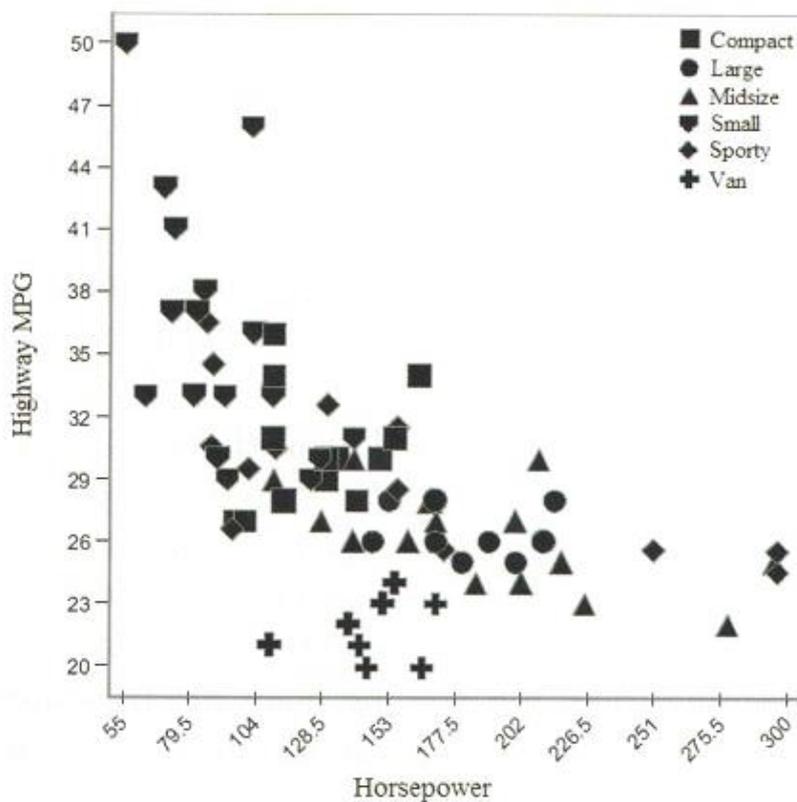


Figura 2.12. Comparación de MPG en carreteras y caballos de fuerzas, con las marcas de la Fig. 2.11 [6].

Al utilizar las marcas, es importante tener en cuenta lo bien que una marca puede diferenciarse de otras marcas. Dentro de una sola visualización no puede haber cientos o miles de marcas a observar; Por lo tanto, nosotros no tratamos de seleccionar las marcas que son muy similares. Por ejemplo, se muestra un conjunto de marcas que ofrece una fácil lectura en la Fig. 2.11 y se utiliza en un gráfico de dispersión en la Fig. 2.12. El objetivo es ser capaz de distinguir fácilmente entre diferentes marcas rápidamente, manteniendo al mismo tiempo una visión del conjunto del espacio de datos proyectados. Asimismo, las

diferentes formas de marca en una visualización determinada deben tener un área y complejidad similares, para evitar destacar visualmente una o más de ellas sin darse cuenta.

**Tamaño** (longitud, área y volumen): Las dos variables visuales anteriores, la posición y las marcas, se requieren para definir una visualización. Sin estas dos variables no habría mucho que ver. Las variables visuales restantes afectan a la forma en que se muestran las representaciones individuales.

La tercera variable visual y primera propiedad gráfica es el tamaño. El tamaño determina cuán grande o pequeño se dibujará una marca (ver Fig. 2.13). El tamaño en un mapa es una variable de datos que se maneja en intervalos y son continuas, porque esa propiedad admite incrementos graduales en un rango. Y mientras que el tamaño también se puede aplicar a los datos categóricos, es más difícil distinguir entre las marcas de tamaño similar, y por lo tanto el tamaño sólo puede apoyar en las categorías principales.

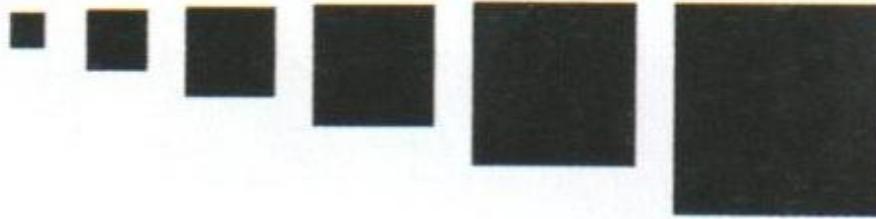


Figura 2.13. Tamaños para codificar datos [6].

Un problema de confusión con el uso del tamaño es el tipo de marca. Para los puntos, líneas y curvas la utilización del tamaño funciona bien, el tamaño proporciona una medida relativamente cuantificable de cómo se relacionan con las marcas, como se ilustra en la Fig. 2.14. Sin embargo, cuando las marcas se representan con los gráficos que contienen una superficie suficiente, los aspectos cuantitativos de la caída de tamaño, y las diferencias entre las marcas se vuelve más cualitativa.

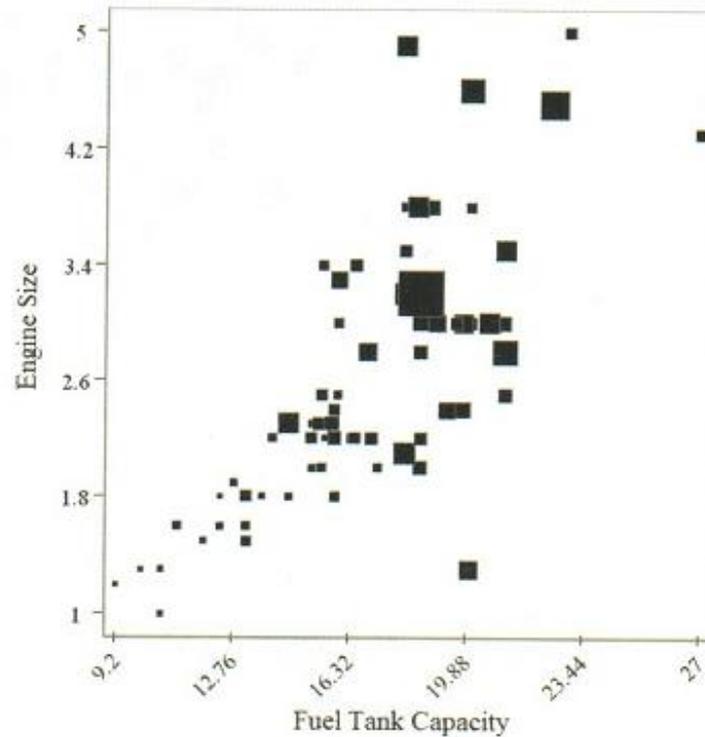


Figura 2.14. Tamaño del motor frente la capacidad del tanque [6].

Visualización del 1993 representa un conjunto de modelos de datos perteneciente a los coches, mostrando el tamaño del motor frente a la capacidad del tanque de combustible. En donde el tamaño del signo se asigna según el precio máximo de la carga.

**Brillo:** La cuarta variable visual es el brillo o luminancia. El brillo es la segunda variable visual utilizada para modificar las marcas para codificar las variables de datos adicionales. Si bien es posible utilizar el rango numérico completo de valores de brillo, la percepción humana no puede distinguir entre todos los pares de valores de brillo. En consecuencia, el brillo se puede utilizar para proporcionar la diferencia relativa en grandes intervalos y las variables de datos continuos, o para la distinción de una marca exacta en las marcas dibujadas utilizando una escala de brillo de la muestra reducida, como se muestra en la Fig. 2.15. Además, se recomienda que se utilice una escala de brillo perceptualmente lineal, que defina una escala de brillo a base que maximiza las diferencias percibidas.



Figura 2.15. Escala de brillo para los valores de mapeo a la pantalla [6].

**Color:** La quinta variable visual es el color. Mientras el brillo afecta cómo se muestran los colores blanco o negro, que no es en realidad el color. El color puede ser definido, por dos parámetros, tono y saturación. Fig. 2.10 muestra la selección de color de Microsoft con el matiz en el eje horizontal y la saturación en el eje vertical. Tono ofrece lo que la mayoría piensa del color: como la longitud de onda dominante del espectro visual. La saturación es el nivel de tonalidad relativa a gris, y conduce la pureza del color que se mostrará y que especifican la relación entre rangos de los valores y valores de color. Mapas de colores son útiles para el manejo de ambas variables de datos de intervalo y continuas desde un mapa de colores se define generalmente como un rango continuo de valores de tono y saturación, como se ilustra en la Fig. 2.16 y 2.17. Cuando se trabaja con los datos categóricos o intervalo con muy baja cardinalidad, es generalmente aceptable para seleccionar manualmente colores para los valores de datos individuales, que se seleccionan para optimizar la distinción entre los tipos de datos.

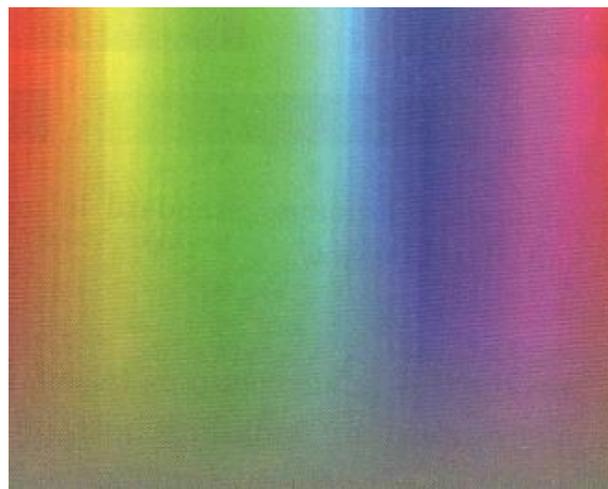


Figura 2.16. Microsoft mezcla de tono/selección del color en saturación [6].



Figura 2.17. Mapa de colores que se puede utilizar para codificar una variable de datos [6].

**Orientación:** La sexta variable visual es la orientación o la dirección. La orientación es un principal componente gráfico detrás de la figura en la pantalla con iconos, y directamente ligado a la visión preatentivo. Este establecimiento gráfico describe cómo se gira una

marca en relación con una variable de datos. Claramente, la orientación no se puede utilizar con todas las marcas; por ejemplo, un círculo tiene el mismo aspecto bajo cualquier rotación. Las mejores marcas para el uso de orientación son los que tienen un solo eje natural; las exposiciones gráficas simétricas alrededor de un eje principal. Estas marcas pueden mostrar toda la gama de orientaciones.



Figura 2.18. La orientación de los signos [6].

Por ejemplo, la Fig. 2.18 muestra una marca que se parece a un triángulo alargado, que define claramente un solo eje mayor. Si bien esta cifra limita el rango o la orientación de 90 grados, esta marca podría asignar fácilmente a todo el círculo de 360 grados, tal como se utiliza en campos de flujo.

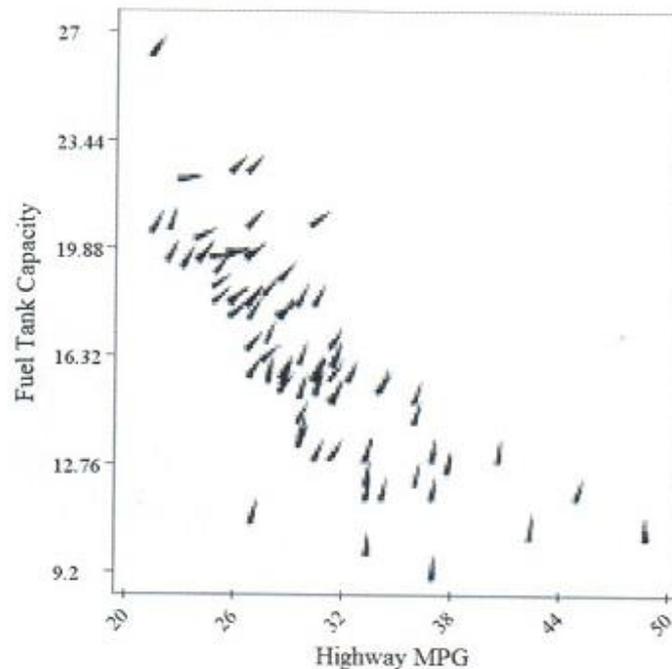


Figura 2.19. Visualización que utiliza las marca basado en triángulos [6].

La Fig. 2.19 muestra los modelos de automóviles de 1993, representando el consumo de galones de gasolina por los miles de autos que recorren la autopista, versus la capacidad

del tanque de combustible (representada por la posición) con variable adicional como ser el precio representado por la orientación.

**Textura:** La séptima variable visual es la textura. Textura se puede considerar como una combinación de muchas de las otras variables visuales, incluyendo marcas (elementos de textura), color (asociado a cada píxel en una región de textura), y la orientación (transmitido por los cambios en el color). Trazos y líneas de puntos, que constituyen algunas de las texturas de las características lineales, pueden diferenciarse fácilmente, siempre que sólo un pequeño número de tipos distintos existan. Variando el color de los segmentos o puntos también puede ser percibido como una textura.

Textura es más comúnmente asociado con un polígono, una región o superficie. En 3D, una textura puede ser un atributo de la geometría, tal como con crestas de altura variable, la frecuencia, y la orientación. Del mismo modo, puede estar asociado con el color de la entidad gráfica, con variaciones regulares o irregulares en el color con diferentes rangos y distribuciones (véanse las Fig. 2.20 y 2.21). De hecho, texturas geométricas se pueden emular fácilmente con texturas de color, con variaciones de color similares a los obtenidos a través de efectos de iluminación. Finalmente, la distribución y orientación pueden formar regiones de textura.

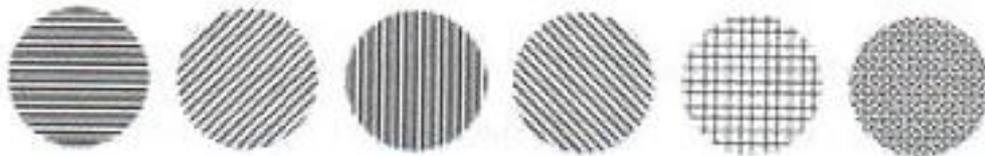
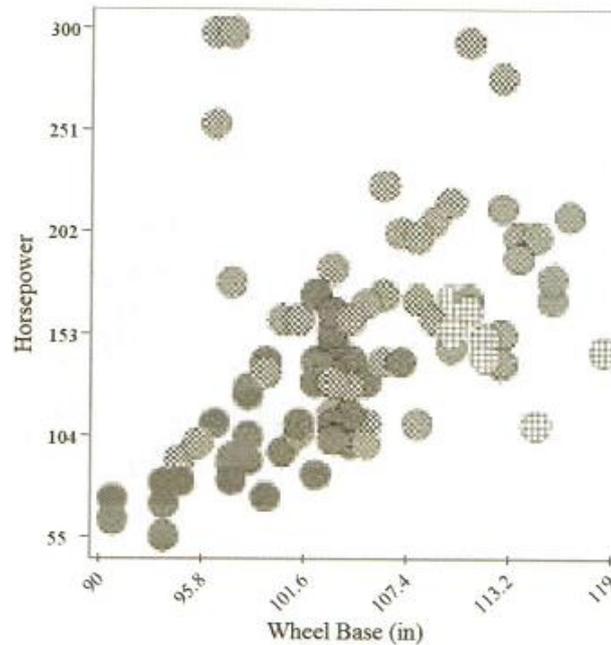


Figura 2.20. Seis posibles texturas de ejemplo que se podrían utilizar para identificar diferentes valores de datos [6].



**Figura 2.21.** Texturas del grafico anterior representando la relación entre distancia y caballos de fuerzas de los coche de 1993 [6].

Ejemplo de visualización de un conjunto de modelos de datos utilizando la textura para proporcionar información adicional de los coche en el 1993, que muestra la relación entre la distancia entre ejes en comparación con caballos de fuerza (posición) en relación con los tipos de automóviles, representados por diferentes texturas.

**Movimiento:** La octava variable visual es el movimiento. De hecho, el movimiento puede estar asociado con cualquiera de las otras variables visuales, ya que la forma en que una variable cambia con el tiempo puede transmitir más información. Un uso común de movimiento está en la variación de la velocidad a la que se está produciendo un cambio (por ejemplo, cambio de posición o intermitente, que se puede ver como el cambio de la opacidad). El ojo se dibuja a entidades gráficas basadas no sólo en las similitudes en el comportamiento, sino también en los valores extremos. El otro aspecto de movimiento es en la dirección; para la posición, esto puede ser hacia arriba o abajo, izquierda o derecha, en diagonal, o básicamente cualquier pendiente, mientras que para otras variables puede ser ángulos más grandes o más pequeños, más brillantes, más empinadas o menos profundas, y así sucesivamente [6].

### **III.1. EL PROCESO DE VISUALIZACIÓN**

El proceso de visualización involucra dos cuestiones: los datos disponibles para mostrar y el tipo de información que el usuario espera ver en la pantalla. Los datos disponibles pueden provenir de diversas fuentes y su estructura puede ser simple o compleja. Por otra parte, el usuario puede desear usar los datos para diversos fines: para explorar cuestiones de interés, para confirmar una hipótesis, para presentar tendencias (u otros resultados de análisis de información) ante una audiencia, etc.

Para visualizar datos se requiere definir un mapeo desde los datos disponibles hasta la visualización en pantalla.

La visualización en pantalla hace referencia a las interfaces de usuario, las cuales consisten de componentes que deben ser presentados, controlados, ingresados, analizados, computados. El proceso de visualización provee mecanismos que permiten transformar los datos y tareas de las interfaces de usuario en formatos más visuales e intuitivos que facilitan las tareas del usuario.

Esto significa que los valores o los atributos de los datos se usan para definir objetos gráficos (puntos, líneas y formas) y sus atributos (tamaño, posición, orientación y color). Por ejemplo, una lista de números pueden ser mapeados a coordenadas xy.

Otro componente importante del proceso de visualización es la inclusión de controles de interacción. Se habilita al usuario para personalizar, modificar y refinar visualizaciones hasta que logran su objetivo.

La visualización a menudo es parte de un proceso más amplio, que puede ser el análisis exploratorio de los datos, el descubrimiento de conocimiento o la analítica visual.

La visualización en la exploración de datos se utiliza para transmitir información, descubrir nuevos conocimientos, e identificar las estructuras, patrones, anomalías, tendencias y relaciones.

El proceso que parte de los datos hasta generar una imagen, visualización o modelo, mediante una computadora, se conoce como pipeline -una secuencia de etapas que

pueden ser estudiadas de forma independiente en términos de algoritmos, estructuras de datos y sistemas de coordenadas. Estos pipelines son diferentes para gráficos, visualización y descubrimiento de conocimiento. Pero tienen algo en común: todos parten de los datos y terminan con el usuario [6], como se muestra en la Fig. 3.1.

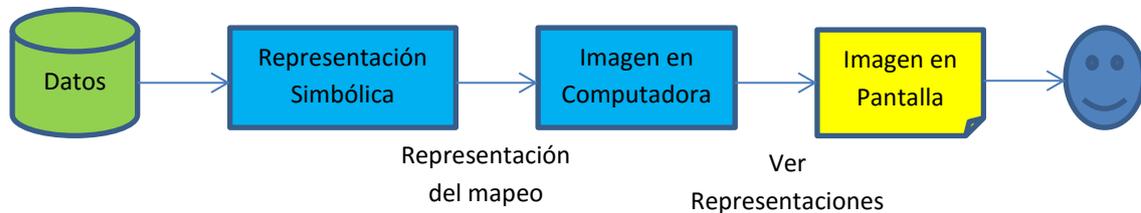


Figura 3.1: Características del Proceso de visualización [6].

Los procesos de visualización abarcan una amplia gama de dominios de aplicación. De allí surgen los distintos campos de la disciplina. Si bien el objetivo común es la obtención de representaciones visuales interactivas con el propósito de ampliar la adquisición y el uso del conocimiento. Según la naturaleza y características de la información a visualizar se puede hablar de:

- Visualización Científica: Tiene como característica la visualización de datos científicos, típicamente datos físicos. El sustrato espacial se encuentra presente en los datos a visualizar. Dentro de este campo a su vez se distinguen:
  - Visualización de Volúmenes: Representación, manipulación y rendering de datos volumétricos.
  - Visualización de Flujos: Representación, manipulación y rendering de datos vectoriales y tensoriales.
- Visualización de Software: Incluye la visualización de algoritmos y de programas (datos y código). Usualmente se distingue entre:
  - Visualización de Algoritmos: Visualización de las estructuras de alto nivel que caracterizan a un software. Enfoque básicamente pedagógico.
  - Visualización de Programas: Visualización del código y de los datos reales de un programa. Enfoque centrado en herramientas de la ingeniería de software.
- Visualización de Información: Visualización de datos abstractos, no basados en lo físico. Los datos no poseen un mapeo espacial inherente [4].

### III.2. MODELO UNIFICADO DE VISUALIZACIÓN

El Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, propone el MUV. El cual, surge de la necesidad de contar con un modelo del proceso de visualización que permitiera describir las transformaciones y modelar los estados intermedios de los datos, para poder orientar a los operadores y favorecer así el entendimiento de las posibles interacciones [17].

Este modelo consiste en un único enfoque en el cual tanto los procesos como los estados de los datos sean aplicables a cualquier visualización independiente del campo de origen. En este modelo quedan explícitamente representadas las operaciones provistas, los operando sobre los que se pueden aplicar, conjuntamente con la secuencia de transformaciones propias del proceso. Este modelo constituye un marco conceptual en el que se pueden definir las interacciones necesarias, pudiéndose determinar sobre *quién* se opera, *qué* resultados se obtienen y *cómo* impacta sobre el proceso general.

El proceso de visualización es interpretado como una transformación de los datos en una representación visual; es decir un proceso cognitivo en el cual el usuario tiene que poder interactuar para lograr el objetivo buscado.

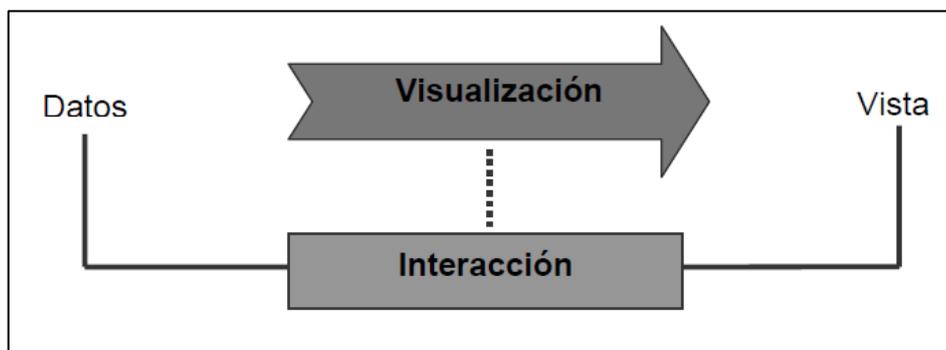


Figura 3.2. El proceso de visualización [4].

A partir de lo definido se describen las transformaciones y los modelos de los estados intermedios de los datos, para poder enfocarnos sobre los operadores o sobre los operando favoreciendo así los entendimientos de las interacciones posibles.

Es un modelo de estados representado como un flujo entre los distintos estados que van asumiendo los datos a lo largo del proceso. En el esquema planteado, los nodos representan los estados de los datos y las aristas, las transformaciones necesarias para pasar de un

estado al próximo. El modelo consiste en cinco estados y cuatro transformaciones que permiten pasar de un estado al próximo (ver Fig. 3.3).

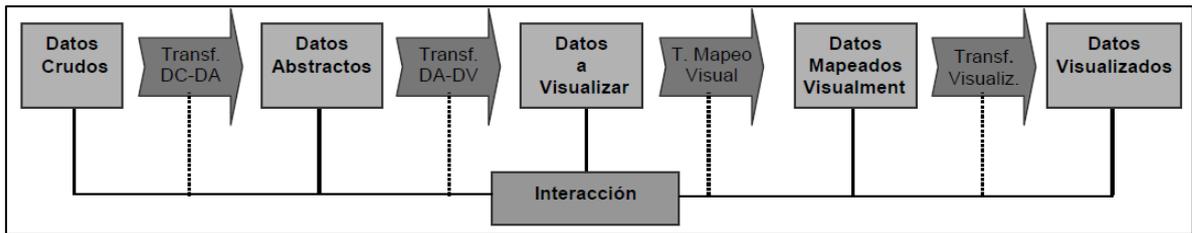


Figura 3.3. Modelo Unificado de Visualización [4].

Se puede describir entonces el modelo en términos de los estados y las transformaciones como mostramos en el siguiente cuadro

### III.2.1. Los estados de los datos

A lo largo de todo el proceso los datos van sufriendo transformaciones desde su estado en el dominio de aplicación hasta llegar a obtener una representación visual de los mismos.

La distinción entre los estados mostrados no siempre obedece a diferencias estructurales sino también a los diferentes roles que cumplen dentro de la secuenciación del proceso total. En algunos casos, la distinción sólo tiene como justificativo la representación conceptual de un determinado estado, siempre teniendo como objetivo la consistencia con el modelo conceptual del usuario.

Como se puede observar en la Fig. 3.3 se distinguen los siguientes estados:

- **Datos Crudos:** Se corresponde con el estado inicial. Si bien la clasificación de los datos es un tema muy amplio, Bertin sugiere dos formas básicas de datos: Valores de Datos y Estructuras de Datos. En otras palabras clasifica los datos en entidades y relaciones. Estos conceptos tienen una larga historia en el diseño de Bases de Datos pero su uso en Visualización es reciente.
  - **Entidades:** Son los objetos de interés que queremos visualizar.
  - **Relaciones:** Las relaciones pueden estar definidas por las estructuras y/o patrones bajo los que se presentan las entidades. Las relaciones pueden estar en forma explícita dentro de los Datos Crudos u obtenerlas puede llegar a ser el objetivo del proceso de visualización. Las relaciones pueden ser físicas, conceptuales o

estructurales. Tanto las entidades como las relaciones poseen propiedades que se expresan en término de sus atributos.

- Atributos: Expresan las propiedades de las entidades y relaciones; no pueden ser pensados en forma independiente. Un aspecto importante a considerar al momento de diseñar una visualización son las características de los atributos a mostrar.

Cuando se refiere a datos crudos se considera que éstos pueden provenir no sólo de fuentes externas, sino que también de visualizaciones previas.

- Datos Abstractos: Es un estado intermedio de los datos, en el que éstos están en un formato manejable pero aún no visualizable. En este estado están todos los datos que el usuario preseleccionó dentro de los Datos Crudos como potencialmente visualizables.

Dentro de este estado se puede tener entonces un subconjunto de los Datos Crudos al cual se le puede haber agregado datos derivados de los existentes o también pueden ser Datos Crudos que se pueden haber mejorado de alguna manera. En síntesis, los Datos Abstractos constituyen el universo visualizable. Cualquier interacción del usuario que exceda a los datos almacenados en este estado demandará una nueva captura de Datos Crudos.

Un aspecto importante a destacar es que en este estado, además de disponer de los datos de interés para el usuario en la forma de datos y conexiones, también se dispone de los metadatos (o datos sobre los datos) generados durante la transformación anterior.

- Datos a Visualizar: Este estado representa un subconjunto de los Datos Abstractos. Está constituido por *todos* los datos que van a ser visualizados de alguna manera. Es un estado que se justifica claramente desde lo conceptual.

Es importante tener en cuenta que para un mismo conjunto de Datos Crudos se pueden tener entonces más de un conjunto de Datos a Visualizar. Estos datos pueden no ser aun directamente visualizables.

- Datos Mapeados Visualmente: Este es el estado previo a la generación de la representación visual. Es el resultado de mapear visualmente los Datos a Visualizar. Los datos contenidos en este estado son directamente visualizables aplicando una técnica que los soporte.

La característica distintiva de este estado es la presencia de un sustrato espacial que directamente pudo haber estado ausente en el estado anterior, precisamente ésta es una de las diferencias básicas entre Visualización de Información y Científica.

*Datos Mapeados Visualmente = Datos a Visualizar + Estructura Visual*

Donde la Estructura Visual está determinada por:

*Estructura Visual = Sustrato Espacial + Elementos Visuales*

*+ Atributos gráficos de los elementos visuales*

Las estructuras visuales son símbolos emplazados en un sustrato espacial y que poseen propiedades gráficas, las cuales son moduladas para codificar información. Ejemplo de estructuras visuales son volúmenes, polígonos, superficies implícitas, íconos, curvas y puntos; por otro lado, entre las propiedades gráficas de éstas se encuentran color, transparencia, textura, forma, tamaño, orientación y posición, siendo algunas más efectivas que otras para la codificación de determinados tipos de datos [22].

En este punto resulta evidente que para un determinado conjunto de Datos a Visualizar pueden coexistir varios conjuntos de Datos Mapeados Visualmente. Esta característica es relevante en el marco de un proceso de exploración del espacio de datos, donde el usuario puede o necesita comparar y analizar distintas maneras de visualizar un mismo conjunto de datos.

- Datos Visualizados: Es el último estado del proceso de visualización. No significa que sea el estado final del proceso cognitivo que está llevando a cabo el usuario, todo lo contrario, constituyen su espacio de exploración. Es muy probable que a partir de una visualización el usuario comience a interactuar para lograr el *insight* de los datos que es el objetivo buscado.

### **III.2.2. Las transformaciones**

Son los procesos que permiten pasar de un estado al próximo, en todos los casos son procesos que forman parte de una aplicación interactiva pudiendo por lo tanto requerir interacción del usuario.

Como se desprende de la Fig. 3.3, se observa que este modelo distingue cuatro transformaciones:

- Transformación de Datos Crudos a Datos Abstractos:

Esta transformación permite transformar los Datos Crudos en Datos Abstractos. Es decir a partir de las fuentes de datos, externas o provenientes de otras visualizaciones, seleccionadas por el usuario deberá generar los Datos Abstractos. Esta transformación puede generar un nuevo conjunto de Datos Abstractos o directamente incorporarlos a un conjunto existente según lo indique el usuario.

- Transformación de Datos Abstractos a Datos a Visualizar:

De todos los datos y relaciones seleccionados por el usuario para la generación de los Datos Abstractos es frecuente que éste sólo quiera visualizar un subconjunto. Esta transformación permite realizar ese trabajo de selección, proyección y filtrado. En función de lo expresado por el usuario se generan nuevos conjuntos pertenecientes al estado de Datos a Visualizar, manteniendo para todos ellos el mismo conjunto de Datos Abstractos. El objetivo último de esta transformación es permitir que el usuario defina qué es lo quiere visualizar en una determinada instancia, sin preocuparse todavía del cómo.

- Transformación de Mapeo de Visualización:

Es una de las transformaciones clave en todo el proceso de visualización. Es una transformación netamente interactiva, y permite definir al usuario cómo quiere visualizar sus datos.

Es la transformación encargada de realizar el mapeo visual, es decir se deben establecer:

- Cuáles son las estructuras visuales adecuadas.
- Qué atributos se mapearán espacialmente y cómo.
- Qué elementos visuales se utilizarán y con qué atributos gráficos.

El objetivo último de esta transformación es lograr un mapeo expresivo y efectivo. Se dice que un mapeo es expresivo cuando son representados todos y absolutamente todos los datos pertenecientes al conjunto de Datos a Visualizar. Por otro lado, la efectividad del mapeo estará dada por la manera en que la representación visual sea percibida por el usuario.

Como puede intuirse, esta transformación no es trivial y gran parte de su éxito depende del conocimiento que se le imprima de las características perceptuales del humano. Es particularmente debido a lo expresado que el usuario debe explorar y comparar distintas alternativas de representación hasta lograr los resultados buscados.

- **Transformación de Visualización:**

Es la transformación encargada de generar la representación visual en pantalla según lo expresado en los Datos Mapeados Visualmente. Para un determinado conjunto de Datos Mapeados Visualmente pueden existir varias técnicas que lo soporten, debiendo el usuario optar por alguna de ellas para obtener de esta manera los Datos Visualizados [4].

### **III.2.3. La interacción**

El proceso de visualización es un proceso que trasciende la mera representación gráfica de los datos. Sus características determinan que el usuario necesite y deba poder interactuar con los datos, sus representaciones intermedias, controlar las transformaciones, manipular las visualizaciones, para poder explorar el espacio de información; como resultado de esa exploración obtendrá, entre otras posibilidades, la confirmación de hipótesis sobre los mismos, el descubrimiento de patrones o determinadas características presentes en los datos analizados.

Una herramienta de visualización debe ser una herramienta lo suficientemente general y flexible como para soportar las necesidades individuales, ofreciendo un esquema de interacción consistente que sea válido independientemente del dominio de aplicación. Esta característica habilita a los usuarios a transferir el conocimiento del uso de la herramienta entre los distintos dominios basándose en un modelo conceptual consistente.

La propia naturaleza del proceso de visualización en el que interactivamente el usuario puede manipular el conjunto de datos y generar una o varias representaciones visuales del mismo, para luego volver a interactuar directa o indirectamente sobre los datos, disparándose de esta manera el proceso de exploración, potencia la aparición de problemas de consistencia. Los problemas de consistencia surgen típicamente luego de las operaciones de selección y filtrado sobre una vista particular, evidenciándose en la incertidumbre de su repercusión en las otras vistas. Este tipo de situaciones son síntomas de modelos mentales incompletos o erróneos, que aumentan la brecha de evaluación de los sistemas. La brecha de evaluación se refiere a la interpretación directa del estado del

sistema en términos de las expectativas e intenciones del usuario. En ocasiones, la semántica de las operaciones es imprecisa, o peor aún, imposible de determinar. Los usuarios frecuentemente no tienen cómo predecir el resultado de sus acciones o no encuentran entre las opciones disponibles la operación que desean o necesitan.

El modelo debe asistir a los usuarios en la evaluación y ejecución de las acciones necesarias para realizar una tarea determinada. Además, en ciertas situaciones de resolución de problemas, los usuarios prefieren enfocarse sobre las operaciones o sobre los operando alternativamente en distintos puntos del proceso.

Por otra parte, la mayoría de los modelos presentados, según la naturaleza y características de la información a visualizar [4], se enfocan en la obtención de una representación visual a partir de un conjunto de datos, soportando en distinto grado las interacciones de los usuarios. Sin embargo, se ha hecho muy poco sobre el proceso de visualización en sí mismo. El MUV, consiste en un modelo que brinda soporte a las interacciones que permiten obtener cada vista, así como cada uno de los estados intermedios de los datos. El modelo brinda también, un marco para la manipulación de distintos conjuntos de datos y sus representaciones visuales, situación que resulta de suma utilidad al momento de analizar o contrastar distintas regiones del espacio de información, o directamente distintos conjuntos de datos. Además, provee el marco conceptual para las sucesiones de transformaciones que llevan a los estados intermedios, así como a las vistas [17].

## **CAPÍTULO IV: MARCO TECNOLÓGICO**

---

A continuación se presentan los conceptos y herramientas necesarias para el desarrollo del sistema de información basado en el MUV. Estas tecnologías están relacionadas con lo descrito en el Marco Teórico.

Se describen las técnicas de visualización y sus taxonomías. Entre las diversas taxonomías disponibles, se consideran: las técnicas de visualización multidimensional, las técnicas de visualización para datos geoespaciales, las técnicas de visualización de datos multivariados, las técnicas relacionadas con el foco + contexto y las técnicas de visualización de bases de datos. Estas taxonomías permiten escoger, de mejor manera, la técnica más conveniente en un área de aplicación. Se consideran estas taxonomías, porque trabajan con datos multiparamétricos, es decir, de más de una variable, y porque permiten referenciar aquellas técnicas de visualización necesarias para el desarrollo del prototipo.

También se presentan en este capítulo las herramientas de programación Web que permiten la implementación de las técnicas de visualización en desarrollos de software concretos, como ser php y mysql.

Además, se exponen una lista de librerías web que facilitan tanto el desarrollo como la implementación de las técnicas [23].

### **IV.1. TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN**

La exploración visual de datos permite al usuario involucrarse directamente en el proceso de selección de los datos. Surge en esta situación la importancia de las técnicas de visualización de información, desarrolladas para apoyar la exploración de grandes conjuntos de datos. Entre las definiciones existentes, se presentan a las técnicas de visualización como:

- medio para manipular las muestras y los datos obtenidos para la visualización [24].
- herramientas preponderantes en el análisis de datos estructurados y no estructurados con variedad dimensional [25].

- soporte para la representación gráfica de los datos y de la interacción del usuario con los datos y el sistema de visualización; donde la interacción con los datos se refiere a la selección de los datos (casos y variables) para ser visualizados. La interacción con la visualización se refiere a la selección de las formas en que se representan los datos, es decir, cambiando los parámetros de visualización [26].

Las técnicas de visualización incrementaron su importancia en los últimos tiempos, debido a la creciente necesidad de exploración y análisis de grandes cantidades de información. Una ventaja, es que permiten una interacción directa con el usuario y proporcionan una retroalimentación inmediata, lo que es difícil de alcanzar cuando el enfoque no es visual. Es por ello, que es cada vez mayor la implementación de las técnicas visuales ya que básicamente, todos los sistemas tratan de incorporar técnicas de un tipo u otro [27].

En el proceso de visualización, es relevante considerar la elección de la mejor técnica para ser utilizada en una determinada aplicación o situación. El uso inadecuado de las técnicas de visualización puede generar resultados insuficientes o incluso erróneos, causados por errores en la representación gráfica.

Cuando se utilizan técnicas de visualización, primero que todo, hay que observar las características relevantes de los datos como: tipo de datos, dimensionalidad (número de atributos) y escalabilidad (número de registros). Las tareas que el usuario pueda realizar durante la exploración de datos, también pueden ser otro factor al decidir sobre una técnica de visualización [28].

## **IV.2. TAXONOMÍAS DE LAS TÉCNICAS VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Una taxonomía es un medio para transmitir una clasificación. A menudo de naturaleza jerárquica, se utilizan para agrupar objetos similares y definir relaciones.

Las actuales técnicas de visualización de datos se pueden clasificar en función de varios factores. En este apartado se presentan las taxonomías más importantes de las técnicas de visualización.

Entre las taxonomías relacionadas con el tipo de datos se encuentra: las técnicas de visualización multidimensional de Daniel A. Keim, donde el autor compara las técnicas de

visualización de acuerdo con sus características de datos, tareas y visualización [29]; las técnicas de visualización para datos geoespaciales, que agrupan aquellas técnicas utilizadas para representar datos que describen objetos o fenómenos del mundo; y las técnicas de visualización de datos multivariados, que agrupa aquellas técnicas que no tienen un atributo espacial explícito.

Por otra parte, se consideran las clasificación de las técnicas relacionadas con el foco + contexto y las técnicas de visualización de bases de datos. Estas técnicas ofrecen al usuario una visión general de los datos y brindar detalles bajo demanda. Dichas clasificaciones surgen por la limitación del tamaño de los dispositivos para representar una cierta cantidad de información, lo que lleva a decidir qué mostrar y cómo mostrar para poder transmitir visualmente la mayor cantidad de información de una manera que sea percible por el usuario [30].

#### **IV.2.1 Técnicas de visualización multidimensionales de Daniel A. Keim**

Keim clasifica las técnicas de visualización de información en base a tres criterios, de acuerdo a: según el tipo de datos a ser visualizado, según la técnica de visualización utilizada, y según el tipo de técnica de distorsión e interacción (como se puede observar en la Fig. 4.1). A su vez el método de interacción / distorsión, clasifica a las técnicas de visualización como los tipos de datos pero sin incluir a las lista de taxonomía.

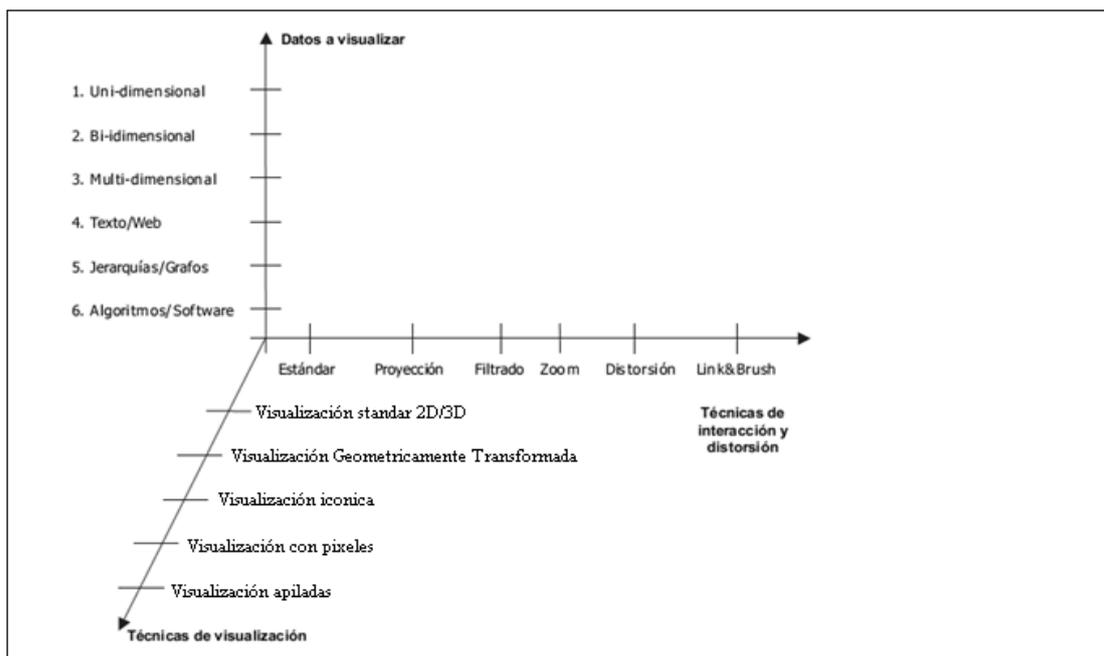


Figura 4.1. Clasificación de las técnicas de visualización de información [23].

### **IV.2.1.1 Tipo de datos a ser visualizados**

En la visualización de información, los datos normalmente constan de un gran número de registros, cada uno compuesto de un número de variables o dimensiones. Cada registro a su vez se corresponde a una observación, medición, o transacción. Ejemplos de estos registros, son las transacciones de comercio electrónico, la salida de un sensor, etc. El número de atributos puede variar de sistema a sistema, un experimento físico por ejemplo, puede ser descrito con cinco variables, mientras que otro puede necesitar de cientos de variables. Este número de variables define la dimensionalidad del conjunto de datos. El conjunto de datos según el número de dimensiones que tiene puede ser de: una dimensión, dos dimensiones, tres dimensiones y multidimensional. A su vez, pueden ser de un tipo de dato más complejo como texto/hipertexto, jerarquías/gráficos, o software/algoritmos [26].

- Datos en una dimensión

Los datos en una dimensión a menudo son resultado de la acumulación de muestras o lectura de un fenómeno mientras se mueve a lo largo de una trayectoria en el espacio. Por ejemplo, en la Fig. 4.2 se representa la relación entre año y el número de trasplantes.

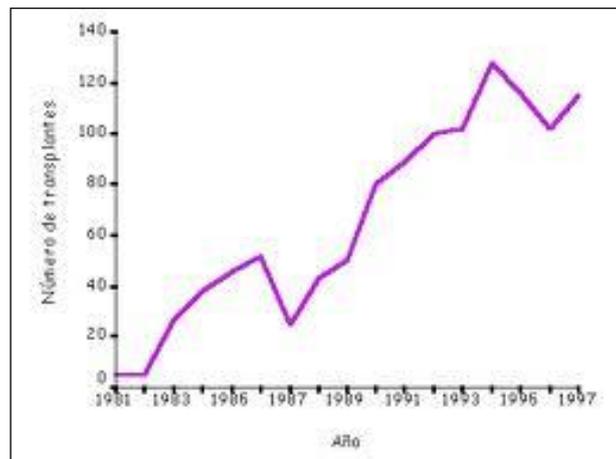


Figura 4.2. Datos en una dimensión [6].

- Datos en dos dimensiones

Los datos con dos dimensiones espaciales consiguen visualizaciones mediante la asignación de los atributos espaciales de los datos a los atributos espaciales de la pantalla. El resultado puede ser una de las siguientes visualizaciones:

a. Una imagen, cuando es solo dato, a cada posición se asigna un color y los píxeles intermedios son coloreados mediante interpolación. En la Fig. 4.3 se observa un ejemplo.

- b. Una hoja, si los datos, ya sea regular o irregularmente espaciados, se asigna la altura de un punto en tres dimensiones, con los puntos de triangulación de manera que se puede formar una superficie.
- c. Un paisaje urbano formado por objetos dibujados en tres dimensiones (en general, cajas) en un plano, donde los datos pueden controlar los atributos de los objetos gráficos (es decir, la altura y el color).



Figura 4.3. Datos en dos dimensiones [6].

- Datos en tres dimensiones

Al igual que con los datos de dos dimensiones, los datos espaciales tridimensionales pueden ser o bien muestras discretas de un fenómeno continuo o una estructura que se describe mejor a través de los vértices, aristas y polígonos. En realidad, muchas visualizaciones de datos científicos y de ingeniería, contienen una combinación de estas representaciones de datos, tales como el flujo de aire alrededor de un ala o atributos de una pieza mecánica. Como ejemplo de datos en tres dimensiones esta la representación de la función seno (ver Fig. 4.4).

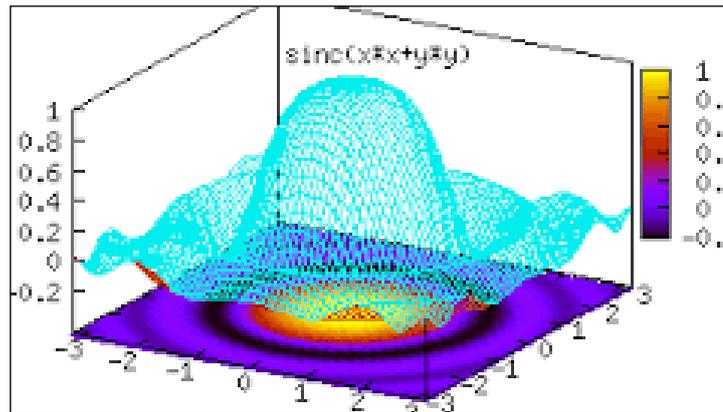


Figura 4.4. Datos en tres dimensiones [6].

- Texto e hipertexto

No todos los tipos de datos se describen en términos del número de dimensiones. En la era de las páginas web, un tipo de dato importante es el texto y el hipertexto, así como los contenidos multimedia. Estos tipos de datos se diferencian en que no se pueden describir fácilmente mediante números y por lo tanto, no se aplican a la mayoría de las técnicas de visualización. En la mayoría de los casos, para utilizar la técnica de visualización, se necesita primero transformar los datos en un vector. Un ejemplo de una transformación sencilla es el conteo de palabra que a menudo se combina con un análisis de componentes vs escalamiento multidimensional para reducir la dimensionalidad de dos o tres.

- Jerarquías y grafos

Los registros generalmente tienen alguna relación con otras piezas de información. Estas relaciones pueden ser ordenadas, jerárquicas, o redes de relaciones arbitrarias. Los grafos, se utilizan para representar tales interdependencias. Un grafo se compone de un conjunto de objetos, llamados nodos, y las conexiones entre estos objetos, llamados aristas o enlaces. Ejemplos de ello, son las interrelaciones de los correos electrónicos, los hábitos de compra, la estructura de archivos del disco duro o los hipervínculos de las páginas Web.

- Algoritmos y software

Otra clase de datos son los algoritmos y software. El objetivo de la visualización de

software es favorecer el desarrollo, para ayudar a comprender los algoritmos (por ejemplo, mostrando el flujo de la información de un programa), mejorar la comprensión del código escrito (mediante la representación de la estructura de miles de líneas de código fuente como grafos), y facilitar al programador la depuración del código (por ejemplo, mediante la visualización de errores).

#### **IV.2.1.2 Clasificación de las técnicas de visualización**

Relacionada con la representación gráfica de los datos, las técnicas de visualización varían dependiendo de la forma en la que los datos se representan y se organizan en la pantalla. Existen cinco clases de técnica de visualización.

- **Visualización estándar en 2D y 3D**

Esta clase comprende las técnicas más populares, eficaces para presentar datos de una, dos y tridimensionales en despliegue estándar de 2D o 3D, por ejemplo: gráfico de barras, gráficos de líneas.

- **Visualizaciones geoméricamente transformadas**

Su objetivo es la búsqueda de transformaciones "interesantes" de los conjuntos de datos multidimensionales. Para ello utiliza las transformaciones y proyecciones geométricas para producir visualizaciones útiles, por ejemplo: paisajes, matrices de dispersión, proyecciones, vistas por sección y coordenadas paralelas.

- **Visualización icónica**

El objetivo de esta técnica es mapear los atributos de dato multidimensional a las características de un icono. Los iconos se pueden definir de forma arbitraria. Por ejemplo pueden ser iconos de agujas, de estrellas, de palillos, de color. La visualización se genera mediante el mapeo de los atributos de cada registro de dato a las características del icono. Un ejemplo de esta técnica se observa en la Fig. 4.5, donde a cada dato se lo representa como un icono.

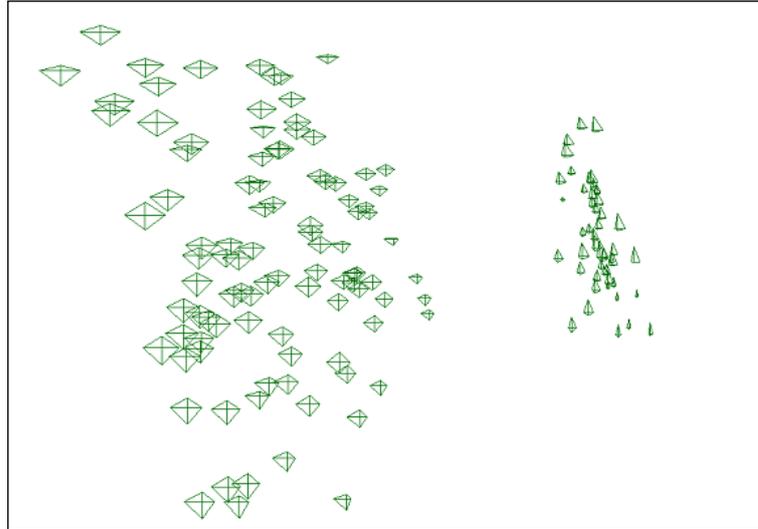


Figura 4.5. Visualización icónica [6].

- **Visualización de la densidad de los píxeles**

La idea básica de la técnica de densidad de píxel es mapear a cada dimensión de un píxel de color y un grupo de píxel a cada dimensión en las zonas adyacentes. Esta técnica, divide la pantalla en múltiples subventanas. Para un conjunto de datos de  $n$  dimensiones (atributos), la pantalla se divide en  $n$  subventanas, una por cada dimensión. Dado que esta técnica utiliza un píxel por cada dato, permite visualizar el más grande número de datos por pantalla (hasta un millón de datos aproximadamente). Ejemplo de esta técnica son: segmentos de círculo, bocetos, patrones recursivos (como se observa en la Fig. 4.6, la cual representa el nivel del stock de una compañía durante un periodo de tiempo, en la que a cada valor se le asigna un píxel de color y los colores brillantes corresponde con los niveles altos de stock).

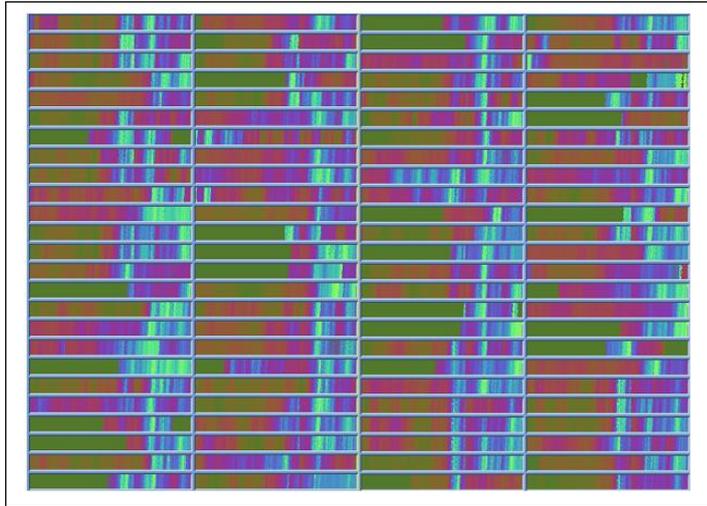


Figura 4.6. Visualización de la densidad del pixel [6].

- **Visualizaciones apiladas**

Son representaciones de los datos que se particionan de una forma jerárquica. Cuando los datos son multidimensionales, la selección de los datos para la construcción de las jerarquías debe ser cuidadosa. Ejemplos de esta técnica son: apilamiento dimensional, ejes jerárquicos, mundos dentro de otros mundos, diagramas de árbol, árboles de conos apilados.

#### **IV.2.1.3 Técnicas de interacción y dinamismo**

Las técnicas de interacción y de distorsión permiten a los usuarios interactuar directamente con las visualizaciones, transformar los datos y visualizaciones de acuerdo al objetivo de la exploración del usuario. De esta forma el usuario puede realizar dinámicamente cambios en la visualización. Mientras que la técnica de distorsión, proporciona medios para centrarse en un elemento en particular preservando al mismo tiempo una visión general de los datos.

Se clasifica en: proyección interactiva, filtrado interactivo, zoom interactivo, distorsión interactiva, vinculación interactivo y pinceladas.

La clasificación de las técnicas (como se observa en la Fig. 4.1) en tres dimensiones realizada por Keim: tipo de datos a ser visualizado, técnica de visualización y técnica de distorsión e interacción, hacen suponer una relación ortogonal. La ortogonalidad significa

que cualquiera de las técnicas de visualización puede ser utilizado en conjunción con cualquiera de las técnicas de interacción, así como cualquiera de las técnicas de distorsión para cualquier tipo de dato. En cuenta también que un sistema específico puede estar diseñado para soportar diferentes tipos de datos y que puede utilizar una combinación de múltiples técnicas de visualización e interacción.

Además de la técnica de visualización, para una eficaz exploración de los datos se necesita usar algunas técnicas de interacción y distorsión. Las técnicas de interacción permiten al analista de datos interactuar directamente con las visualizaciones y dinámicamente cambiar las visualizaciones de acuerdo a los objetivos de exploración. También hacen posible relacionar y combinar múltiples visualizaciones independientes. Las técnicas de distorsión ayudan en el proceso de exploración de datos, proporcionando medios para centrarse en los detalles conservando una visión general de los datos. La idea básica de técnicas de distorsión es mostrar porciones de los datos con un alto nivel de detalle, mientras que otros se muestran con un menor nivel de detalle.

- **Técnica de proyección dinámica**

La idea básica de la técnica proyección dinámica es cambiar dinámicamente las proyecciones con el fin de explorar un conjunto de datos multidimensional. El número de posibles proyecciones es exponencial en el número de dimensiones, es decir, que es intratable para una gran dimensionalidad. La secuencia de las proyecciones que se muestran puede ser aleatoria, manual, previamente calculado, o impulsados por los datos.

- **Técnica de filtrado interactivo**

En la exploración de grandes conjuntos de datos es importante particionar el conjunto de datos en segmentos y centrarse en subconjuntos. Esto se puede hacer mediante una selección directa del subconjunto deseado (navegación) o por una especificación de las propiedades del subconjunto deseado (consulta). La navegación es muy difícil para los grandes conjuntos de datos y la consulta a menudo no produce el resultado deseado. Por lo tanto, una serie de técnicas de interacción se han desarrollado para mejorar el filtrado interactivo en la exploración de datos. Un ejemplo de una herramienta interactiva que puede ser utilizado para un filtrado interactivo son los lentes mágicos. La idea básica de lentes mágicos es el uso de una herramienta como lupas para apoyar el filtrado de los datos

directamente en la visualización. Los datos bajo la lupa son procesados por el filtro, y el resultado se muestra de manera diferente en el conjunto de datos restante. Los lentes mágicos muestran una vista modificada de la región seleccionada, mientras que el resto de la visualización no se ve afectado.

Cabe señalar que se pueden utilizar varias lentes con diferentes filtros; si en el solapamiento del filtro, se combinan todos los filtros.

- **Técnica de zoom interactivo**

Zoom es una técnica bien conocida que se utiliza ampliamente en un gran número de aplicaciones. Al tratar con grandes cantidades de datos, es importante presentar los datos en una forma altamente comprimido para proporcionar una visión general de los datos, pero al mismo tiempo permitir una visualización de las variables de los datos en diferentes resoluciones.

El zoom no busca solamente mostrar los datos de los objetos más grandes, también significa que la representación de los datos cambia automáticamente al presentar más detalles sobre los niveles elevados de zoom.

Los objetos pueden ser, por ejemplo, representar como píxeles individuales en un nivel bajo del zoom, como iconos en un nivel intermedio, y como objetos etiquetados en una alta resolución.

- **Técnica de distorsión interactiva**

La técnicas de distorsión interactivos respalda el proceso de exploración mediante la preservación de una visión general de los datos. La idea básica es mostrar porciones de los datos con un alto nivel de detalle, mientras que otros se muestran con un menor nivel de detalle. Técnicas populares de distorsión son distorsiones hiperbólicas y esféricas que se utilizan a menudo en las jerarquías o gráficos, pero también se puede aplicar a cualquier otra técnica de visualización.

- **Técnica interactiva de vinculación y pincelado**

Hay muchas posibilidades para visualizar datos multidimensionales, pero todos ellos tienen algo de fuerza y algunos puntos débiles. La idea de la vinculación y el pincelado es

combinar diferentes métodos de visualización para superar las deficiencias de las técnicas individuales.

Diagramas de dispersión de diferentes proyecciones, por ejemplo, se pueden combinar con la coloración y la vinculación de subconjuntos de puntos en todas las proyecciones. De manera similar, la vinculación y el pincelado se puede aplicar a las visualizaciones generadas por todas las técnicas de visualización descriptas anteriormente.

Como resultado, los puntos de pincelado se destacan en todas las visualizaciones, por lo que es posible detectar dependencias y correlaciones. Cambios interactivos realizados en una visualización se reflejan automáticamente en las otras visualizaciones. Tenga en cuenta que la conexión de múltiples visualizaciones a través de la vinculación interactiva y pincelada proporciona más información que teniendo las visualizaciones de componentes de forma independiente. Ejemplos típicos de las técnicas de visualización que se combinan mediante la vinculación y el pincelado son múltiples diagramas de dispersión, gráficos de barras, coordenadas paralelas, pantallas de píxeles, y mapas.

La mayoría de los sistemas de exploración de datos interactivos permiten algún tipo de vinculación y despliegue [26].

Las técnicas de distorsión pueden mostrar una porción de los datos con un alto nivel de detalle, mientras que otros se muestran con un nivel mucho más bajo de detalle [6, 26, 27].

## **IV.2.2 Técnicas de visualización para datos geoespaciales**

Los datos geoespaciales a diferencia de los datos espaciales, describen objetos o fenómenos con una localización específica en el mundo real. Surgen como respuesta a la necesidad de compartir enorme volúmenes de datos geoespaciales con el mayor número de usuarios. Los datos geoespaciales se plantean en muchas aplicaciones, incluyendo por ejemplo, en los pagos de tarjetas de crédito, las llamadas telefónicas, los registros ambientales y censo demográfico.

### **IV.2.2.1 Visualización de datos espaciales**

El conjunto de datos espaciales pueden ser vistos como el resultado de la acumulación de muestras o lecturas de los fenómenos del mundo real, mientras se mueve a lo largo de dos

dimensiones en el espacio. A menudo, los conjuntos de datos espaciales son muestras discretas de un fenómeno continuo. Hoy en día, existe un gran número de aplicaciones en las que es importante analizar las relaciones que implican la ubicación geográfica.

Debido a sus características especiales, la estrategia básica para la visualización de datos espaciales se encuentra en los atributos espaciales distribuidos en dos dimensiones de la pantalla física lo que resultan en la visualización del mapa.

El mapa es el mundo reducido a puntos, líneas y áreas. Los parámetros de visualización, incluyen el tamaño, forma, valor, textura, color, orientación y muestran información adicional acerca de los objetos que se consideran en estudio.

- **Proyección del mapa**

Las proyecciones cartográficas tienen que ver con la cartografía de las posiciones en el mundo (esfera) a posiciones en la pantalla (superficie plana).

El formato de los datos de grados de longitud ( $\lambda$ ) se fija en el intervalo  $[-180, 180]$ , donde los valores negativos representan grados oeste y valores positivos para los grados del este. Los grados de latitud ( $\phi$ ) se definen de manera similar en el intervalo  $[-90, 90]$ , APIs del HTML5 utilizan los valores negativos para grados sur y valores positivos para los grados del norte.

Las proyecciones cartográficas pueden tener diferentes propiedades:

- Una proyección conserva correctamente los ángulos locales en cada punto de un mapa, conservando también las formas. El área, sin embargo, no se conserva.
- Proyecciones gnomónicas permiten a todos los círculos máximos que se muestren como líneas rectas. De los círculos más grandes se puede obtener una esfera dada y se corta la esfera en dos mitades de igual tamaño. Las proyecciones gnómicas preservan la ruta más corta entre dos puntos.
- Proyecciones azimutales conservan la dirección de un punto central. Por lo general, estas proyecciones también tienen simetría radial en las escalas.
- En una proyección retroazimutal, la dirección desde un punto  $S$  a una ubicación fija  $L$  corresponde a la dirección en el mapa de  $S$  a  $L$ .

La representación gráfica de las proyecciones gnomónicas, azimutales y retroazimutal, se visualiza en la Fig. 4.7.



Figura 4.7. Proyección gnomónica, azimutales y retroazimutal [6].

#### **IV.2.2.2 Visualización del punto**

La clase dato espacial más importante es el punto, porque el dato es por naturaleza discreto, pero puede describir fenómenos continuos, como por ejemplo la temperatura de un lugar específico. Dependiendo de la naturaleza del dato y de la tarea, el diseñador podrá decidir que el dato se muestra como continuo o discreto. Cuando el dato es discreto se acepta que el evento ocurre en ubicaciones diferentes mientras que cuando es continuo se define en todas las posiciones.

- **Mapa de puntos**

Un fenómeno puntual se puede visualizar mediante la empleo de un símbolo o píxel en la ubicación donde se produce este fenómeno. Esta simple visualización se denomina un mapa de puntos (Fig. 4.8). Un parámetro cuantitativo puede ser asignado con el tamaño o el color del símbolo o del píxel. Los círculos son el símbolo más utilizado en mapas de puntos, pero plazas, bares, o cualquier otro símbolo pueden ser utilizados también. Si el tamaño del símbolo se utiliza para representar un parámetro cuantitativo, una pregunta específica es la forma de escalar los símbolos. El cálculo del tamaño correcto de los símbolos no significa necesariamente que los símbolos serán percibidos correctamente. El tamaño percibido de los símbolos no se corresponde necesariamente con el tamaño real, debido a problemas en la percepción del tamaño. El tamaño percibido de los símbolos depende de su vecindario local, por lo tanto, no hay una fórmula global para la escala de percepción.

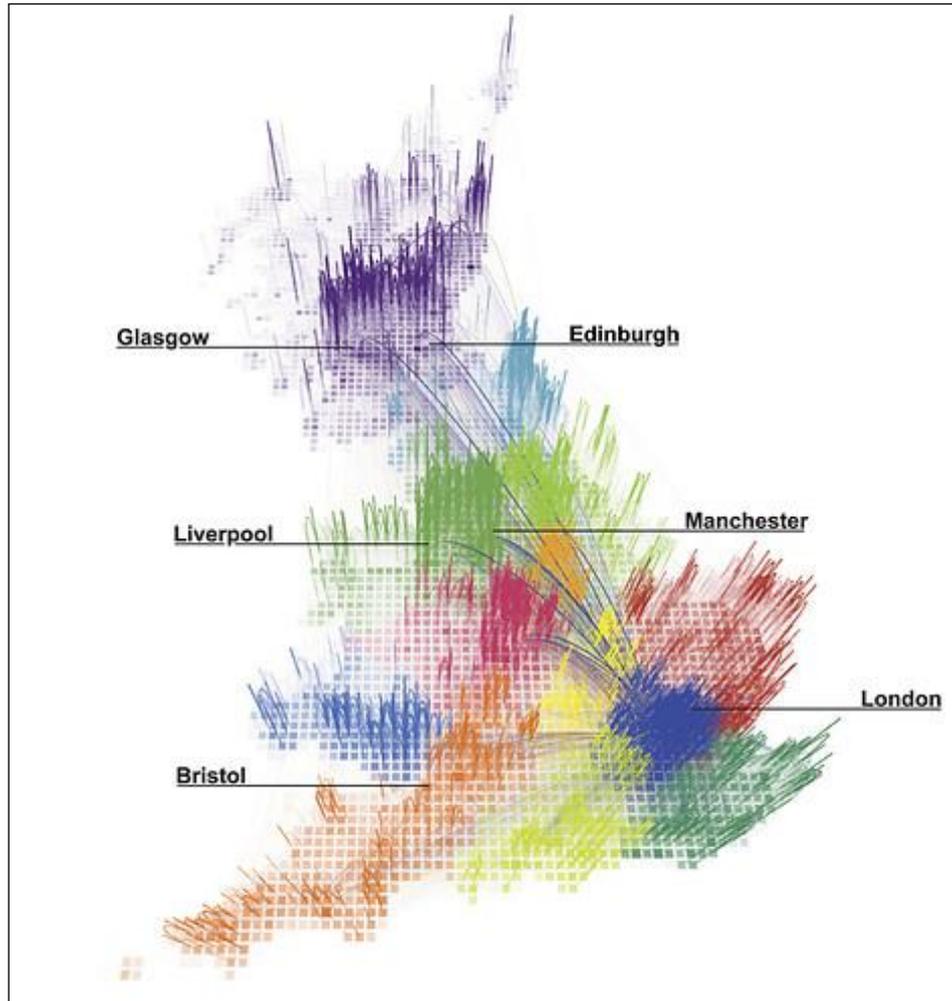


Figura 4.8. Mapa de puntos [6].

- **Mapas pixelados**

Un enfoque que evite la superposición en la pantalla de dos dimensiones, es el enfoque pixelmap (ver Fig. 4.9). La idea es cambiar la posición de los píxeles que de otro modo se solapan. La idea básica del algoritmo de reposicionamiento es dividir recursivamente el conjunto de datos en cuatro subconjuntos que contienen los puntos de datos en cuatro subregiones de igual tamaño. Los puntos de datos pueden no caber en las cuatro subregiones, se debe determinar nuevas extensiones de las subregiones (sin cambiar los cuatro subconjuntos de puntos de datos), de tal manera que los puntos de datos en cada subconjunto se pueden visualizar en su correspondiente subregión. Para una implementación eficiente, una estructura de datos quadtree maneja la información requerida y apoya el proceso de partición recursiva.



Figura 4.9. Mapas pixelados [6].

#### **IV.2.2.3 Visualización de línea**

La idea básica de la visualización de datos espaciales al describir fenómenos lineales es representar segmento de líneas entre pares de puntos especificados por la latitud y longitud. Un mapeo estándar de línea permite que los parámetros se relacionen con el ancho de línea, patrón de línea, color y el etiquetado (Fig. 4.10). Además, de las propiedades del puntos inicial y final, así como los de intersección, también pueden asignarse a los parámetros visuales de los nodos, por ejemplo el tamaño, forma, color, y el etiquetado. Las líneas no necesitan ser rectas, pueden ser polilíneas, con el fin de evitar el desorden en la pantalla. El mapeo depende de la aplicación y de la tarea. Las opciones de visualización de datos de la línea son similares a los dibujos gráficos, excepto que la posición de los nodos en la pantalla se fija en aplicaciones geoespaciales, que es parte del proceso de asignación y optimización en el delineado de aplicaciones gráficas.

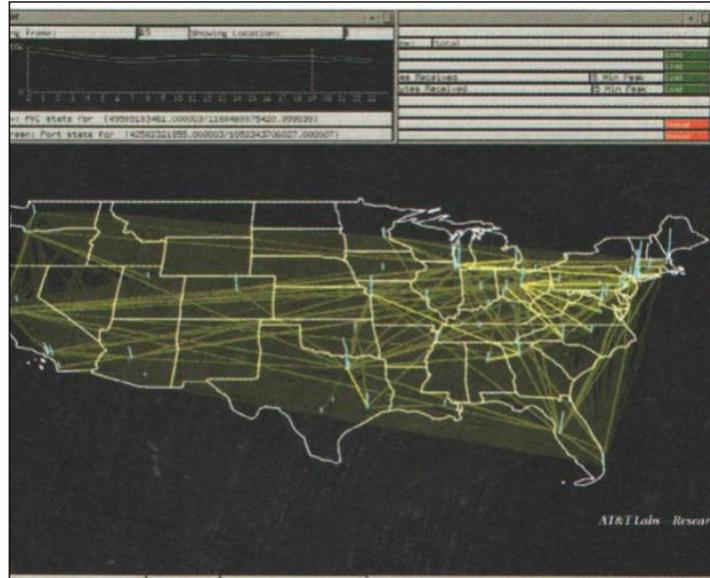


Figura 4.10. Mapa de líneas [6].

#### **IV.2.2.3.1 Mapa de red**

Utilizados en una variedad de aplicaciones. Algunos enfoques sólo muestran la conectividad de las redes para la comprensión de su estructura y comportamiento general. En algunos casos se utilizan funciones tales como la agregación, la información jerárquica, la posición del nodo, y pantallas vinculadas para investigaciones de grandes redes con jerarquías y sin un diseño natural. Se utiliza color y forma para codificar información, color y el ancho de línea para la codificación de la información de enlace. En algunos casos se añadió gráficos en 3D a los mapas de la red para visualizar animaciones de paquetes de tráfico de Internet dentro de la red troncal (Fig. 4.11).

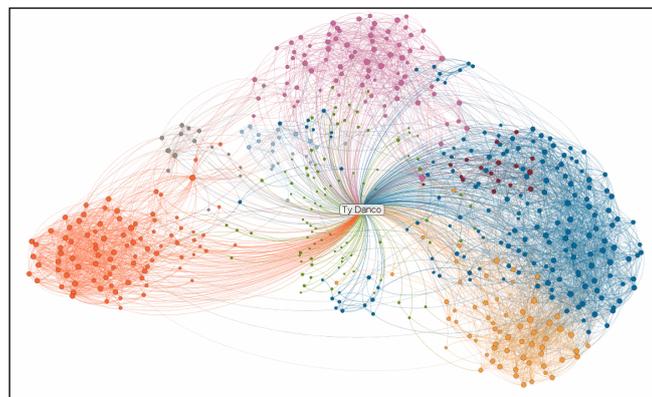


Figura 4.11. Mapa de red [6].



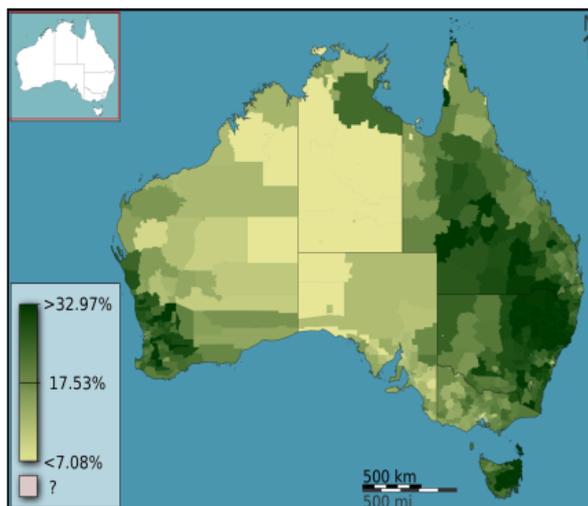


Figura 4.13. Mapas dasymetric [6].

Un tercer tipo importante de mapa es un mapa isarithmi (ejemplo Fig. 4.14), que muestra los contornos de fenómenos continuos.

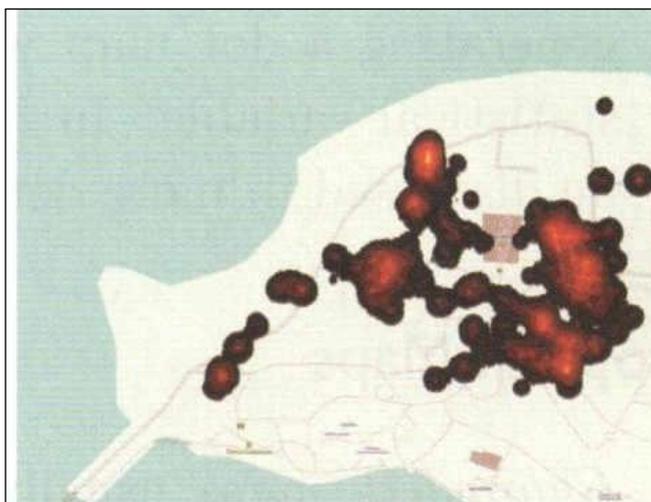


Figura 4.14. Mapa isarithmi [6].

### **IV.2.3 Técnicas de visualización datos multivariados**

Son técnicas de visualización que generalmente no tienen un atributo espacial explícito. Surge cuando de una población se observan dos o más características de forma conjunta. Estas técnicas se organizan en punto, línea o región y la combinación de dos o más técnicas.

### **IV.2.3.1 Técnicas basada en punto**

Son técnicas de visualización utilizadas en el análisis de datos, disponible en los paquetes software (ejemplo Fig. 4.15). A medida que aumentan las dimensiones de los datos, las opciones para el análisis visual consisten en:

- Subconjunto de dimensiones: permite al usuario seleccionar un subconjunto de las dimensiones a mostrar, para encontrar la información que sea útil para el usuario.
- Reducción de dimensiones: permite el análisis de los componentes principales para transformar los datos de alta dimensión a inferior, intentando preservar de la mejor manera posible la relación entre los datos.
- Incrustación de dimensiones: mapean atributos gráficos como posición, color, tamaño y forma.
- Múltiples pantallas: superpone varias superficies cada una de las cuales contiene alguna de las dimensiones. Son técnicas de visualización utilizadas en el análisis de datos, disponible en los paquetes software.

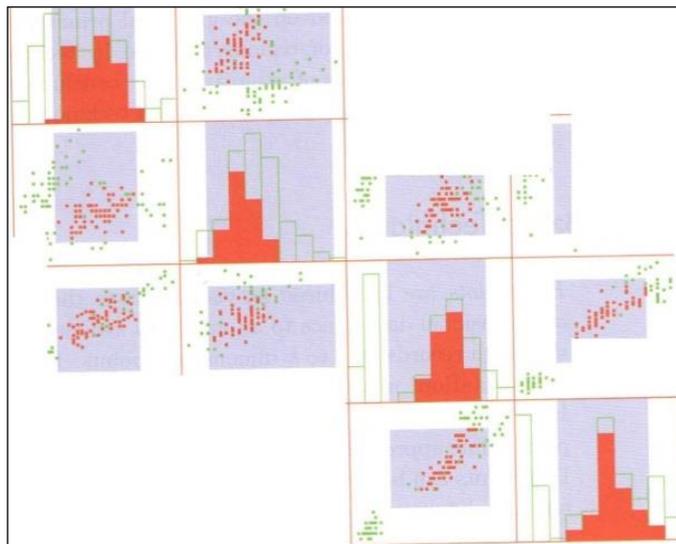


Figura 4.15. Técnica basada en punto [6].

### **IV.2.3.1 Técnicas basada en línea**

La técnica basada en punto representa cada valor de datos o registro con una pequeña marca, mientras que en los métodos basados en líneas los puntos corresponden a un registro de dimensión particular, unidos entre sí con líneas rectas o curvas.

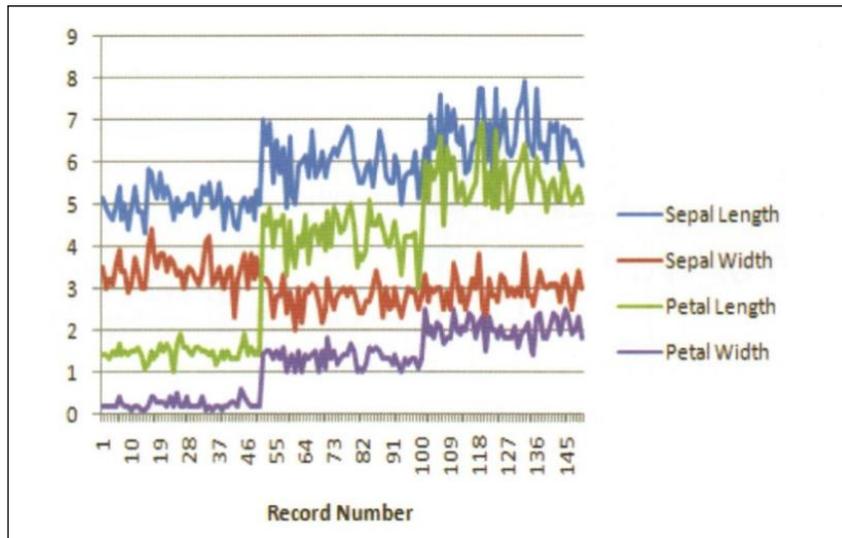


Figura 4.16. Técnica basada en punto [6].

Este es un ejemplo de línea multivariables en cuatro dimensiones, donde la separación en dimensión facilita la identificación de los valores (Fig. 4.16).

**IV.2.3.1 Técnicas basada en región**

Utiliza polígonos rellenos para transmitir valores en base a atributos como tamaño, forma, color u otros.

Muchas de las técnicas basadas en región fueron diseñadas inicialmente para datos univariados, tales como gráficos circulares y gráficos de barras. Algunos, sin embargo, se han extendido a múltiples dimensiones.

- **Histogramas / bar charts**

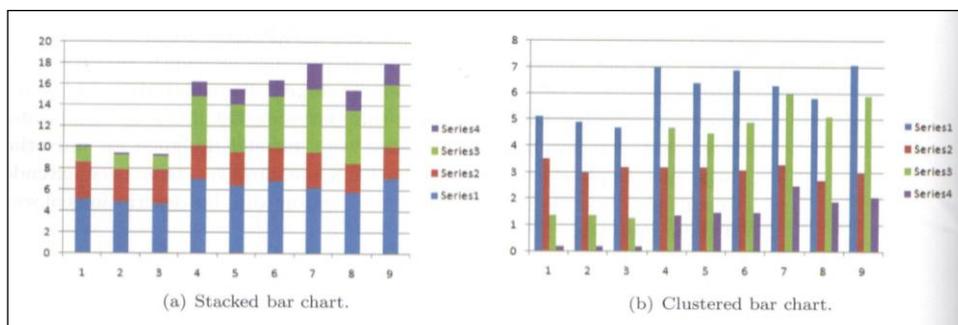


Figura 4.17. Técnica basada en región [6].

Una de las visualizaciones más comunes es el gráfico de barras, donde se utilizan barras rectangulares para transmitir valores numéricos. Ambas barras horizontales y verticales (Fig. 4.17) son utilizadas habitualmente y son fáciles de interpretar.

La única dificultad que presenta esta técnica es principalmente, qué hacer cuando los datos que se representan son muchos.

Si los datos son multivariantes, existen varias opciones para el uso de gráficos de barras.

Una alternativa común es un gráfico de barras apiladas, donde cada barra se compone de varias barras más cortas para representar los valores para cada dimensión. Es común que varíe el color, la textura, u otros atributos de las barras para que sean fácilmente distinguibles dentro de una barra dada y comparable entre las barras. Del mismo modo, las barras pueden ser colocadas una junta a la otra, dándoles una base común y por lo tanto simplificar su interpretación [6].

#### **IV.2.4 Técnicas relacionadas con el foco + contexto**

Estas técnicas brindan distintas maneras de proveer al usuario el detalle solicitado (foco) sobre una determinada región de la vista general (overview). Es decir posibilitan que el usuario haga foco en una determinada región del espacio de información. Según cómo se brinde ese foco y lo que suceda con la vista general podemos distinguir: las técnicas que proveen detalle separado de la vista principal y las que integran el detalle con la vista principal [30].

Una alternativa es proveer el detalle en una región separada de la pantalla. Ejemplo de este tipo de interacciones son el zoom geométrico y el zoom semántico.

##### **IV.2.4.1 Técnicas zoom geométrico**

Como resultado de la aplicación de este tipo de interacciones se magnifica una región de la vista general; la obtención de una zona ampliada permite que el usuario pueda percibir mejor los detalles presentes en la vista general. La región magnificada puede presentarse en la misma vista, determinando qué parte de la información presente en la misma desaparece, o en una ventana independiente, originando problemas de oclusión.

#### **IV.2.4.2 Técnicas zoom semántico**

En un zoom semántico el detalle puede contener información que estaba directamente ausente en la vista anterior, proveyéndose en el detalle información adicional sobre los ítems de interés.

#### **IV.2.5 Técnicas de visualización de bases de datos**

En esta clasificación se analizan cuatro técnicas tradicionales, cada una de estas técnicas se complementan, según sea necesario, con las distintas transformaciones de vistas. Las técnicas propuestas, son: graficas xy, matrices graficas xy, coordenadas paralelas y aglomeración dimensional [30].

##### **IV.2.5.1 Técnicas de gráficos-XY (Scatterplot)**

La técnica consiste básicamente en mapear un atributo a cada uno de los ejes coordenados y representar cada tupla como un punto en ese espacio bidimensional. La ubicación del punto o del elemento visual representando a cada tupla queda determinada entonces por los valores de los atributos asociados a los ejes; los restantes lo especifica el usuario, los atributos visuales de cada punto. En la Fig. 4.18 por ejemplo se muestra el total de ventas diarias de 140 farmacias que trabajan con la SOSUNS en el año 2001.

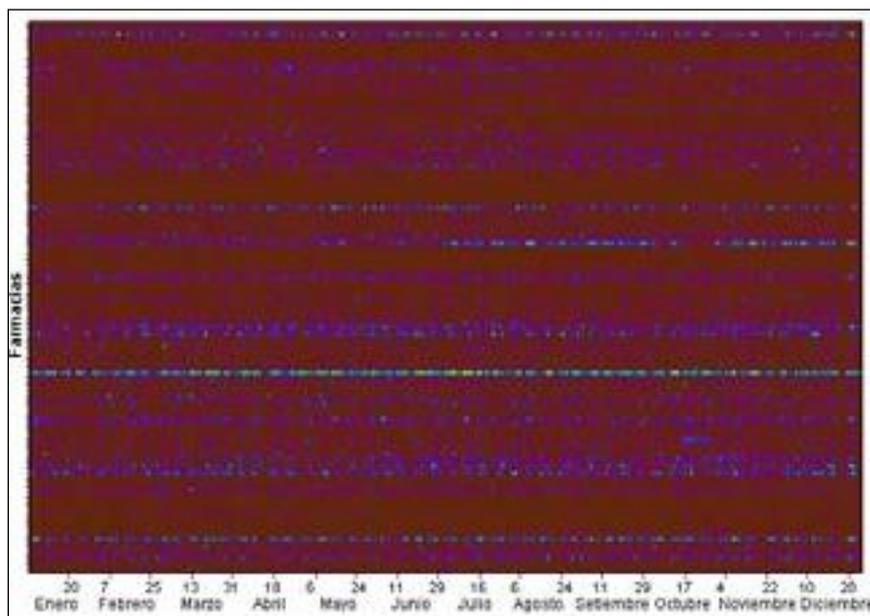


Figura 4.18. Técnica de Grafico- XY [30].

#### **IV.2.5.1 Técnicas matrices de gráficos-XY (Scatterplot Matrix)**

Esta técnica surge como una mejora a una de las limitaciones que presentan los Gráficos XY en los cuales sólo dos de los atributos presentes en las tuplas se mapean a los ejes coordenados. Las Matrices de Gráficos XY permiten que el usuario pueda observar la relación entre N atributos, para lo cual genera una matriz de gráficos para cada uno de los pares de atributos posibles. Un ejemplo se presenta en la Fig. 4.19, en esta visualización, las variables antigüedad, ingresos y dedicación de afiliado se mapean a ejes, y la categoría de afiliado se codifica con color.

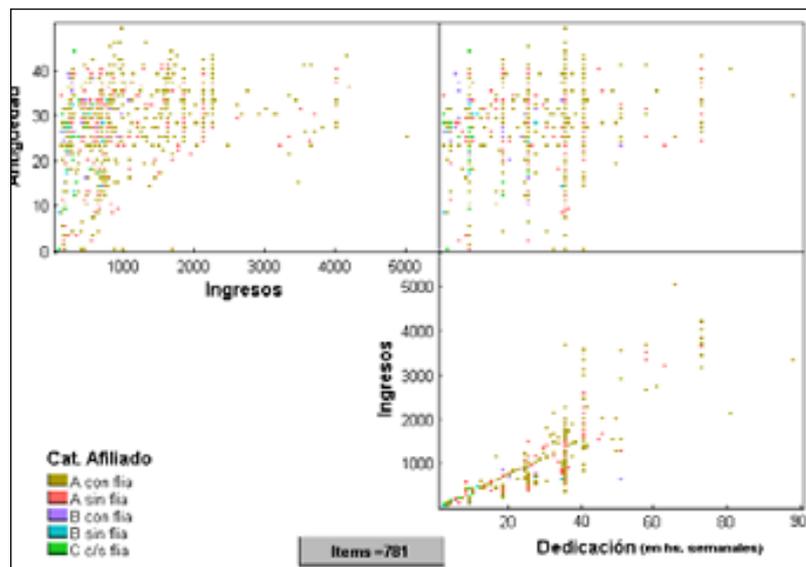


Figura 4.19. Técnica Matriz de Grafico XY [30].

#### **IV.2.5.2 Técnicas de visualización de las coordenadas paralelas**

Las Coordenadas paralelas mapean cada uno de los N atributos, seleccionados por el usuario, a uno de los N ejes paralelos. Las tuplas se representan por poligonales que cortan a los ejes según el valor del atributo correspondiente. Los restantes atributos de las tuplas pueden intervenir en la determinación de los atributos visuales de las poligonales o elementos visuales. Si bien es una técnica inherentemente n-dimensional, se presentan problemas de oclusión y de densidad de la representación. Un ejemplo de uso de esta técnica, se muestra en la fig. 4.20, en este ejemplo se mapean cinco variables con ejes y una con color.

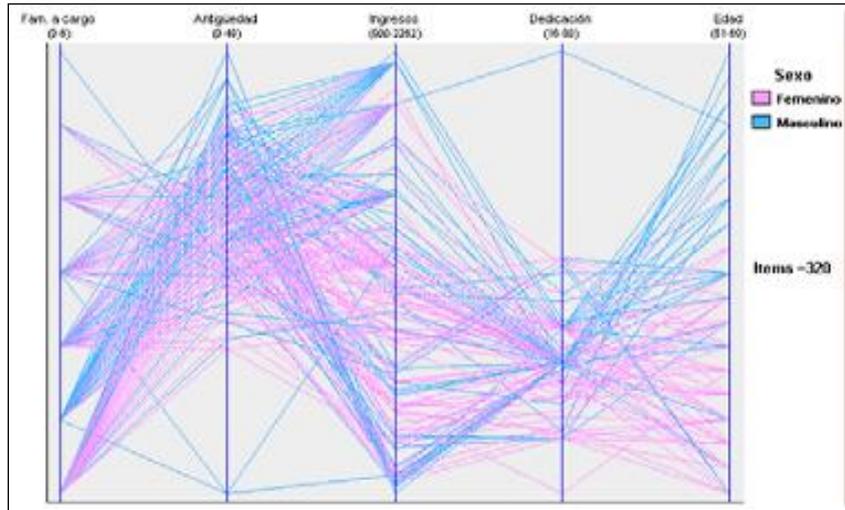


Figura 4.20. Técnica coordenadas paralelas [30].

**IV.2.5.3 Técnicas de aglomeración dimensional (Dimensional Stacking)**

Esta técnica puede catalogarse desde el punto de vista de la organización espacial como de uso recursivo del espacio; permite visualizar las relaciones entre N atributos nominales u ordinales de baja cardinalidad. La idea es generar un gráfico bidimensional para dos atributos x-y, donde cada elemento de este gráfico será otro correspondiente a otros dos atributos z-w y así sucesivamente. Las relaciones entre este tipo de atributos son difíciles de observar utilizando Matrices de Gráficos-XY o Coordenadas Paralelas por causa de la superposición. Un ejemplo, se muestra en Fig. 4.21, en la que se mapean en los ejes exteriores las variables categoría de afiliado y categoría del cargo, en los ejes interiores las variables ingresos, antigüedad y con color se codifica el sexo del afiliado.

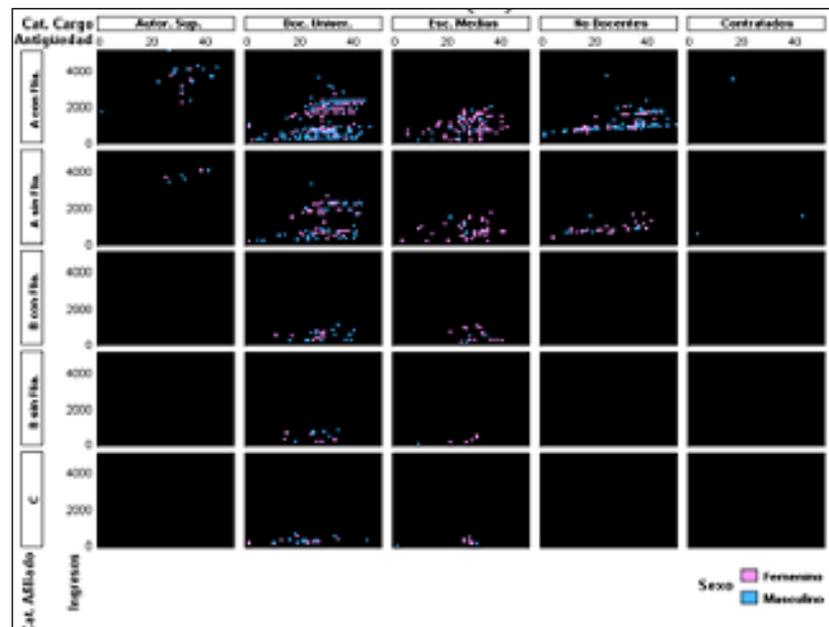


Figura 4.21. Técnica Aglomeración Dimensional [30].

### **IV.3. HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA LA VISUALIZACIÓN**

Las herramientas visuales de datos emplean técnicas de visualización de información con el fin de representar gráficamente grandes cantidades de datos de alta dimensión y de involucrar al usuario en forma eficaz y eficiente en la exploración de datos en diferentes niveles de detalle. Mediante estas herramientas, los usuarios son capaces de encontrar valores atípicos, anomalías, detectar patrones y modelos en diferentes categorías de datos (por ejemplo, datos financieros, información de negocios, colecciones de documentos, etc.).

Las herramientas visuales de datos se utilizan en dos situaciones diferentes. En primer lugar, sirven como herramientas de exploración de datos visuales. Esto significa que estas herramientas representan gráficamente los datos originales de modo que el usuario puede emplear sus capacidades perceptivas para descubrir patrones interesantes en los datos. En segundo lugar, representan gráficamente la información obtenida tras la aplicación de un algoritmo de minería de datos automatizada o técnica. Esta información está representada por los patrones o modelos obtenidos después de realizar una tarea de minería de datos, como el agrupamiento, clasificación, estimación, análisis de dependencia, etc. [26].

#### **IV.3.1 Software de Programación**

En este apartado se presentan los *software* de programación que permiten implementar el sistema de información basado en visualización. A modo de presentación, se expone en primer lugar, el lenguaje de programación Php y el sistema de gestión de bases de datos MySQL. Luego se describe JavaScript, un lenguaje de programación interpretado.

##### **IV.3.1.1 PHP**

PHP es un lenguaje incrustado, basado en el motor Zend. Se usa, principalmente, para desarrollar contenidos HTML dinámico, aunque puede usarse también para generar documentos XML (entre otros) [31].

PHP ha recorrido un largo camino desde su nacimiento a mediados de 1990. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante. PHP ha evolucionado por lo que ahora incluye

también una interfaz de línea de comandos que puede ser usada en aplicaciones gráficas independientes. Puede ser usado en la mayoría de los servidores web al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún costo.

Se considera uno de los lenguajes más flexibles, potentes y de alto rendimiento conocidos hasta el día de hoy. Lo que ha atraído el interés de múltiples sitios con gran demanda de tráfico como Facebook, para optar por **PHP** como tecnología de servidor.

#### **IV.3.1.2. MySQL**

El software MySQL proporciona un servidor de base de datos SQL rápido, multiusuario y robusto. Está diseñado para entornos de producción críticos, con alta carga de trabajo así como para integrarse en software para ser distribuido. MySQL es una marca registrada de MySQL AB [32].

MySQL, es el sistema de gestión de bases de datos SQL Open Source más popular, lo desarrolla, distribuye y soporta MySQL AB. MySQL AB es una compañía comercial, fundada por los desarrolladores de MySQL. Es una compañía Open Source de segunda generación que une los valores y metodología Open Source.

MySQL software es Open Source, lo que significa que es posible que cualquiera pueda utilizar y modificar el software. Cualquiera puede bajar el software desde internet y usarlo sin pagar nada. Si lo desea, puede estudiar el código fuente y cambiarlo para adaptarlo a sus necesidades.

El software MySQL usa la licencia GPL (GNU General Public License), para definir lo que puede y no puede hacer con el software en diferentes situaciones. Si no se encuentra cómodo con la GPL o necesita añadir código MySQL en una aplicación comercial, se puede comprar una licencia comercial.

MySQL es una base de datos muy rápida en la lectura cuando utiliza el motor no transaccional MyISAM, pero puede provocar problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación. En aplicaciones web hay baja concurrencia en la modificación de datos y en cambio el entorno es intensivo en lectura de datos, lo que hace a MySQL ideal para este tipo de aplicaciones. Sea cual sea el entorno en el que se va a utilizar MySQL, es importante monitorizar de antemano el rendimiento para detectar y corregir errores tanto de SQL como de programación.

### **IV.3.1.3. Javascript**

*Javascript* es un lenguaje de programación que surgió con el objetivo inicial de programar ciertos comportamientos sobre las páginas web, respondiendo a la interacción del usuario y la realización de automatismos sencillos. Las necesidades de las aplicaciones web modernas y el HTML5 han provocado que el uso de Javascript haya llegado a ciertos niveles de complejidad y prestaciones [33].

En el contexto de un sitio web, con *Javascript* se puede hacer todo tipo de acciones e interacción. Antes se utilizaba para validar formularios, mostrar cajas de diálogo y poco más. Hoy es el motor de las aplicaciones más conocidas en el ámbito de Internet: Google, Facebook, Twitter, Outlook... Absolutamente la mayoría de las aplicaciones Web tienen su núcleo realizado en Javascript. La Web 2.0 se basa en el uso de *Javascript* para implementar aplicaciones enriquecidas que son capaces de realizar todo tipo de efectos, interfaces de usuario y comunicación asíncrona con el servidor por medio de Ajax.

A *Javascript* se le denomina "del lado del cliente" porque se ejecuta en el navegador (cliente web), en contraposición a lenguajes como PHP que se ejecutan del "lado del servidor". En *Javascript*, el cliente, es el navegador el que soporta la carga de procesamiento. Gracias a su compatibilidad con todos los navegadores modernos se ha convertido en un estándar como lenguaje de programación del lado del cliente.

Con *Javascript* se puede crear efectos especiales en las páginas y definir interactividades con el usuario. El navegador del cliente es el encargado de interpretar las instrucciones *Javascript* y ejecutarlas para realizar estos efectos e interactividades, de modo que el mayor recurso, con que cuenta este lenguaje es el propio navegador y todos los elementos que hay dentro de una página (que no es poco). Pero ahora, gracias a las API *Javascript* del HTML5, que están disponibles en los navegadores actuales de ordenadores y dispositivos, se puede acceder a todo tipo de recursos adicionales, como la cámara, espacio para almacenamiento de datos, creación de gráficos basados en vectores y mapas de bits, flujos de datos con servidores, etc.

Javascript se ha vuelto un estándar y los navegadores modernos son capaces de interpretarlo de manera muy similar, pero todavía quedan muchos navegadores antiguos que ejecutan *Javascript*. Pero el objetivo de estas bibliotecas no es solamente hacer código compatible con cualquier sistema, también se trata de hacer más simples las cosas que se

suelen necesitar en el día a día. Es decir, realizar efectos con pocas líneas de código, comunicaciones asíncronas con el servidor (Ajax) fáciles de implementar, gestión de eventos, etc.

La biblioteca más conocida de Javascript se llama jQuery y se ha convertido en un complemento en la mayoría de las webs que se utiliza en el día a día, por su facilidad de uso y por su potencia. Con jQuery puedes escribir código Javascript que es capaz de ejecutarse sin errores en cualquier navegador, incluso los antiguos e implementa muchas funcionalidades que puedes requerir repetidamente en cualquier sitio web.

*jQuery* permite además programar nuevas funcionalidades por medio de plugins para hacer cosas tan variadas como validación de formularios, sistemas de plantillas, pases de diapositivas, interfaces de usuario avanzadas y un largo etc. Por donde quiera que vayas en la web existen funcionalidades dinámicas programadas por medio de plugins jQuery.

La revolución de Javascript ha llegado con la incorporación del HTML5. A pesar de su nombre, HTML5 incluye varios estándares aparte de ser una revisión del propio lenguaje HTML. De hecho más del 60% de lo que se conoce como HTML5 en realidad son APIs Javascript. Un API es un conjunto de funciones que sirven para llevar a cabo una o muchas tareas. Pues el HTML5 incluye diversas API para trabajar ya no solo con el navegador, sino también con los periféricos o los elementos del dispositivo, como cámara, pantalla, espacio de almacenamiento, GPS, etc.

HTML5, en definitiva, ha llegado para estandarizar aún más Javascript y crear una serie de especificaciones que siguen todos los fabricantes de navegadores para ordenadores y dispositivos y que aseguran que el Javascript es igual en todos ellos. HTML5 sirve por tanto para ordenadores de escritorio, pero también para todo tipo de dispositivos, desde móviles a tablets, smartTV, etc.

#### **IV.4. BIBLIOTECAS WEB PARA LA VISUALIZACIÓN**

Hasta ahora, la mejor forma de crear interfaces interactivas para la visualización de los datos ha sido mediante la utilización de Adobe Flash. Flash (como Java) todavía se utiliza comúnmente para gráficos de acciones interactivas avanzadas.

En estos días, sin embargo, un número cada vez mayor de personas están utilizando dispositivos de tablet y teléfonos inteligentes para acceder a sitios web. Un gran número de

estos dispositivos (los productos de Apple) no soportan flash. Además, con la llegada de HTML5, Adobe suspendió su desarrollo de Flash para navegadores móviles, en 2011. Esto significa que las visualizaciones basadas en Flash (o Java, para el caso) son inutilizables para la tablet y los usuarios de teléfonos inteligentes.

Estos hechos hacen que sea vital encontrar otras técnicas para la visualización de los datos del mercado. Hoy en día, es posible crear visualizaciones avanzadas (en términos de interacción, dinámica y estética) usando bibliotecas javascript de visualización en lugar de Flash o Java.

A continuación, se presentan diferentes herramientas (algunos productos comerciales, otros de código abierto) que se pueden utilizar para crear diferentes tipos de visualizaciones de datos de mercado. La lista no es de ninguna manera exhaustiva, pero pretende ser una revisión rápida de algunas de las posibles soluciones disponibles. Cuatro de las herramientas son de código abierto, bibliotecas de JavaScript que pueden ser utilizados libremente por cualquier persona. Los desarrolladores pueden emplear una combinación de diferentes herramientas según sus diversas necesidades.

Las herramientas se presentan brevemente mediante la descripción de las técnicas que emplean y los tipos de visualización que pueden producir. También se ofrece información sobre las licencias, las listas de compatibilidad del navegador (en gran parte con el propósito de evaluar la idoneidad de las herramientas para el desarrollo móvil) y ejemplos de visualización [30].

#### **IV.4.1. Google APIs**

Una API (Application Programming Interface) es un conjunto de funciones y procedimientos que cumplen una o muchas funciones con el fin de ser utilizadas por otro software. Esta técnica y la realidad de un mundo conectado han llevado a que cada vez surjan más aplicaciones de terceros (por ejemplo TweetDeck) que, basándose en un servicio (Twitter), ofrecen nuevas funcionalidades sobre el mismo.

Google Apis es un conjunto de interfaces HTTP para los servicios de Google que proporcionan datos geográficos para las aplicaciones de mapas. Es un servicio que devuelve información sobre sitios, definidos en la API como establecimientos, ubicaciones geográficas o sitios de interés importantes, mediante solicitudes HTTP. En las solicitudes

de los sitios, las ubicaciones se especifican en forma de coordenadas de latitud/longitud [34].

La Versión 3 del API de Google Maps, permite insertar imágenes de Google Maps en las páginas web. Esta versión está diseñada para proporcionar mayor velocidad y para que se pueda aplicar fácilmente tanto en móviles como las aplicaciones de navegador de escritorio. La API proporciona diversas utilidades para manipular mapas (como la de la página <http://maps.google.com>), para añadir contenido al mapa mediante diversos servicios y crear aplicaciones de mapas en cualquier sitio web. La versión 3 de la API de JavaScript de Google Maps es un servicio gratuito disponible para cualquier sitio web que sea gratuito para el consumidor.

La API de Google Maps permite insertar fácilmente una imagen estática de Google Maps o una imagen panorámica de Street View en una página web sin necesidad de utilizar JavaScript. El funcionamiento de las API es muy sencillo: se crea una URL que contiene la información de la imagen y, una vez que se ha cargado esa URL desde una etiqueta de imagen, Google crea y muestra el mapa o la imagen de Street View correspondiente.

#### **IV.4.2. Amcharts**

AmCharts es una biblioteca de gráficos avanzada que se adaptan a cualquier necesidad de visualización de dato. Es una biblioteca completamente autónoma e independiente, que no requiere ningún complemento. Brinda la posibilidad de descargar, probar e incluso utilizar los gráficos de forma gratuita. Los gráficos ofrecen una funcionalidad incomparable y rendimiento en un paquete compatible con estándares moderno. La biblioteca de gráficos es totalmente compatible con los dispositivos táctiles / móviles.

Permite que los gráficos generados por JavaScript se adapten a las necesidades, también posee un poderoso Editor en Vivo (LIVE EDITOR), que permite editar los gráficos según la representación visual que se precisan.



Figura 4.22. Función Chart para comparar los precios del stock [35].

Soporta todos los navegadores modernos, utiliza SVG (Gráficas de Vector Escalable) para representar los gráficos (ver Fig. 4.22). Esta tecnología es compatible con todos los navegadores modernos, incluyendo las versiones modernas de Firefox, Chrome, Safari, Opera e Internet Explorer. Los gráficos también se ejecutan en dispositivos móviles accionados por iOS (iPad, iPhone, iPod Touch) y Android.

Es gratuito incluso para uso comercial, se puede descargar y utilizar todos los productos amCharts gratis. La única limitación de la versión gratuita es un pequeño enlace a su sitio web que se muestra en los gráficos.

Ofrece la posibilidad de exportar las representaciones generadas como imágenes o archivos PDF para la mayoría de los navegadores, sin ningún tipo de extensiones de servidor [35].

#### **IV.4.3. AnyChart**

AnyChart basada en flash/javascript (HTML5) ofrece gráficos animados para aplicaciones web y de escritorio. Facilita la creación de gráficos en cualquier navegador, y no hay necesidad de instalar ningún componente adicional al servidor.

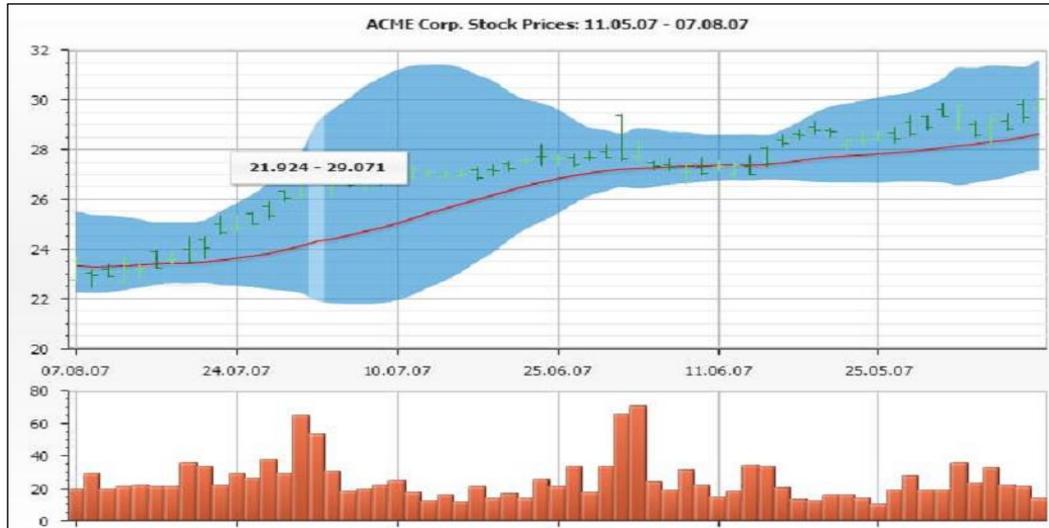


Figura 4.23. Ejemplo gráfico utilizando Anychart [30].

AnyChart es flexible y permite crear gráficos interactivos de gran apariencia (ejemplo Fig. 4.23). Sus gráficos están orientados a multi-navegador y multi-plataforma. Destinada a la creación de informes y análisis. AnyChart funciona en pc, Mac, iPhone, iPad, dispositivos Android, permitiendo obtener la misma experiencia a través de todos los dispositivos y navegadores.

Sitio Web: <http://www.anychart.com>. Navegadores compatibles: Anychart 6.0 (HTML5) trabaja en todos los modelos existentes. Plataformas: (Android 2.2+, iOS).

Licencia: <http://www.anychart.com/buy> [30].

#### **IV.4.4. FuncionCharts**

FuncionCharts ofrece varios productos diferentes de visualización de datos, de los cuales PowerCharts XT se utiliza generalmente para la visualización de los datos de saldos.

La suite FuncionCharts es una perfecta herramienta para la edición de informes, encuestas y análisis. Ofrece una amplia gama de 90 tipos de gráficos y 965 mapas, combinado con capacidades de información inteligente, animaciones e interactividad (ejemplo Fig. 4.24).

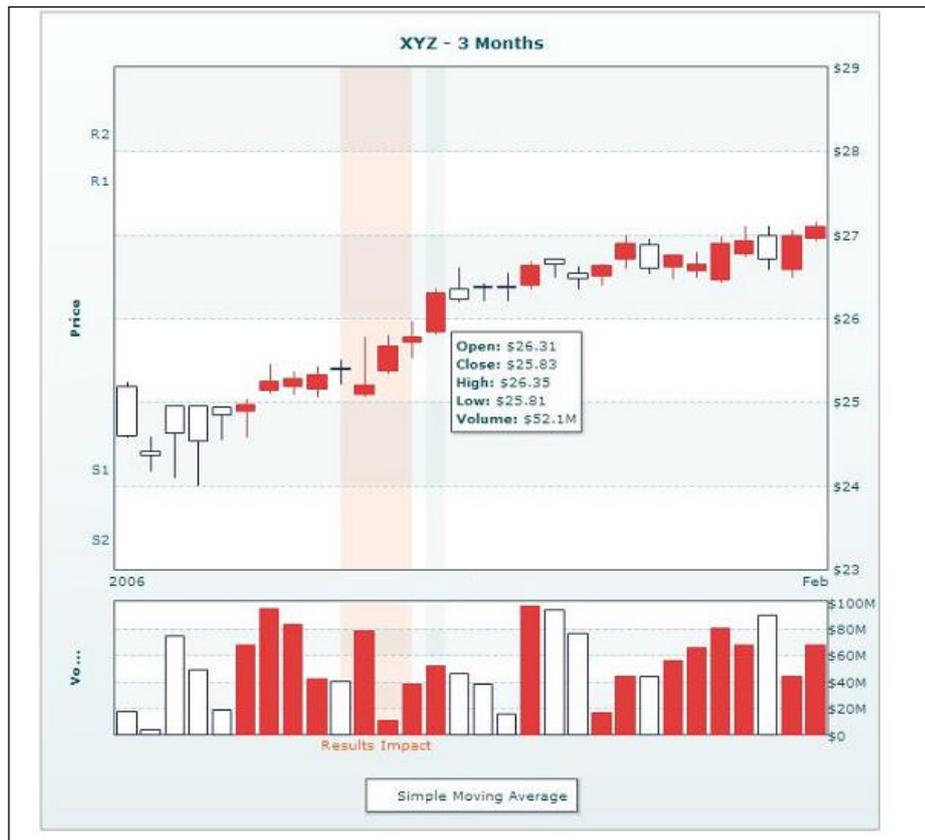


Figura 4.24. Función interactiva Candlestick [30].

Aprovechando JavaScript (HTML5), las funciones de la suite FuncionCharts XT funcionan sin problemas en PC, Mac, iPad, iPhone y la mayoría de los dispositivos móviles. Funciona tanto con JSON y datos XML, y se pueden integrar con cualquier tecnología de servidor (ASP, ASP.NET, PHP, JSP, ColdFusion, Ruby onRails, etc.) y base de datos.

#### **IV.4.5. YUI (build)**

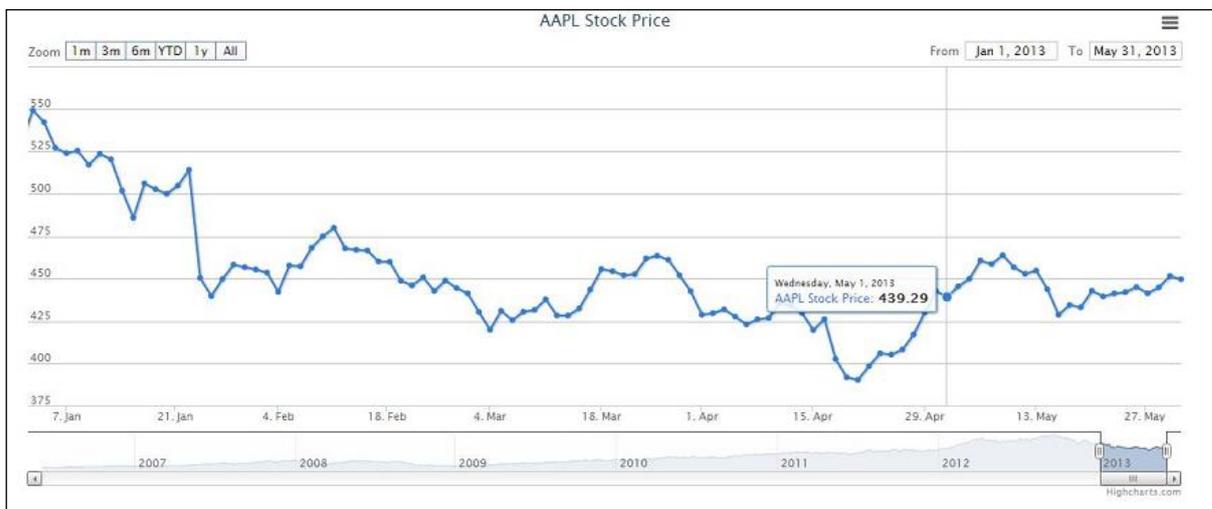
YUI es una biblioteca de código libre y abierto, basado en JavaScript y CSS para crear aplicaciones web interactivas. YUI se suministra bajo una licencia BSD y está disponible en GitHub, permitiendo representaciones gráficas de los datos. Además, es una API intuitiva y bien documentada. Esta biblioteca soporta la mayoría de los navegadores de uso general. YUI es escalable, rápida y robusta. Construida por ingenieros en Yahoo y utilizada por los sitios Web más populares de todo el mundo. Ofrece una potencia industrial en biblioteca javascript para profesionales que trabajan con javascript. Se ejecuta en dispositivos móviles, en navegadores de escritorio, e incluso desde el servidor. Con un completo conjunto de herramientas, facilita la codificación del usuario, desde simples páginas web a las aplicaciones web complejas.

Presenta un manual de ayuda que proporciona una introducción y una visión general de cada componente de YUI. Introduce características de los componentes, describen cómo empezar, y guía al usuario hasta obtener el máximo rendimiento del componente. Cada guía está llena de ejemplos de códigos y consejos generales de uso.

La documentación de la API proporciona información concisa sobre cada módulo, clase, método, propiedad, atributo y evento en la biblioteca. Las guías de usuario y ejemplos proporcionan una breve introducción de un componente, pero la documentación de la API hace referencia a una búsqueda con gran nivel de detalles para una determinada pieza de API de YUI [36].

#### **IV.4.6. Highcharts 3.0**

Es una biblioteca de gráficos escritos en JavaScript puro, ofrece una manera fácil de agregar gráficos interactivos a su sitio web o aplicación web, brindando un código compatible con todos los navegadores, código abierto con licencias gratis con una sintaxis fácil de entender y modificar, gráficos dinámicos y la posibilidad de exportar el gráfico a PNG, JPG, PDF, según decida el usuario.



**Figura 4.25. Módulo Highstock para representar Stock [37].**

Funciona en todos los navegadores móviles y de escritorio modernos, como el iPhone / iPad e Internet Explorer desde la versión 6. En iOS y Android, soporte multitouch ofrece una experiencia de usuario sin fisuras. Navegadores estándar utilizan SVG para el procesamiento de gráficos.

Una de las características clave de Highcharts es que con las licencias, libre o no, se le permite descargar el código fuente y hacer sus propias ediciones. Esto permite realizar modificaciones personales y una gran flexibilidad.

El javascript puro que utiliza Highcharts se basa únicamente en las tecnologías de navegación nativas y no requiere el cliente plugins secundarios como Flash o Java. Además no es necesario instalar nada en el servidor. Sin PHP o ASP.NET. Highcharts necesita sólo dos archivos JavaScript a ejecutar: el núcleo highcharts.js y, o bien el jQuery, MooTools o Prototype.

Tiene numerosos tipos de gráficos, ya sea con ranura, línea, áreas, líneas de áreas, barras, columnas, círculos de dispersiones, gráficos polares, etc. (ejemplo Fig. 4.25).

Contiene una sintaxis de configuración simple, se ajustan las opciones de configuración. Highcharts no requiere conocimientos de programación especiales. Las opciones se muestran en una estructura de notación de objetos JavaScript, que es básicamente un conjunto de claves y valores conectados por dos puntos separados por comas y se agrupan entre llaves. Es dinámico, a través de una API completa, puede añadir, eliminar y modificar series y puntos o modificar los ejes en cualquier momento después de la creación gráfica.

Highcharts utiliza la biblioteca tooltips para mostrar un texto sobre los gráficos con información sobre cada punto y series. La descripción se descubre cuando el usuario mueve el mouse sobre el gráfico, y muestra la información sobre el grafico seleccionado facilitando así leer un punto, línea o signo que está por debajo de otro punto.

Exportación e Impresión, con el módulo de exportación activada, los usuarios pueden exportar el gráfico en formato SVG PNG, JPG, PDF o con el tecleo de un botón, o imprimir el gráfico directamente desde la página web [37].

#### **IV.4.7. JqPlot**

JqPlot es una biblioteca de trazado y cartografía para jQuery. Se puede utilizar para crear línea simple e interactiva, gráfica en barra y circular. Permite asociar a eventos del mouse características de las gráficas generadas.



**Figura 4.26. Módulo Candlestick-charts [30].**

JqPlot es concebido, desarrollado y mantenido por Chris Leonello. JqPlot es un proyecto de código abierto con licencia dual bajo las licencias MIT y GPL. Por los que el usuario es libre de elegir la licencia que mejor se adapte al proyecto.

Con jqPlot también es posible producir gráficos de líneas, barras y círculos con características como: opciones de estilo gráfico, fecha en los ejes con formato personalizable, hasta 9 ejes, texto del eje rotado, cálculo automático de la línea de tendencia, información sobre herramientas y punto resaltado (ejemplo Fig. 4.26) [30].

### **DESARROLLO DEL PROTOTIPO DEL (SiVIH) USANDO EL MUV**

---

#### **V.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presenta el desarrollo del prototipo del SiVIH usando el MUV. El objetivo del SiVIH consiste en facilitar la comprensión de la información hidrogeológica de las perforaciones de la Provincia de Santiago del Estero, utilizando técnicas de visualización apropiadas. Es por ello que se utilizó el MUV como método de construcción del sistema.

Un sistema de visualización de información hidrogeológica es amplio y complejo. En este trabajo, se limitó su alcance a las funcionalidades que requieren optimización de la visualización. Por dicho motivo se trata de un prototipo; es decir, no se desarrolló el sistema completo; lo cual podrá realizarse en trabajos futuros en el ámbito profesional.

El desarrollo del prototipo según lo descrito en la planificación del proyecto, consiste de 6 etapas. En la etapa 1 se describen los resultados de una investigación exploratoria. Los resultados de esta etapa son los conceptos teóricos del marco hidrogeológico (definidos en el Anexo 1) necesario para la implementación de MUV.

Una vez finalizada la etapa 1 del proyecto, en la etapa 2 se especifican las entidades atributos y relaciones, que se obtuvieron a partir de las entrevistas (sesión de trabajo) realizadas a los profesionales. En función de las entrevistas realizadas hasta ésta etapa se provee de una descripción del sistema (ver Anexo 2). En esta etapa se realizó una preselección de aquellos que se quieren visualizar sin importar el cómo se representará, para ello se agrupan los datos de acuerdo a sus características en subgrupos.

En la etapa 3 se permitió al usuario realizar una selección del conjunto de datos anteriores y descubrir a partir de los mismos, nuevos datos. Este nuevo conjunto de datos conforma el conjunto de datos abstracto.

En la etapa 4 se realiza una selección de aquellos datos que se desea representar. Esto permitió que el usuario indique qué quiere visualizar dentro del conjunto de Datos Abstractos, definido previamente. Para ello se presentó al usuario prototipos gráficos, sobre los objetos que se desean visualizar.

En la etapa 5 de este trabajo se construyó el mapeo visual, este estado es previo a la generación de la representación visual. Para esto, se identificó aquellas características espaciales que permitan a los datos presentes, ser directamente visualizables aplicando una técnica que los soporte. Describir las características espaciales requirió la utilización de las 8 (ocho) variables de visualización definidas por Jacques Bertin.

En la etapa 6, sobre los mapeos visuales definidos en la etapa anterior, se definió cómo se aplican las técnicas de visualización, detalladas en el marco metodológico. Resultados de esta etapa son las representaciones visuales en pantalla, por las cuales el usuario opto por la mejor técnica que represente los atributos.

## **V.2. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

A partir de las sesiones de trabajo realizadas a un grupo de profesionales y al análisis bibliográfico se construyó una breve descripción de los conceptos de las áreas de hidrogeología, hidráulica y química. Estos conceptos son de vital importancia para la comprensión del sistema y su importancia tanto en lo académico como en el medio laboral.

Esta descripción de los conceptos fundamentales, tales como equipo de geofísica, estudio hidrológico, perfil litológico, acuíferos, betonita, trepano, testificación geofísica, sonda de radiación gama, conductividad eléctrica, registros eléctricos, resistencia eléctrica, conductivo, perforación exploratoria e hidroquímicos. Los cuales se encuentran puntualizados en el Anexo 1 y 3.

## **V.3. RECOLECCIÓN DE DATOS**

Durante la recolección de datos, se implementaron las siguientes técnicas: sesiones de trabajo (entrevistas a especialistas), análisis funcional de software similar, diccionario de datos, casos de uso, modelos de clases, con el objetivo de describir el sistema. A su vez, también se definen las entidades, atributos y relaciones que intervienen en el estado inicial del MUV, es decir el conjunto de datos crudos.

El dominio de aplicación del prototipo de visualización de información hidrogeológico, se encuentra orientado al proceso de excavación para entubamiento, en el Anexo 2 se proporciona una descripción general del proceso de perforación.

Cabe destacar que el diccionario de datos generados que se encuentra en el Anexo 2, consiste de los términos o palabras claves definidas durante la entrevista y una breve descripción a partir de las investigaciones bibliográficas.

A partir de la descripción del procedimiento de perforación, se limitó el diseño del sistema (prototipo). Motivo por el cual, el prototipo está orientado a recabar información necesaria para determinar la calidad de los acuíferos mediante el análisis físico, químico e hidráulico y describir las características de los perfiles litológicos atravesados por el trepano durante la excavación.

### **V.3.1. Sesión de Trabajo**

Para identificar las funciones del prototipo se realizó una sesión de trabajos en la que un grupo de docentes, elaboraron una descripción detallada de las actividades ejecutada en una perforación, a través del diálogo y el intercambio de ideas.

Los participantes fueron 4 (cuatro) docentes pertenecientes al Departamento Académico de Geología y Geotécnica de la FCEyT de la UNSE. Para la sesión se crearon preguntas aleatoriamente, en medida que la descripción avanzaba. Cada docente participó, respondiendo en función del conocimiento que tienen de una perforación. La experiencia demandó dos horas de trabajo por parte del grupo de docentes, quienes en ese lapso comunicaron y aclararon ideas del correcto desarrollo de una perforación modelo (ver Anexo 2).

### **V.3.2. Análisis Funcional de Software Similares**

Para realizar el análisis funcional se seleccionó el software RockWorks y HydroGeo Analyst, que son los más parecidos en características funcionales a lo requerido por los profesionales.

En la tabla 5.1 se proporciona un cuadro comparativo de los software de representación hidrogeológica RockWorks y HydroGeo Analyst

**Tabla 5.1. Comparación del software RockWorks y HydroGeo Analyst [9,10].**

	<b>RockWorks</b>	<b>HydroGeo Analyst</b>
<b>Para que fue desarrollado</b>	Herramienta que permite visualizar, interpretar y representar los datos de la superficie y del subsuelo, estándar en las industrias del petróleo, ambiental, geotecnia y minería para la visualización de datos del subsuelo.	Es el software integral de gestión de datos de aguas subterráneas desarrollado por Schlumberger Water Services. HydroGeo Analyst incorpora una gama completa de herramientas de análisis y elaboración de informes de aguas subterráneas, con una potente tecnología de bases de datos y extremadamente flexible.
<b>Herramientas</b>	Herramientas populares como mapas, registros, secciones transversales, diagramas de cerca, modelos sólidos y volumetría.	Gestor de proyectos y datos. Editor de listas. Creador de consultas. Editor de secciones transversales. Gestor de pozos de sondeo. Gestor de plantillas. Editor de especificaciones de materiales. Sistema de transferencia de datos. Gestor de mapas SIG. Explorador de gráficos y animaciones en 3D. Editor de informes.
<b>Aplicaciones en Google</b>	Incluye herramientas de visualización de Google Earth; que coordina y apoya la unidad de datos, modelos, gráficos y herramientas de dibujo mejoradas en secciones transversales y mucho más.	Muestra datos ambientales en Google Maps, en pantallas interactivas, informes tabulares, los detalles de la estación y los gráficos del nivel de agua.
<b>Base de datos</b>	Los datos se almacenan en un MS Access o base de datos SQL Server.	Flexibiliza el diseño de la estructura de base de datos SQL Server, las plantillas de registro de pozos y estilos de presentación de informes que desea
<b>Costos</b>	Licencia de Uso Comercial: \$ 700.00	Licencia de Uso Comercial \$5,595.00
<b>Requisitos para instalar</b>	Configuración mínima del sistema recomendada para el uso de RockWorks: Windows XP, Windows Vista o Windows 7. (Windows 98, ME, 2000, y NT no son compatibles.) Necesita 1 GB de ram (se recomienda 2 GB), un procesador de más de 1,4 GHz. Establece una imagen de 800 x 600 píxeles.	Sistemas operativos compatibles: Windows 7 Professional, Enterprise o Ultimate de Windows Vista Business, Ultimate o Enterprise (SP2) de Windows XP Pro (SP3). No es compatible con las versiones Home y Starter de Windows. Requiere un procesador de 32 bits o 64 bits. Demanda 100 mb disponible en el disco duro, 1 GB de ram (2 GB recomendado) y placa de red.

**Tabla 5.1. Comparación del software RockWorks y HydroGeo Analyst [9,10] (Continuación).**

	<b>RockWorks</b>	<b>HydroGeo Analyst</b>
<b>Salida de datos en imágenes</b>	<p>Visualiza mapa de la ubicación con iconos, círculos, conos, cilindros, símbolos, líneas de visualización, polilíneas, tubos, parábolas, y tuberías en Google Earth.</p> <p>Representa polígonos en pantalla, reclamaciones, contratos de arrendamiento, secciones PLSS, esquemas estatales y nacionales de Estados Unidos en Google Earth.</p> <p>Muestra imágenes del suelo, con descripciones flotantes.</p> <p>Crea sobrevuelos simples y avanzada, con visión de futuro o circular en Google Earth.</p> <p>Crea mapas de datos espaciales para ilustrar máximos, mínimos, promedios, promedios ponderados, etc.</p> <p>Calcula y muestra ubicaciones de los puntos y polígonos a partir de datos de la encuesta.</p>	<p>Visualiza mapas de alto impacto con tornos del nivel freático y puntos críticos de contaminantes. Genera gráficas y tablas dinámicamente, permitiendo el envío de reporte.</p> <p>Permite el diseño y la ejecución de búsquedas de referencias cruzadas para su exportación a formatos MS Excel TM o HTML.</p> <p>Proporciona secciones con despliegue de capas geológicas o hidrogeológicas para una interpretación precisa.</p> <p>Genera gráficos inmediatos de los registros de una perforación, con despliegue gráfico de sus registros.</p> <p>Utiliza formatos personalizados, y permite la transferencia al diseñador de reportes para su impresión.</p> <p>Crea representación tridimensional y animaciones.</p>
<b>Idioma</b>	Ingles	Ingles

### **V.3.3. Modelos de Casos de Uso**

Uno de los primeros pasos para iniciar el proceso de visualización, según el MUV, es definir el conjunto de datos crudos. Para construir este estado se hizo uso de los Modelos de Casos de Uso.

Los casos de uso se emplearon para capturar el funcionamiento deseado del sistema en desarrollo, sin tener que especificar cómo se implementa ese funcionamiento. Cada caso de uso especifica el funcionamiento del sistema o de parte del mismo, y es una descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema para producir un resultado observable de valor para un actor. Cabe aclarar que se definen los casos de usos más importantes, para describir las actividades que debe representar el prototipo. A su vez, solo se presentan los casos de uso para un actor, el usuario con permiso de escritura de obra, identificado como administrador. Por lo que se dejan de lado el usuario con permiso de lectura y el administrador de la base de datos.

**GESTIÓN DE OBRAS DE PERFORACIÓN**

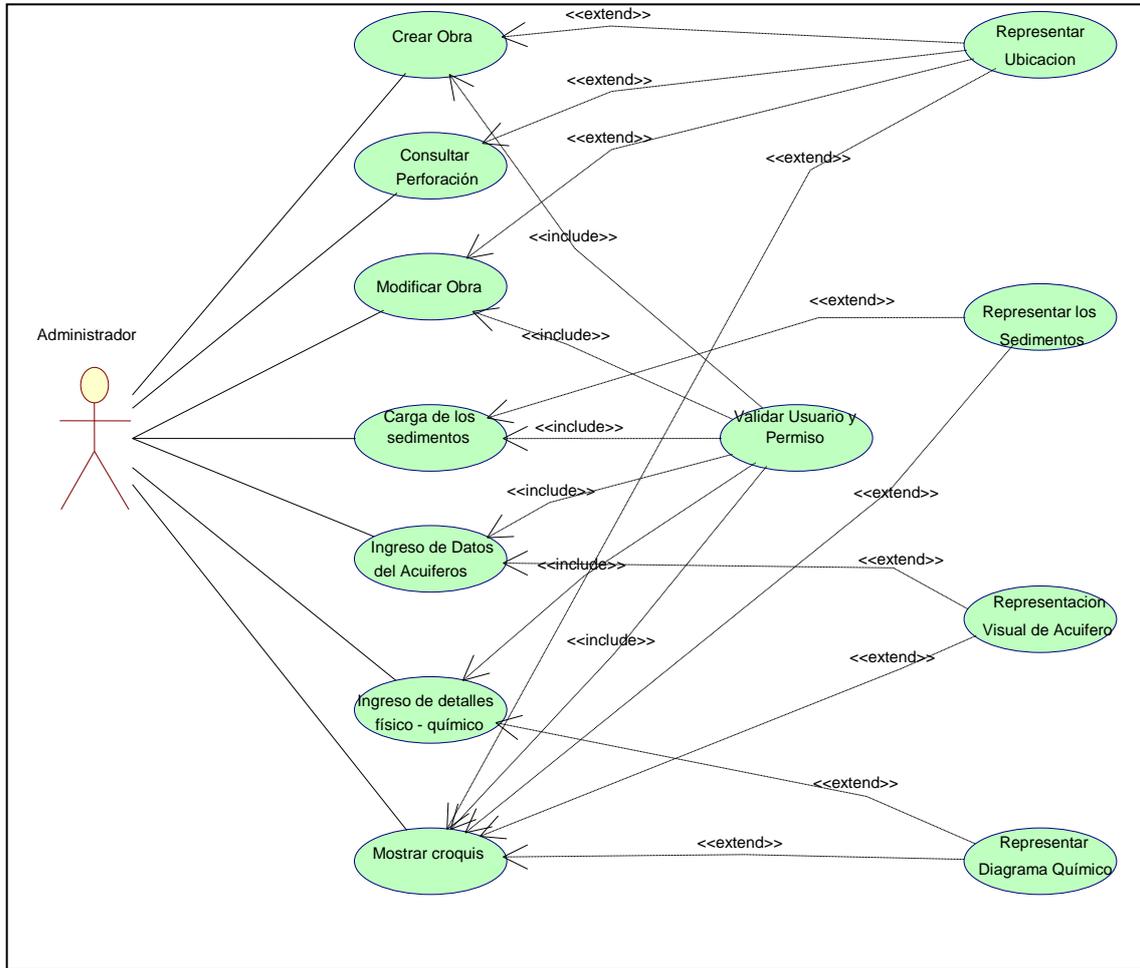


Figura 5.1. Diagrama de Gestión de Obras de Perforación.

**CASO DE USO: INICIO DE PROYECTO**

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** El usuario administrador inicia un proyecto de perforación.

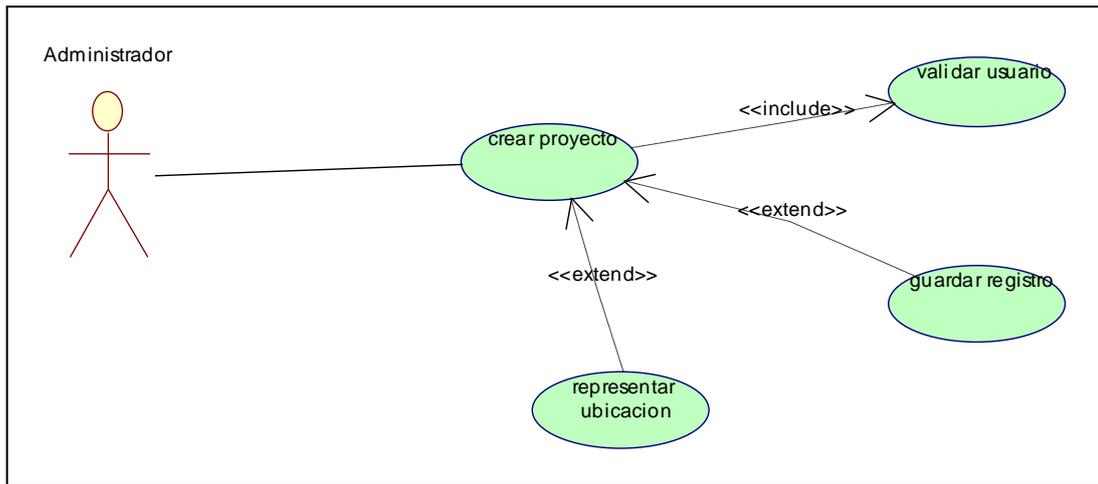


Figura 5.2. Caso de uso inicio de proyecto.

### Flujo de sucesos

Se detalla a continuación el flujo de eventos para el caso de uso inicio de proyecto (ver tabla 5.2).

Tabla 5.2. Flujo de sucesos del caso de uso inicio de proyecto.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El prototipo debería haber pasado la validación de inicio sesión una vez ingresado el nombre de usuario y la contraseña.
<b>Camino básico</b>	1- El administrador selecciona la pestaña Proyecto y en el submenú Crear. 2-El administrador ingresa los datos necesarios para crear el proyecto. 3-El administrador guarda el proyecto.
<b>Caminos alternativos</b>	1ª. El administrador selecciona otra opción. 2ª. El administrador ingresa incorrectamente algún dato del proyecto. 3ª. El administrador no guarda los datos ingresados.

### CASO DE USO CONSULTAR PERFORACIÓN

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** es utilizado por el usuario, independiente del permiso que éste posee y al rol asignado en una obra de perforación.

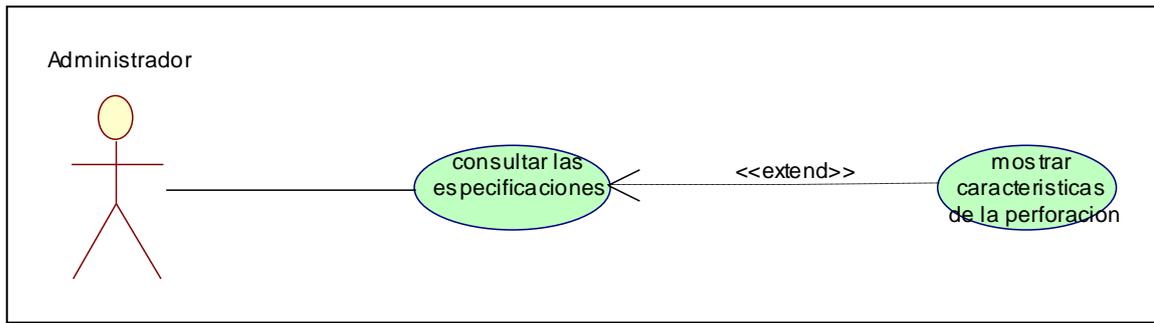


Figura 5.3. Consultar Perforación

**Flujo de sucesos**

Tabla 5.3. Flujo de sucesos del caso de uso consultar perforación.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El usuario ingresa al sistema y selecciona la perforación.
<b>Camino básico</b>	1-El usuario selecciona una perforación determinada en el menú contextual 2-El sistema brinda las características litológicas, hidrológicas, análisis físico químico y entubamiento de la excavación seleccionada
<b>Caminos alternativos</b>	1 <sup>a</sup> . El usuario no selecciona ninguna perforación. 1 <sup>b</sup> . El sistema no encuentra la perforación a buscar 2 <sup>a</sup> . El sistema no le brinda las características de la perforación.

**CASO DE USO: MODIFICACIÓN DEL PROYECTO**

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** El usuario con permiso de escritura solicita modificar los datos del proyecto (fecha, profundidad, ubicación, etc.).

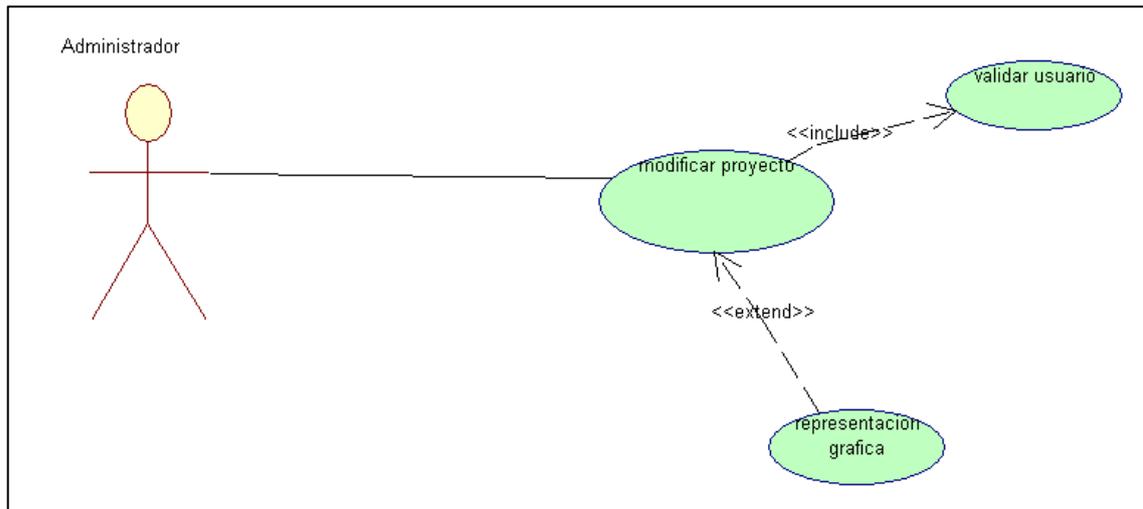


Figura 5.4. Caso de uso modificar proyecto.

### Flujo de sucesos

Tabla 5.4. Flujo de sucesos del caso de uso modificar proyecto.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El prototipo debería haber pasado la validación de inicio sesión una vez ingresado el nombre de usuario y la contraseña.
<b>Camino básico</b>	1-El administrador selecciona el Proyecto y la característica a Modificar. 2-El administrador modifica los datos del proyecto 3-El administrador guarda el proyecto.
<b>Caminos alternativos</b>	1ª. El usuario no selecciona el proyecto. 2ª. El usuario ingresa incorrectamente alguna modificación del proyecto. 3ª. El administrador no guarda las modificaciones del proyecto.

#### **CASO DE USO: CARGA DE LOS SEDIMENTOS**

**Tipo:** Principal.

**Actor:** Administrador

**Descripción:** esta función permite al usuario visualizar los sedimentos que se detectaron durante una perforación, respetando las normas internacionales de representación.

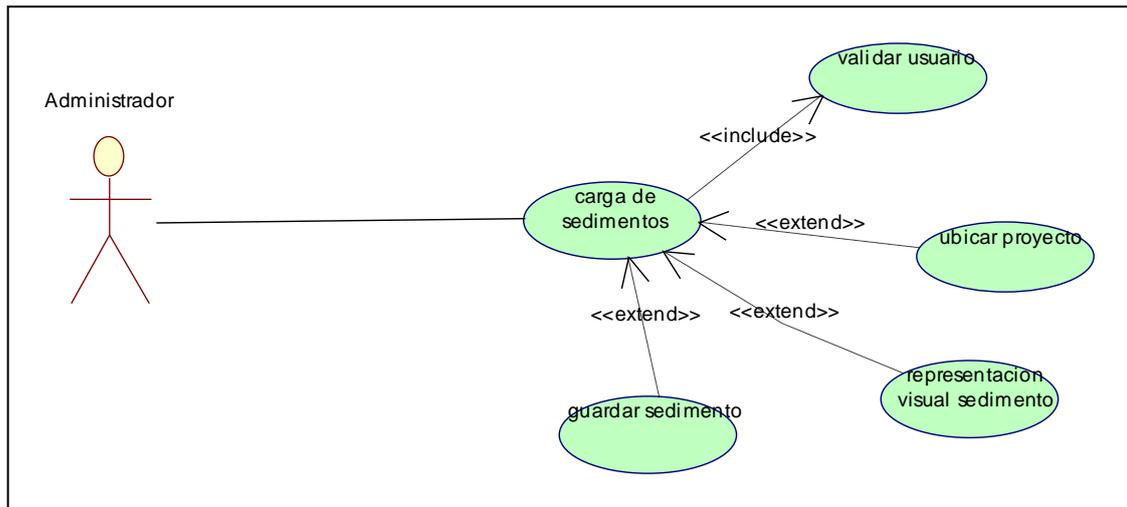


Figura 5.5. Caso de uso representación de los sedimentos.

**Flujo de sucesos**

Tabla 5.5. Flujo de sucesos del caso de uso representación de los sedimentos.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El usuario habrá de ingresar la clave y una vez validado, el sistema permitirá que ingrese o seleccione la excavación de interés.
<b>Camino básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona o ingresa la excavación.</li> <li>2. El usuario selecciona perfil litológico.</li> <li>3. El sistema muestra los sedimentos obtenidos durante la excavación, la profundidad desde donde se los recolecto y cualquier observación que se haya registrado sobre los mismos.</li> </ol>
<b>Caminos alternativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1<sup>a</sup> El usuario no selecciona o ingresa la excavación.</li> <li>1<sup>b</sup> No se encuentra la excavación solicitada.</li> <li>3<sup>a</sup> La excavación solicitada no contiene registro sobre los sedimentos obtenidos</li> </ol>

**CASO DE USO: INGRESAR LA UBICACIÓN DEL ACUÍFERO DETECTADO DURANTE LA PERFORACIÓN**

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** El sistema permitirá al usuario administrador del proyecto registrar donde y a qué profundidad se detectó el o los acuífero durante la excavación.

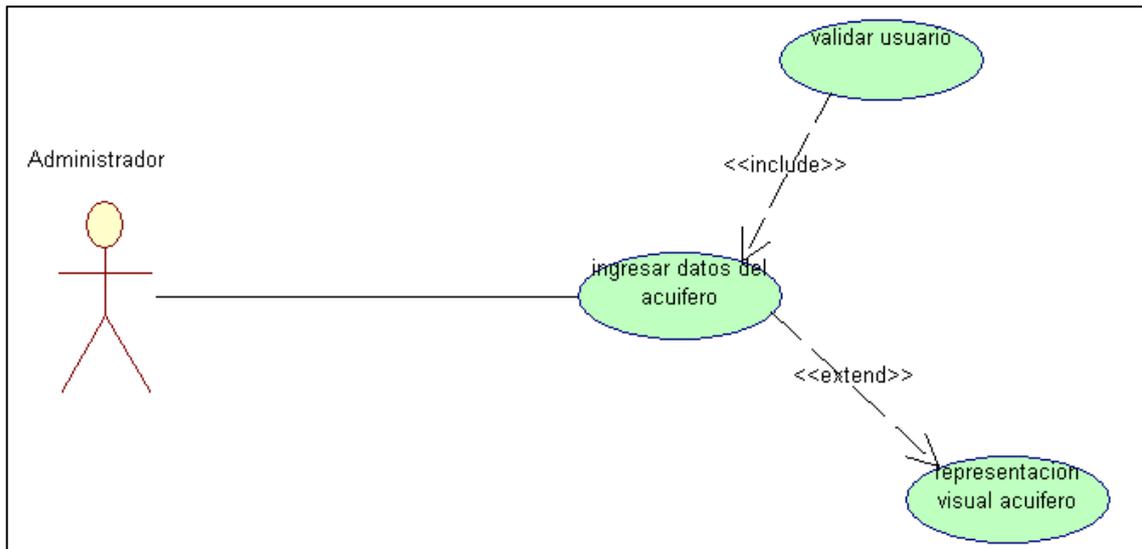


Figura 5.6. Caso de uso ingresar la ubicación del acuífero.

### Flujo de sucesos

Tabla 5.6. Flujo de sucesos del caso de uso ingresar la ubicación del acuífero.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El usuario selecciona la perforación y una vez validado ingresa a la opción de <b>Hidráulico</b> .
<b>Camino básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Usuario se identifica como administrador del proyecto.</li> <li>2- El sistema ofrece una lista de proyecto sobre los cuales puede trabajar.</li> <li>3- El usuario selecciona el proyecto para el cual se registrará el acuífero.</li> <li>4- Selecciona el Análisis Hidráulico.</li> <li>5- El usuario ingresa los datos del acuífero (base, techo, nivel estático, nivel dinámico, caudal).</li> <li>6- El sistema almacena su ubicación y le ofrece la posibilidad de ingresar otro acuífero.</li> </ol>
<b>Caminos alternativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1<sup>a</sup>. El sistema advierte al usuario que no cuenta con proyectos sobre los cuales pueda realizar modificaciones.</li> <li>5<sup>a</sup>. El usuario no ingresa la ubicación del acuífero.</li> <li>6<sup>a</sup>. El usuario ingresa otro acuífero.</li> </ol>

**CASO DE USO: REGISTRAR EL ANÁLISIS QUÍMICO REALIZADO AL ACUÍFERO.**

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** El sistema permitirá al usuario (administrador del proyecto) ingresar el análisis químico realizado al acuífero detectado durante la excavación.

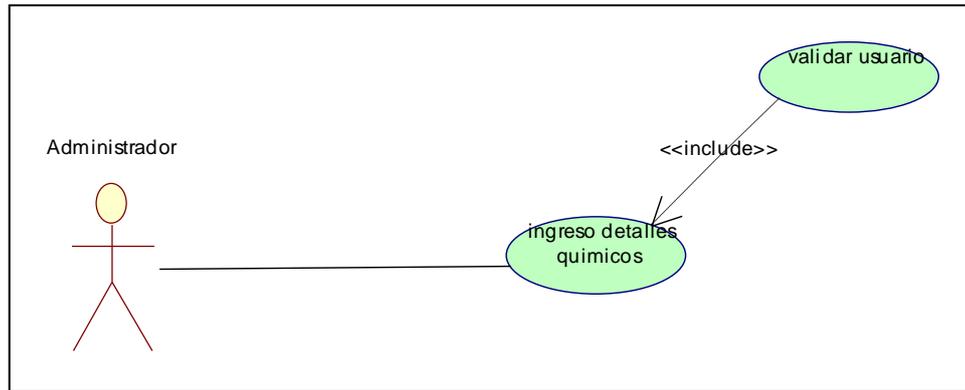


Figura 5.7. Caso de uso registrar el análisis químico.

**Flujo de sucesos**

Tabla 5.7. Flujo de sucesos del caso de uso registrar el análisis químico.

<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El usuario tendrá que ingresar la clave y una vez validado, el sistema le permitirá seleccionar la excavación de interés y del mismo el acuífero.
<b>Camino básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la excavación.</li> <li>2. El usuario selecciona la opción Análisis Químico.</li> <li>3. El sistema representa los acuíferos asociados a la excavación</li> <li>4. El usuario selecciona el acuífero.</li> <li>5. El sistema almacena el análisis realizado. Y realiza la evaluación del estado químico del agua, es decir si es apta para consumo</li> </ol>
<b>Caminos alternativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1<sup>a</sup>. El usuario no selecciona excavaciones alguna</li> <li>2<sup>a</sup>. El selecciona otra opción.</li> <li>3<sup>a</sup>. El sistema presenta múltiples acuífero.</li> <li>3<sup>b</sup>. El sistema no registro acuífero asociado a la excavación.</li> </ol>

**CASO DE USO: MOSTRAR LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PERFORACIÓN**

**Tipo:** Principal

**Actor:** Administrador

**Descripción:** El sistema debe mostrar al usuario un plano de la perforación que solicite. La misma debe de contar tanto con imagen del terreno donde se realizó la excavación, como descripciones que facilite su análisis.

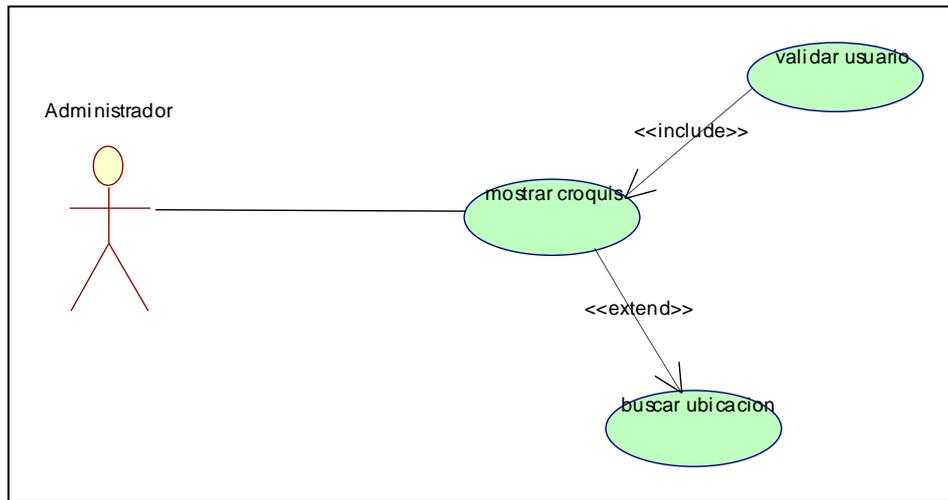


Figura 5.8. Caso de uso mostrar la ubicación geográfica de la perforación.

**Flujo de sucesos**

Tabla 5.8. Flujo de sucesos del caso de uso mostrar la ubicación geográfica de la perforación.

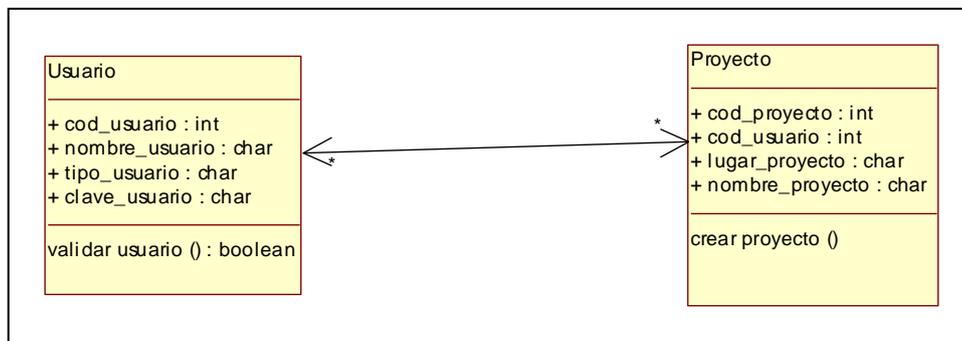
<b>Iniciador</b>	Administrador
<b>Precondición</b>	El usuario tendrá que seleccionar la excavación de interés y el sistema representará toda la información relevante.
<b>Camino básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la excavación en el menú.</li> <li>2. El sistema representa en una mapa la excavación y un radio de exploraciones</li> </ol>
<b>Caminos alternativos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1ª. El usuario selecciona otra opción.</li> <li>2ª. El sistema no cuenta con datos almacenados con respecto a la excavación solidada</li> </ol>

### V.3.4. Diagrama de Clases

Definido los casos de uso se presentan los modelos de clase, que visualizan las relaciones entre las clases que involucran el sistema. Se adjuntan a las realizaciones de casos de uso mostrando sus clases participantes y sus relaciones para coordinar todos los requisitos sobre una clase y sus objetos [1].

#### **DIAGRAMA DE CLASE: INICIO DE PROYECTO**

En la Fig. 5.9 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso inicio de proyecto / obra, y las relaciones entre las clases.



**Figura 5.9. Diagrama de clase de Inicio de proyecto.**

#### **DIAGRAMA DE CLASE: CONSULTAR PERFORACIÓN**

En la Fig. 5.10 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso consultar perforación, y las relaciones entre las clases.

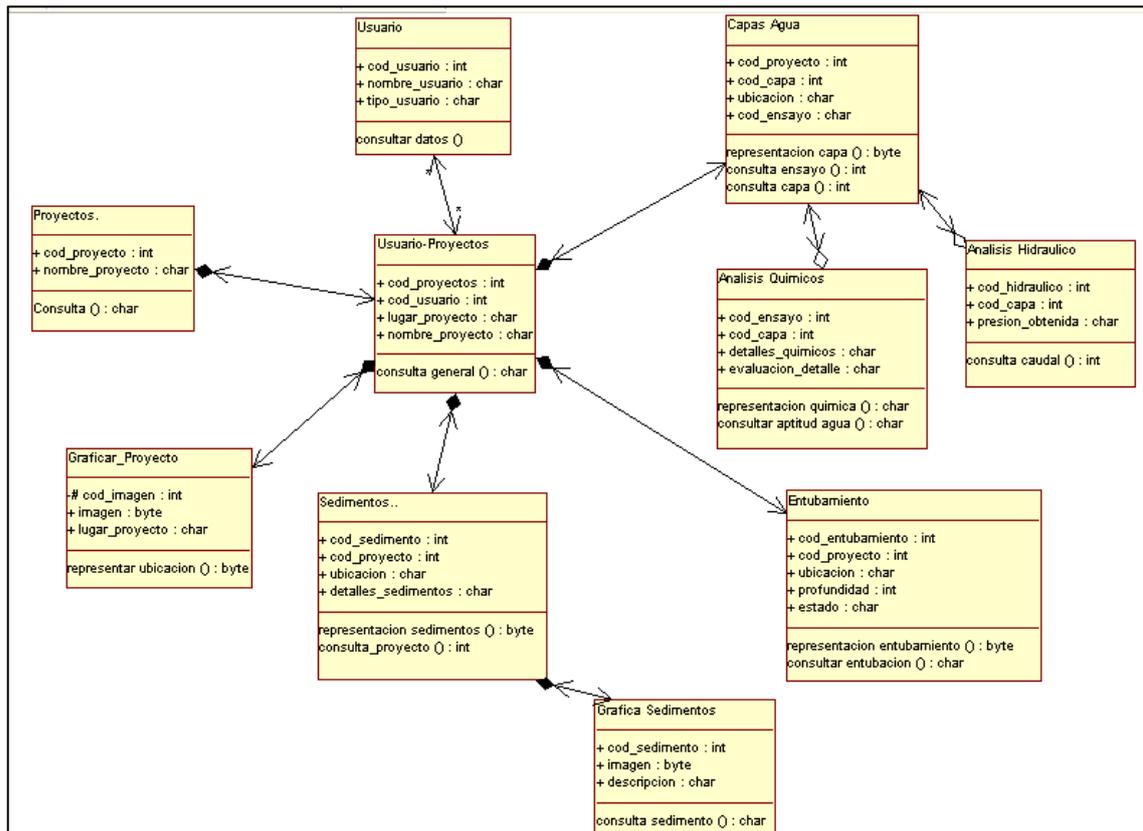


Figura 5.10. Diagrama de clase de consultar perforación.

### DIAGRAMA DE CLASE 3: MODIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la Fig. 5.11 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso modificación del proyecto, y las relaciones entre las clases.

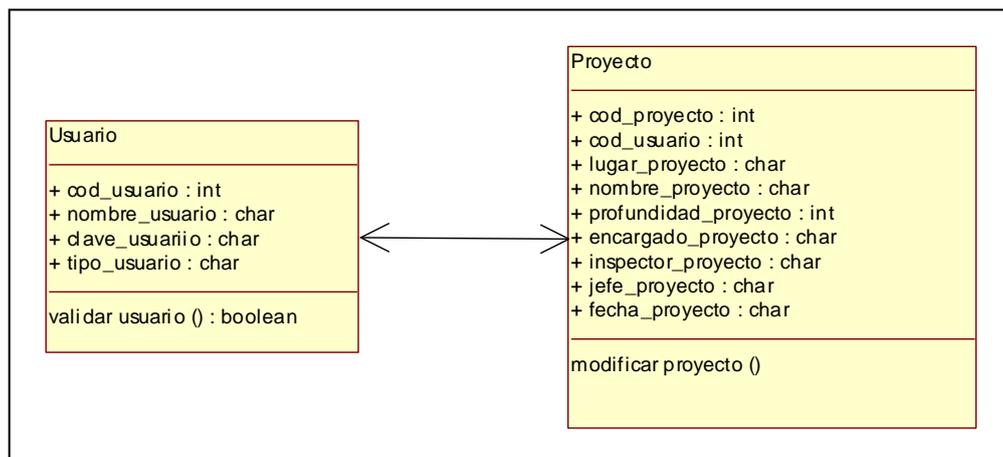


Figura 5.11. Diagrama de clase de Modificación del Proyecto.

**DIAGRAMA DE CLASE 4: CARGA DE LOS SEDIMENTOS**

En la Fig. 5.12 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso carga de sedimentos, y las relaciones entre ellas.

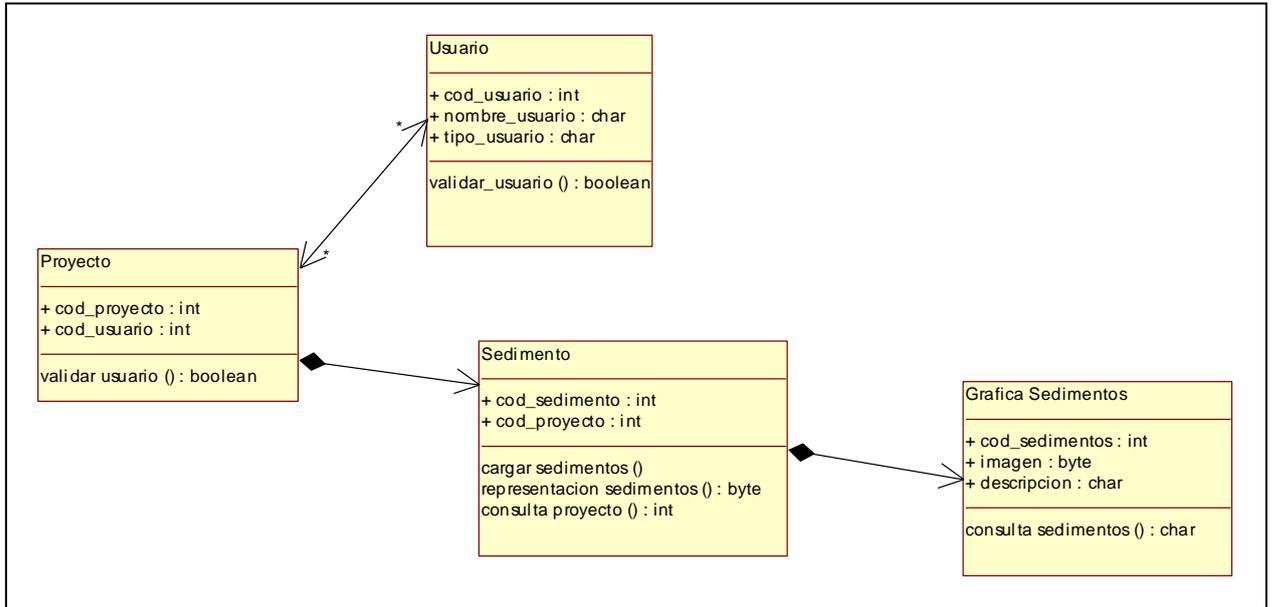


Figura 5.12. Diagrama de clase de Carga de los Sedimentos.

**DIAGRAMA DE CLASE 5: INGRESAR LA UBICACIÓN DEL ACUÍFERO DETECTADO DURANTE LA PERFORACIÓN**

En la Fig. 5.13 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso ingreso de la ubicación del acuífero de una perforación, y las relaciones entre ellas.

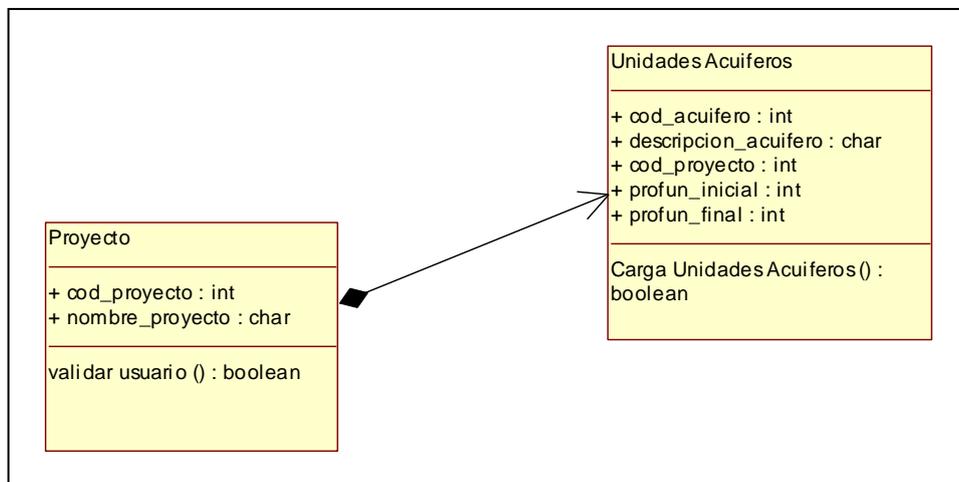


Figura 5.13. Diagrama de clase de Ingresar la Ubicación del Acuífero Detectado Durante la Perforación.

**DIAGRAMA DE CLASE 6: REGISTRAR EL ANÁLISIS QUÍMICO REALIZADO AL ACUÍFERO DE UNA PERFORACIÓN.**

En la Fig. 5.14 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso ingreso de la ubicación del acuífero de una perforación, y las relaciones entre ellas.

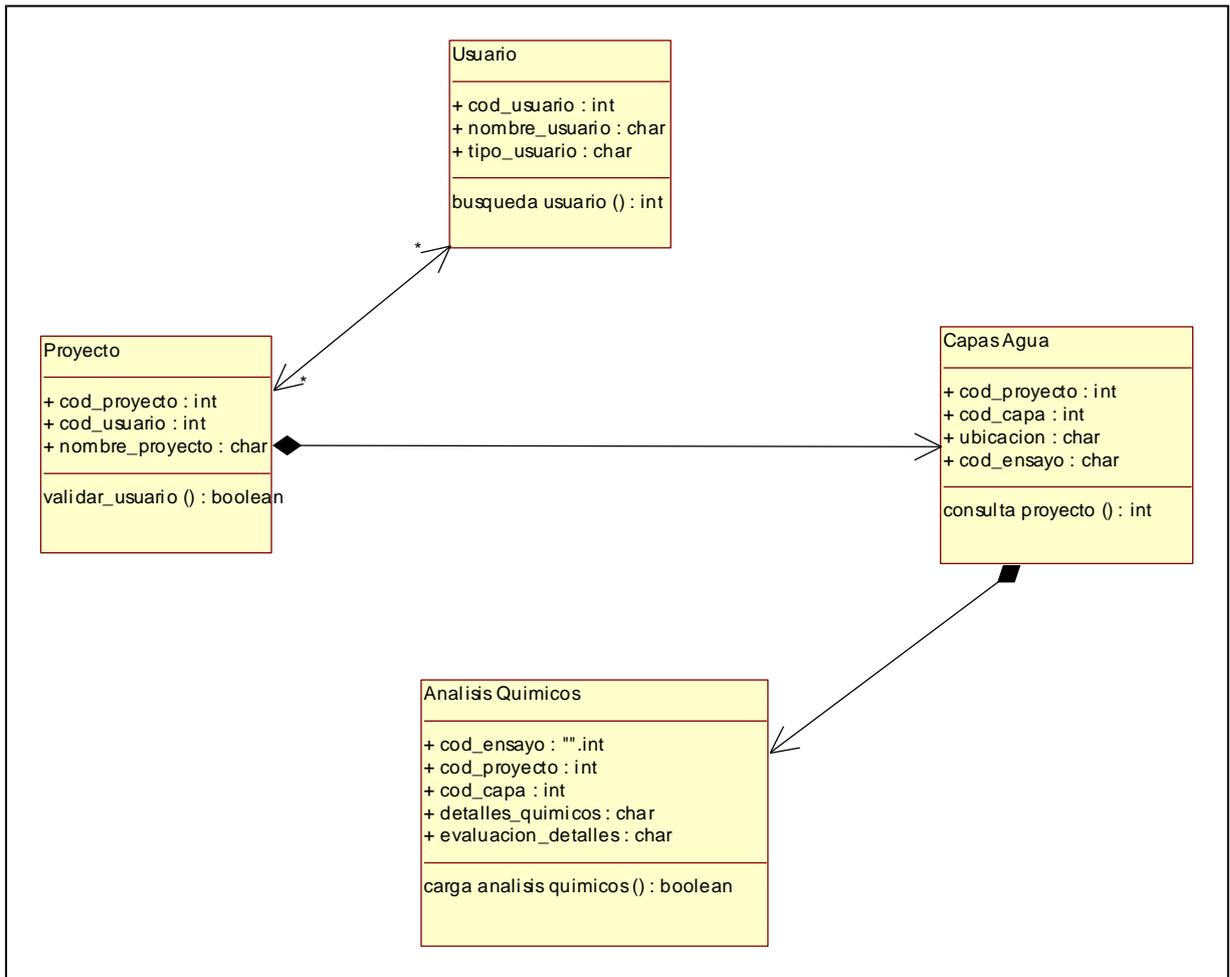


Figura 5.14. Diagrama de clase de Registrar el Análisis Químico Realizado al Acuífero de una Perforación.

**DIAGRAMA DE CLASE 7: MOSTRAR LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PERFORACIÓN**

En la Fig. 5.15 se observa el diagrama de las clases involucradas en el caso de uso mostrar la ubicación geográfica de la perforación, y las relaciones entre ellas.

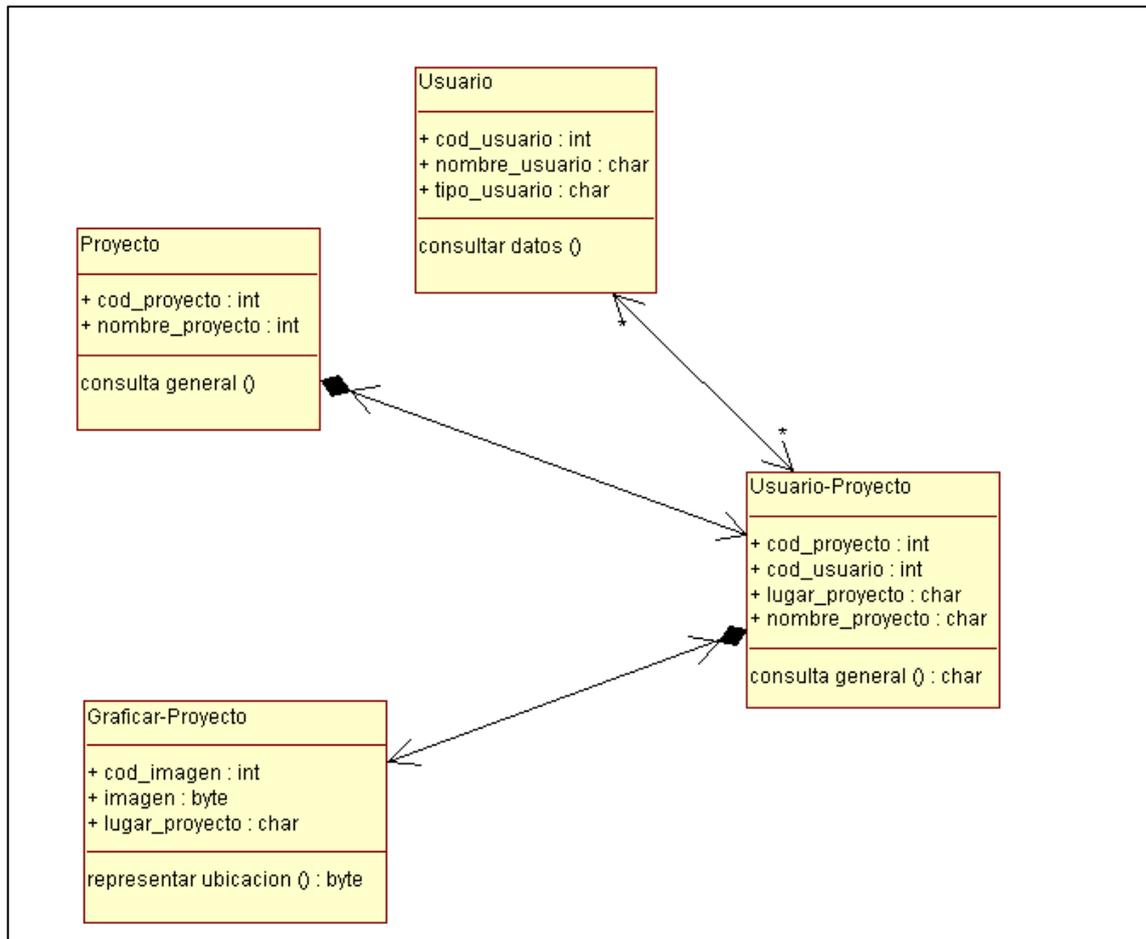


Figura 5.15. Diagrama de clase de Mostrar la Ubicación Geográfica de la Perforación.

### **V.3.5. Entidades, Relaciones y Atributos**

A partir de las sesiones de trabajo (ver Anexo 2) realizadas a los profesionales de la facultad de la UNSE, al análisis de los software e HydroGeo Analyst y a planos de perforaciones proporcionados se definieron las entidades, relaciones y atributos.

A continuación, se identifican las entidades, relaciones y atributos que intervienen en la elaboración del estado de datos crudos del prototipo.

#### **V.3.5.1 Entidades**

Las entidades son los objetos de interés que se visualizan, y son los siguientes:

- ✓ Perfil litológico (Extractos)
- ✓ Perfil geológico
- ✓ Análisis químico
- ✓ Análisis Hidráulico

- ✓ Ubicación geográfica
- ✓ Evolución Histórica
- ✓ Entubamiento

### V.3.5.2. Relación

Las relaciones pueden estar definidas por las estructuras y/o patrones bajo los que se presentan las entidades, para ello se empleó un diagrama de clase como se observa en la Fig. 5.17.

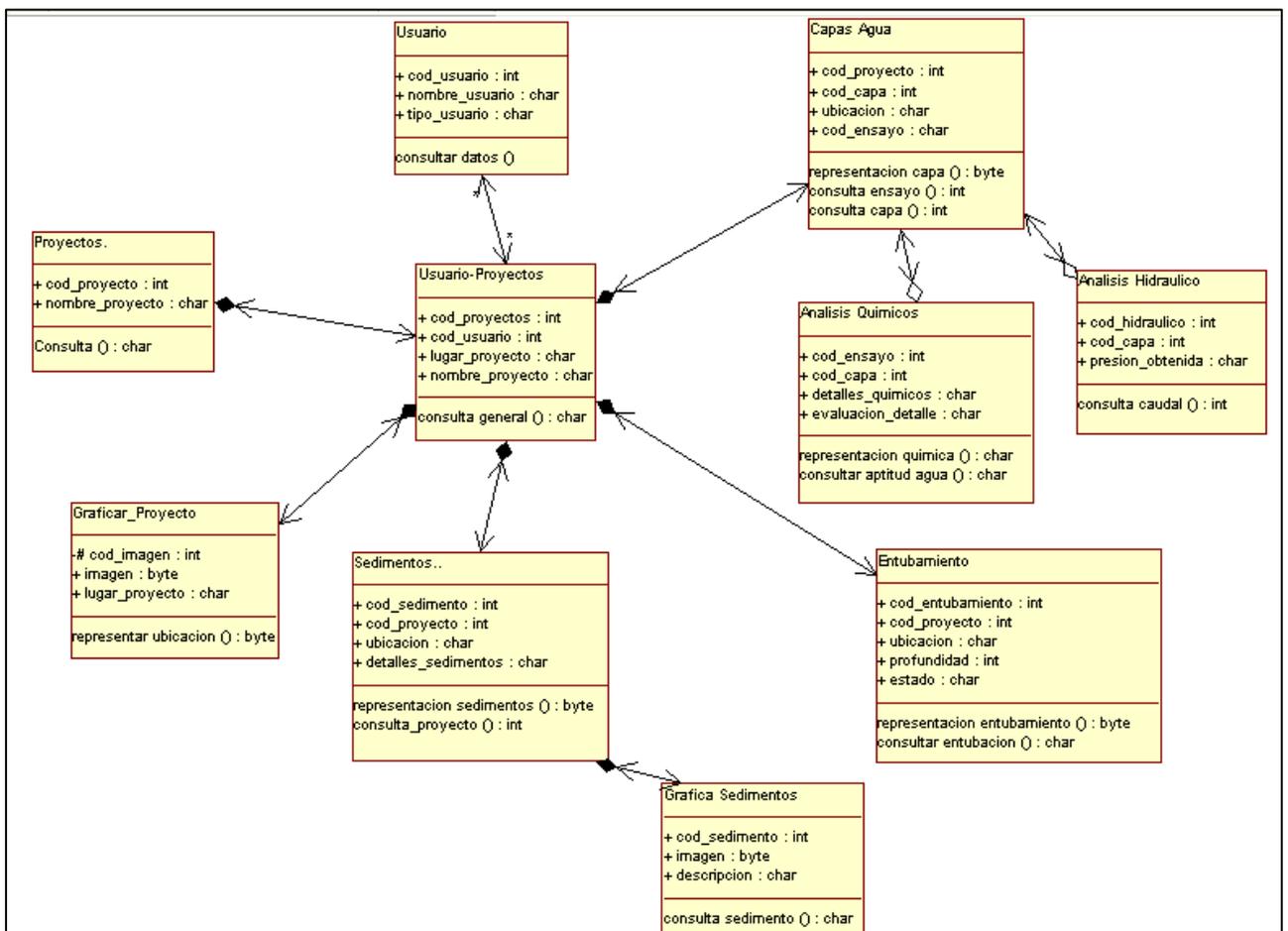


Figura 5.17. Diagrama de clase de las relaciones del prototipo.

### V.3.5.3. Atributos

Los atributos, son las propiedades de las entidades y relaciones, y se definen las siguientes:

- ✓ Perfil Litológico: tipos de sedimentos, ubicación (límite inferior y superior), norma de representación, base inferior y superior.
- ✓ Perfil Geológico: edad, profundidad.

- ✓ Análisis Químicos: aptitud del agua.
- ✓ Análisis Hidráulico: presión y depresión, caudal de litros por hora.
- ✓ Ubicación Geográfica: coordenadas geográficas.
- ✓ Evolución Histórica: mes, año y profundidad de excavación, nombre de la máquina, capacidad, lugar, fecha de inicio y fin, encargado, inspector y jefe.
- ✓ Entubamiento: diámetro, profundidad, tipo de cañería.
- ✓ Capa de Agua: ubicación, ensayo.

Una vez completado con las técnicas, se llegó a definir los datos crudos, es decir los datos necesarios para aplicar las transformaciones del MUV a partir de los aspectos más relevantes de las perforaciones hidrogeológicas.

#### **V.4. TRANSFORMACIÓN DE DATOS CRUDOS A DATOS ABSTRACTOS**

En esta etapa se implementó la técnica de sesiones de trabajo (entrevistas a docentes y alumnos) a partir de la cual se definió el universo visualizable. Para describir el conjunto de datos abstractos se utilizó una tabla que identifique los metadatos.

Como cualquier interacción del usuario que exceda a los datos almacenados en el estado de datos abstractos demanda una nueva captura de datos crudos. Esta etapa sufrió diversas correcciones, es decir si un nuevo dato se definió en esta etapa este cambio se refleja posteriormente. Ejemplo de este suceso, fue la incorporación de los valores de los niveles estáticos y dinámicos de un acuífero. Valores que permitieron obtener nuevos datos abstractos como ser depresión, caudal y caudal específico.

A continuación se presenta en una tabla los datos crudos y los atributos de los mismos (tabla 5.9). En función de las relaciones existentes entre los diferentes atributos y de las experiencias de los docentes, obtenidas a partir de las sesiones de trabajo, se determinaron los metadatos pertenecientes a cada uno de los datos. Estos datos derivados de los ya existentes constituyen los datos abstractos.

**Tabla 5.9. Estructura del conjunto de datos abstractos.**

<b>Datos</b>	<b>Atributos</b>	<b>Metadatos</b>
Perfil Litológico	Tipos de sedimentos, ubicación (límite inferior y superior), representación de sedimentos, base inferior y superior, tramas	Espesor del extracto, Normas de representación visual 710, características de las tramas (color, tamaño)
Análisis Químicos	Aptitud del agua, Análisis físicos y químicos.	Código alimentario argentino para determinar la potabilidad del agua, graficas de aniones y cationes (diagrama de Stiff), fecha de muestreo.
Análisis Hidráulico	Presión y depresión, caudal de litros por hora	Nivel Piezometrico (nivel estático), nivel dinámico, caudal, depresión, espesor del acuífero, base y techo del acuífero.
Ubicación Geográfica	Coordenadas geográficas	Representación en grados minutos y segundos. Imagen de la excavación, estado del proyecto (activo, inactivo), tipo de perforación, representación icónica de acuerdo al tipo de pozo.
Entubamiento	Diámetro, profundidad.	Tipos de cañerías, diámetro de la perforación (techo y base del acuífero), espesor del acuífero. Tipo de filtro de agua y ubicación

Una vez definidos los datos abstractos, se estableció que el universo potencialmente visualizable del prototipo está constituido por los datos previamente mencionados.

### **V.5. TRANSFORMACIÓN DE DATOS ABSTRACTOS A DATOS A VISUALIZAR**

Para llevar a cabo la transformación, además de utilizar los datos generados por la etapa anterior se aplicaron las siguientes técnicas: entrevistas a los usuarios (sesiones de trabajos), prototipación basada en esquemas y gráficos en papel o diapositivas. Estas

técnicas permitieron transformar los datos abstractos (obtenidos en el etapa anterior) a datos a visualizar.

De acuerdo a las entrevistas a los profesionales del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de la FCEyT de la UNSE se realizó una selección de los datos abstractos a visualizar.

De los datos abstractos obtenidos anteriormente, se omitieron la visualización de la información de características físico-químico (los ensayos o muestreos por acuífero) de los acuíferos y la evolución histórica de la excavación. No se visualizara la evolución histórica porque no se cuenta con información sobre los materiales y personal, es decir recursos que se emplean en la perforación. Como así tampoco el tiempo necesario para el desarrollo de las actividades.

Tampoco se visualizará las características físico-químicas de los acuíferos (perfil eléctrico, los ensayos o muestreos por acuífero) debido a que no se dispone de información sobre los dispositivos y muestreos que permiten tomar mediciones, ni medios para capturar los datos provistos por los mecanismos de análisis. En el caso de las características hidráulica de la perforación no se visualizará la producción del pozo debido que no se dispone de información sobre el estado actual.

Al haber realizado la selección, proyección y filtrado del subconjunto de datos de la etapa anterior, se define qué quiere el usuario visualizar (esto a partir de las sesiones de trabajos realizadas con los usuarios) y en qué determinada instancia, sin preocuparse del cómo.

### **V.5.1 Instancias de Visualización del Prototipo**

Se procedió a dividir las actividades en cinco instancias, definiendo las posibles representaciones graficas que podría realizar el prototipo según lo establecido por los docentes y alumnos del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de la FCEyT de la UNSE.

- **CREAR PROYECTO**

Primera instancia, en esta apartado el usuario define los datos con respecto al proyecto de perforación; como ser ubicación geográfica (latitud y longitud), cota de boca de pozo,

nombre del proyecto, responsables, profundidad de la perforación aproximada (Fig. 5.18 y 5.19).

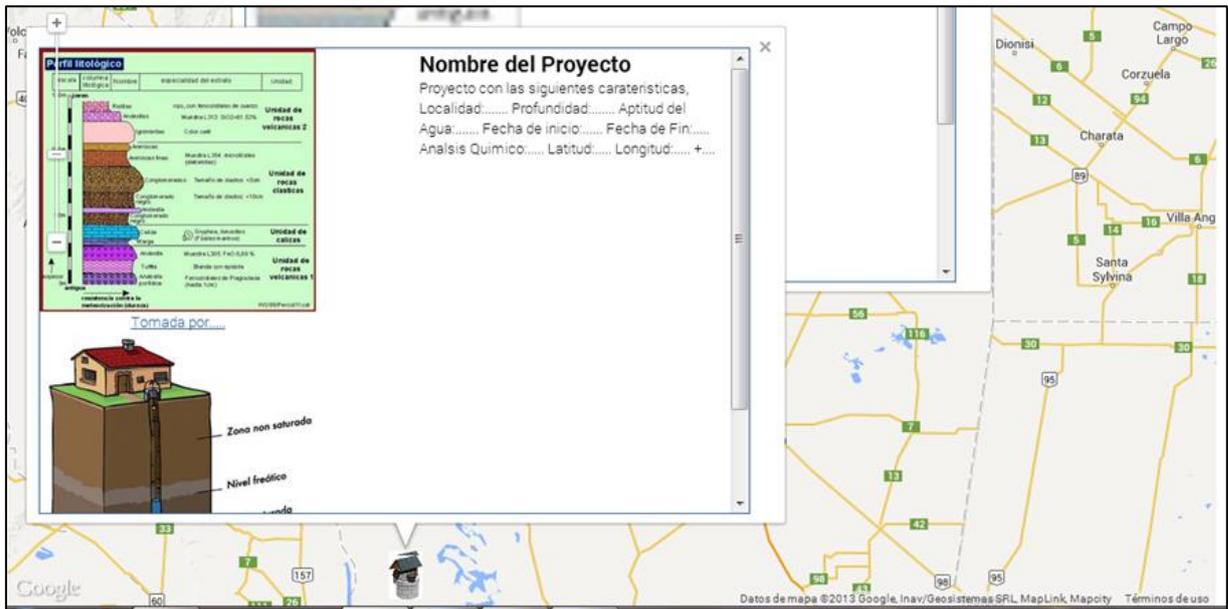


Figura 5.18. Potencial representación de las características de una perforación.

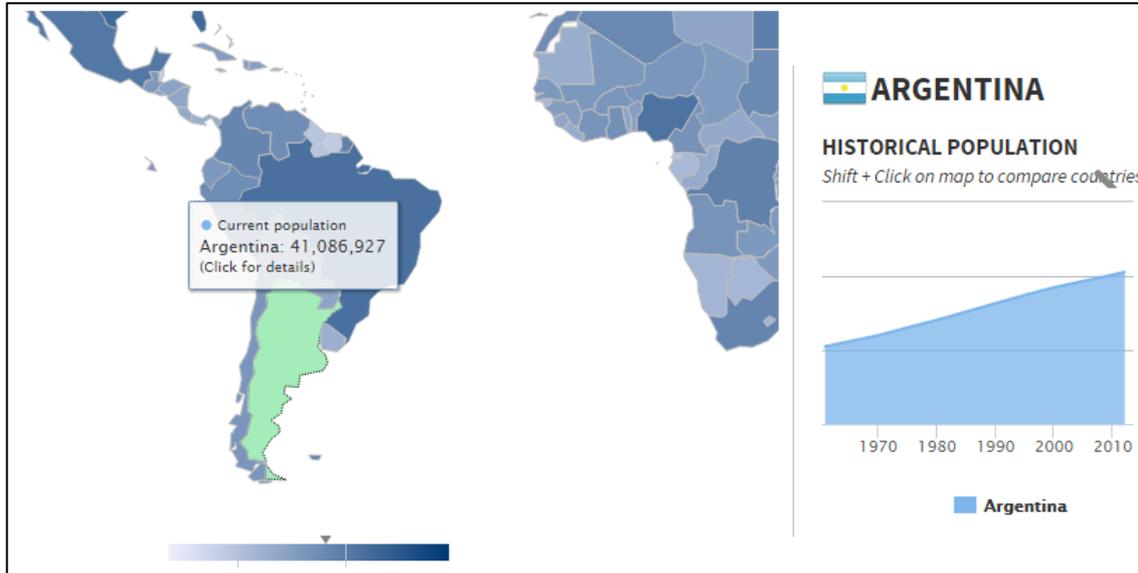


Figura 5.19. Representación de una perforación.

- **PERFIL LITOLÓGICO**

Durante la perforación exploratoria se realizará un muestreo litológico sistemático cada metro y/o cada cambio de fase. En esta instancia el usuario debería poder ingresar las cotas superiores e inferiores donde se detectaron el cambio de fase. El prototipo debe permitir

identificar exatamente os níveis de interesse e aquelas faces sedimentarias sin importância desde o ponto de vista de as águas subterrâneas (Fig. 5.20 y 5.21).

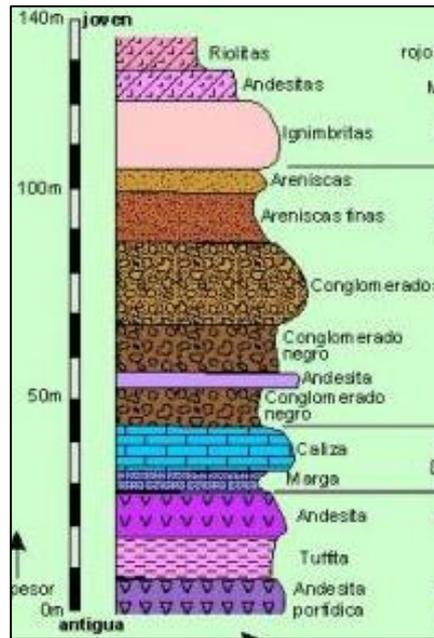


Figura 5.20. Representación de un perfil litológico modelo.

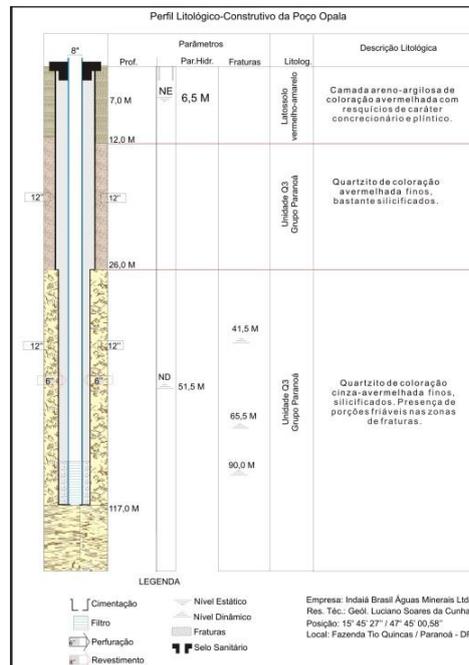


Figura 5.21. Perfil litológico detallado.

• **ACUÍFERO**

Es la formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad, por lo tanto el usuario debería poder crear y seleccionar un acuífero en particular. Una vez seleccionado, debe permitir el ingresar de: la cota inferior, cota superior, el nivel del caudal, nivel estático, dinámico y obtener a partir de cálculos la depresión y caudal específico (Fig. 5.22, 5.23).

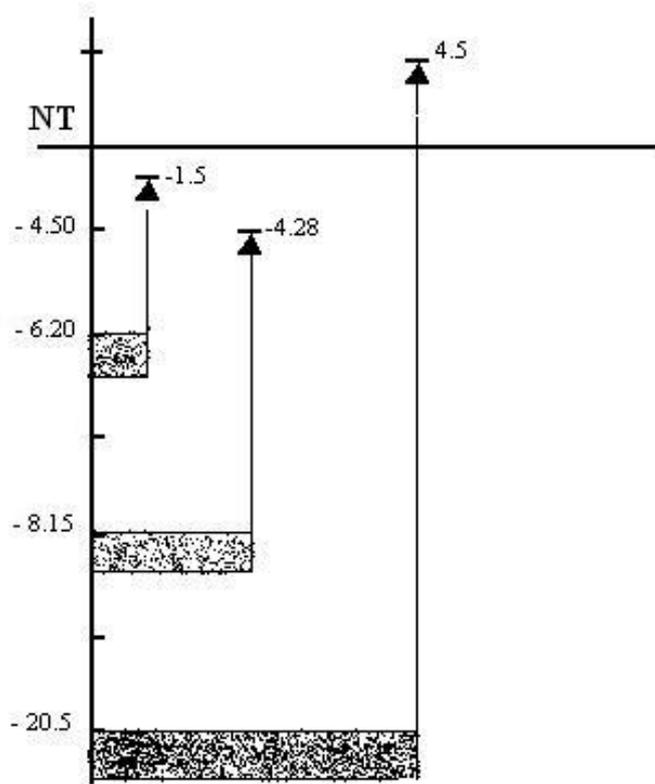


Figura 5.22. Representación de un acuífero.

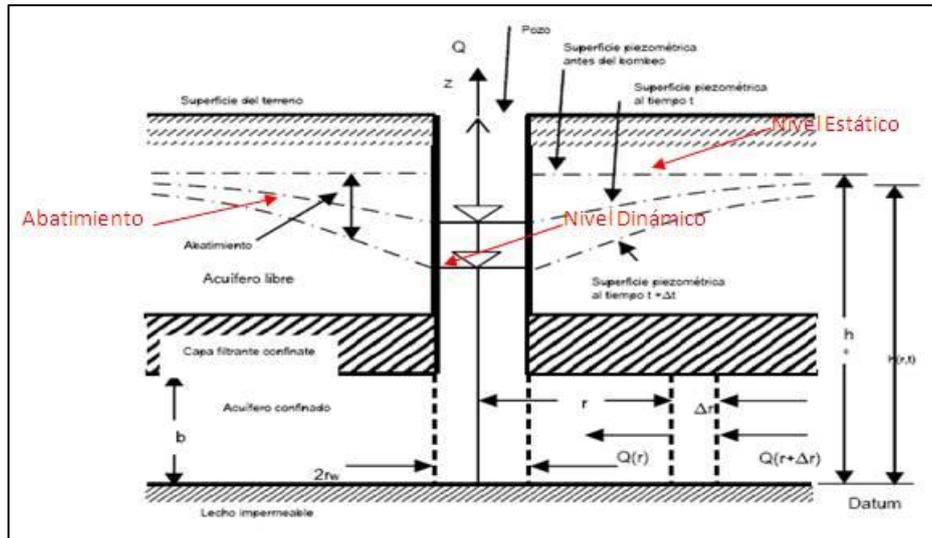


Figura 5.23. Esquema representativo del bombeo de un pozo.

- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Durante esta instancia se lleva a cabo un análisis de las muestras de agua obtenida, para determinar la aptitud del acuífero. Con el fin de determinar la potabilidad del agua y el uso que se le puede dar, como ser consumo humano, industrial, ganadero. El usuario debe poder seleccionar el acuífero sobre el cual se realizó el análisis físico-químico. Una vez seleccionado debe permitir el ingreso de los componentes físico y químicos (distinguir aniones y cationes). Evaluar la potabilidad del agua de acuerdo al Código Alimentario Argentino (ver Fig. 5.24, 5.25 y 5.26).

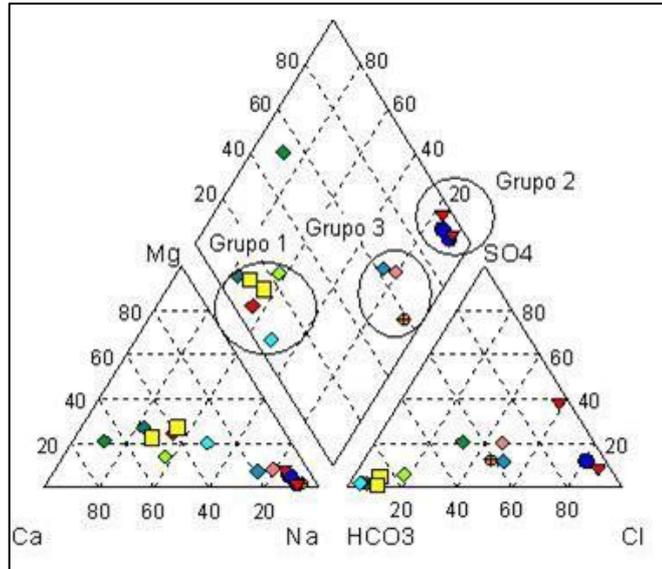


Figura 5.24. Diagrama de Piper.

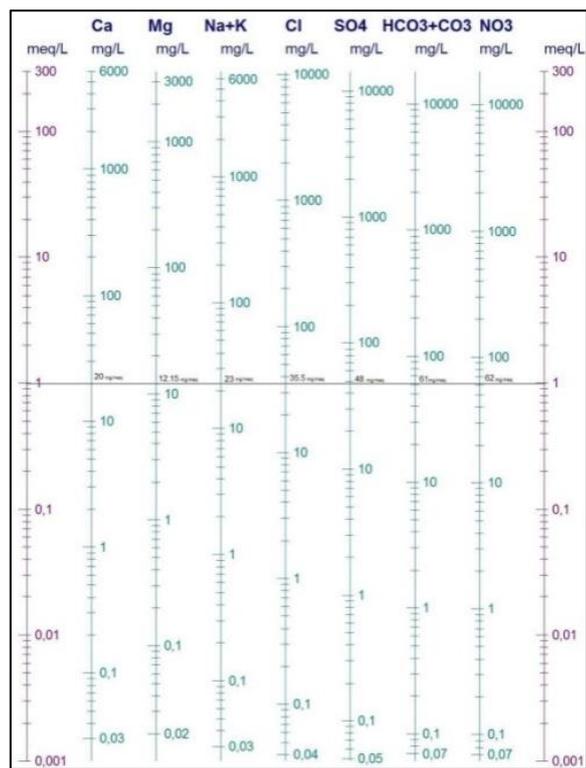


Figura 5.25. Diagrama de Schoeller.

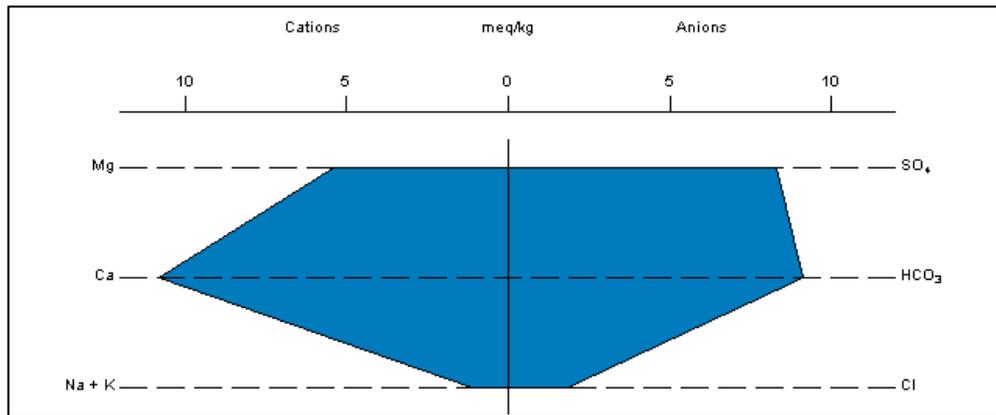


Figura 5.26. Diagrama de Stiff.

- **ENTUBAMIENTO**

El entubamiento solo sucede si la muestra obtenida del agua cumple con las normas de calidad, se bajan cañerías, filtro y se engravan éstas. Sin embargo si la investigación es exploratoria se hace perfil litológico, perfil eléctrico (la cual no se contempló en el prototipo) y se decide no entubar. Por tal motivo el prototipo debe permitir seleccionar el tipo de cañería y filtro que se va a instalar, como así también la ubicación de la misma (ver Fig. 5.27 y 5.28).

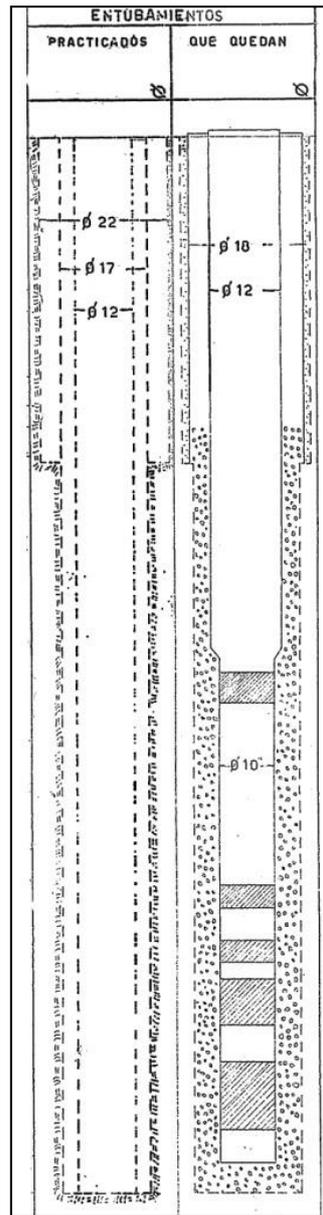


Figura 5.27. Representación de un entubamiento.

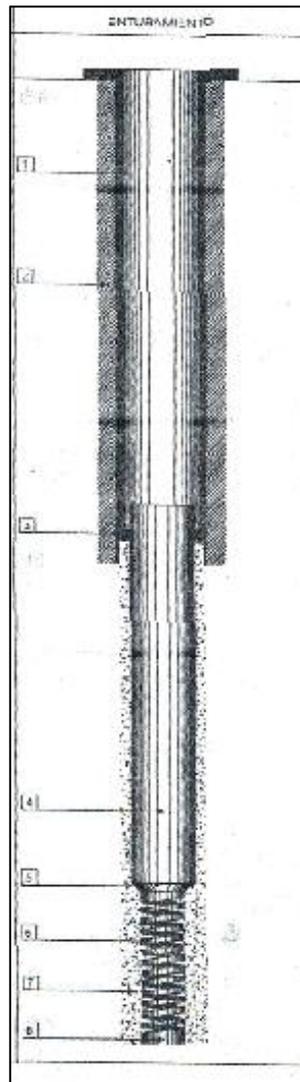
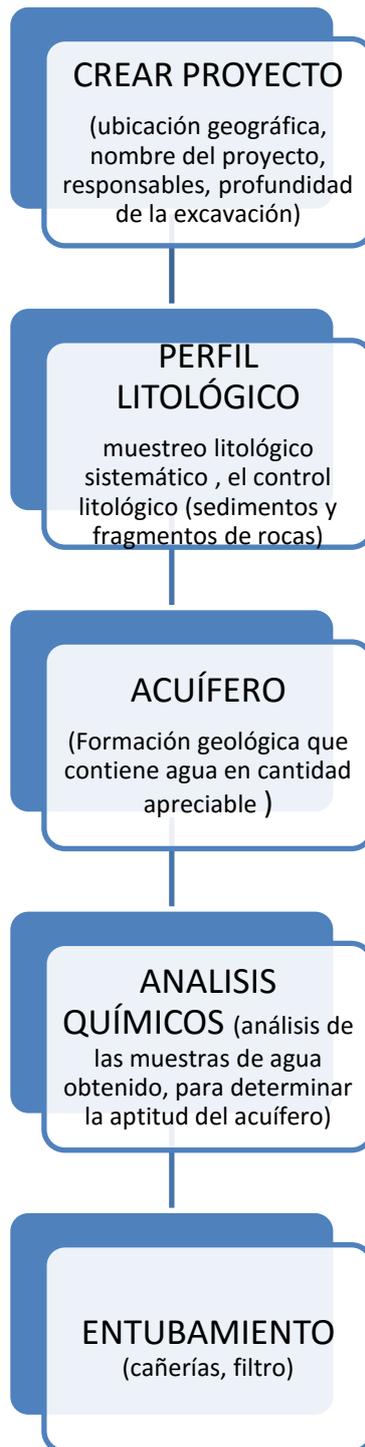


Figura 5.28. Imagen de un entubamiento.

Se procede a representar en el siguiente cuadro cómo se han desarrollado las instancias que el sistema materializará en pantalla (Fig. 5.29).



**Figura 5.29. Secuencia de instancias de un obra de perforación.**

Con todo lo descrito anteriormente se ha definido qué quiere visualizar el usuario y en qué instancia.

## **V.6. TRANSFORMACIÓN DE MAPEO DE VISUAL**

En esta etapa se generaron las estructuras necesarias para soportar el sustrato espacial, los elementos visuales que se utilizaron en la representación y los atributos de los mismos.

Independientemente de la forma en que se implemente una técnica de visualización concreta, desde el punto de vista conceptual, es en esta transformación en la que el usuario ha definido cómo se visualizan los datos.

Si bien, un mismo conjunto de datos puede ser mostrado de distintas maneras en pantalla y por lo tanto existir más de un conjunto de Datos Mapeados Visualmente. Las estructuras visuales que se presentan para cada instancia, conservan una sola forma de visualizar los datos, por lo tanto solo se presenta un mapeo.

Para definir estos parámetros de la visualización que hacen que el mapeo visual sea interactivo, se realizó diversas sesiones de trabajo con los profesores y alumnos del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de FCEyT de la UNSE. Los resultados de las observaciones realizadas se presentan a continuación.

- **UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO**

Sustrato espacial: dos ejes (dos dimensiones), donde los ejes se identifican por latitud y longitud para representar la ubicación de una perforación.

Elementos visuales: mapa, el cual es un croquis de la ubicación de una obra y el icono que representa el tipo de perforación (ejemplo es la obra de **Unzaga y Arenales** donde el tipo de perforación es pozo seco).

**Tabla 5.10. Elementos a visualizar de la ubicación geográfica.**

Latitud	Longitud	Altitud zoom	Tipo de mapa	Tipo de pozo	Nombre de la obra	Fecha de inicio	Fecha de fin	Diámetro
27°46'30"	64°15'47"	7	ROAD MAP	Pozo seco	P.I.Unzaga (Norte) y Arenales	08/06/1964	28/09/1964	600 m

Atributos: En el mapa de Santiago del Estero se mostraran iconos del tipo de perforación realizada, la ubicación geográfica y los datos asociados a la obra (ejemplo de estos datos se presentan en la tabla 5.10). Información que se obtiene mediante el evento del botón derecho del mouse. El color del mapa, es por defecto el proporcionado por Google. El tamaño del mapa es de 40% de la página. La textura del mapa varía, dependiendo de las opciones proporcionadas por Google.

**Tabla 5.11. Iconografía empleada para representar el tipo de perforación.**

Iconos	Significado según el tipo de perforación
	Pozo Perforado
	Pozo Artesiano
	Pozo Ascendente
	Pozo Cavado
	Pozo Inyección
	Pozo Perforado
	Pozo Seco

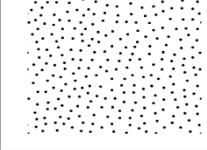
Los iconos, que representa el tipo de perforación (tabla 5.11), son todos del mismo tamaño. El color, para todos los casos es negro, con fondo blanco. No presentan textura o movimiento que los distinga.

- **PERFIL LITOLÓGICO**

Sustrato espacial: dos ejes (dos dimensiones), donde los ejes se identifican por la profundidad (en metros) y la trama encontrada.

Elementos visuales: Plano de iconos.

**Tabla 5.11. Elementos a visualizar del perfil litológico.**

Techo	Longitud	Trama visual	Descripción litológica	Características
4.8	3.65		Arena	muy fina gris

Atributo: Profundidad de la perforación que se muestra en metros y a escala.

Los sedimentos se representan gráficamente de acuerdo a las normas estándar 710 del sedimento atravesado. Incluyendo una breve descripción, sobre el tipo de trama y sus características. También muestra la cota inferior y superior del sedimento encontrado. Las imágenes de las tramas / sedimentos no tiene un color definido. Son por defecto en negro con fondo blanco. El tamaño de los iconos es pequeño (ejemplo tabla 5.11).

- **ANALISIS HIDRAULICO**

Sustrato espacial: dos ejes, donde los ejes se identifican por la profundidad y el acuífero identificado.

Elementos visuales: líneas.

**Tabla 5.12. Elementos a visualizar del análisis hidráulico.**

Nº formación acuíferas	Base	Techo	Espesor	Nivel estático	Nivel dinámico	Caudal	Depresión	Caudal específico
2	15.7	12.5	3.2	-4.5		0	0	0

Atributo: Ubicación de acuífero, enumerar los acuíferos, nivel estático, nivel dinámico, caudal, en función de estos datos se debería obtener depresión y caudal específico (ejemplo tabla 5.12). La representación generada no cuenta con color que lo distinga. Los acuíferos se representan mediante líneas. No cuenta con textura, movimiento. El tamaño de la representación debe ser grande para distinguir los acuíferos y sus características.

- **ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**

Sustrato espacial: dos ejes, donde los ejes se identifican por el componente físico o químico y el valor obtenido de la muestra.

Elementos visuales: Grafico de barras.

**Tabla 5.13. Elementos a visualizar del análisis físico-químico.**

Componentes físicos / químicos	Medición	Color	Aptitud del agua
Cloruro (Cl-)	228 mg/l	Rojo	Supera el permitido
Hierro total (Fe)	0.085 mg/l	Azul	No supera los valores permitidos

Atributo: Se representa en un gráfico de barra el porcentaje de valores obtenidos por cada componente químico y otro grafico para los componentes físicos, donde se distingue con el color los valores que supera el valor permitido por el código alimentario argentino (ejemplo tabla 5.13). El color elegido para identificar si el componente supera lo permitido es el rojo, mientras que de azul se indica cuando cumple con la norma. El tamaño de las barras varía dependiendo del número de componentes. No presenta textura o efecto de movimiento.

- **DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS**

Sustrato espacial: tres ejes, donde en uno de los ejes se representa el tipo de anión, en otro el tipo de catión y en el último los valores obtenidos de la muestra.

Elementos visuales: polígono, en este caso se comparan 3 (tres) aniones y cationes.

**Tabla 5.14. Elementos a visualizar del análisis químico.**

Componentes químicos	Medición	Color	Tipo de componente
Sodio (Na)	6.42 meq/l	gris	anión
Cloruro (Cl-)	13.21 meq/l	celeste	catión

Atributos gráficos del diagrama químico de stiff, representan los valores de los aniones y cationes (Ejemplo Tabla 5.14). El color del diagrama de stiff, deriva del análisis químico, pero no se dispone de la información suficiente. En su lugar, se utiliza dos colores, el gris para representar el anión y el celeste para el catión. El diagrama no representa textura o movimiento.

- **FILTRO**

Sustrato espacial: dos ejes, donde uno de los ejes representa la profundidad de la perforación y el otro el filtro.

Elementos visuales: Grafico de líneas.

**Tabla 5.15. Elementos a visualizar del filtro de un entubamiento.**

Techo	Base	Abertura del filtro	Tipo de filtro
80.34 m	83.3 m	0	Con ventana

Atributo: La imagen generada debe de identificar donde se instaló el filtro, mediante el techo y base de cada filtro, el tipo de filtro y la abertura. La imagen no cuenta con color que la distinga. El filtro es representado con una imagen estándar. El tamaño de la representación es a escala de los valores reales, por lo que ocupa un 50% de la página. No presenta textura ni movimiento. Se incorpora un efecto de menú desplegable, para representar las características del filtro.

- **ENTUBAMIENTO**

Sustrato espacial: dos ejes, donde el primer eje representa la profundidad de la perforación y el otro eje el entubamiento.

Elementos visuales: mapa (**P.I. Unzaga (Norte) y Arenales**)

**Tabla 5.16. Elementos a visualizar del entubamiento.**

Tipo de cañería	Techo del entubamiento	Base del entubamiento
No especifica	28.26 m	85 m

Atributo: La imagen debe de identificar desde donde y hasta donde se entuba la perforación, es decir la ubicación (techo y base del entubamiento) y el tipo de cañería que se emplea. La representación no cuenta con color que la distinga. Tanto las cañerías como el sedimento siguen una representación estándar. No se adjuntan efecto de movimiento o textura, pero se busca distinguir donde inicia y termina el entubamiento.

Hasta este punto se ha conseguido definir un mapeo, sobre el prototipo del sistema. Es decir, especificar cómo se representan visualmente los datos del prototipo. Teniendo en cuenta las estructuras visuales identificadas para cada instancia, se ha definido hasta aquí el conjunto de datos mapeados visualmente.

### **V.7. TRANSFORMACIÓN DE VISUALIZACIÓN**

En esta última transformación del proceso de visualización definido por el MUV, se definen las representaciones visuales generadas según lo expresado a partir de los datos Mapeados Visualmente, en la etapa anterior. Cada instancia definida en la transformación puede ser representada por varias técnicas de visualización. Para cada caso, el usuario interviene en la elección de la técnica que mejor lo represente.

Con el fin de unificar y distinguir una técnica de visualización de otra, se hizo uso de la clasificación de Daniel Keim. A su vez, también se identificó a las técnicas de visualización por las clasificaciones de las técnicas relacionadas con el foco + contexto y la visualización de base de datos.

A continuación se enumeran las instancias de visualización de las obras de perforación para exploración, ordenadas según el orden de ocurrencia.

- **UBICACION GEOGRÁFICA**

En esta instancia se representa los tipos de perforación y su estado, para ello se utilizó dentro de la técnica de visualización definidas por Keim la basada en iconos [26].

Para representar la ubicación de cada pozos en la provincia, después de ingresar las coordenadas se utilizó de las *técnicas de interacción y dinamismo* propuesto por Keim, la **técnica de zoom** [26], (ver Fig. 5.12). Otros autores la definen más precisamente como una técnica de zoom geométrico [38].

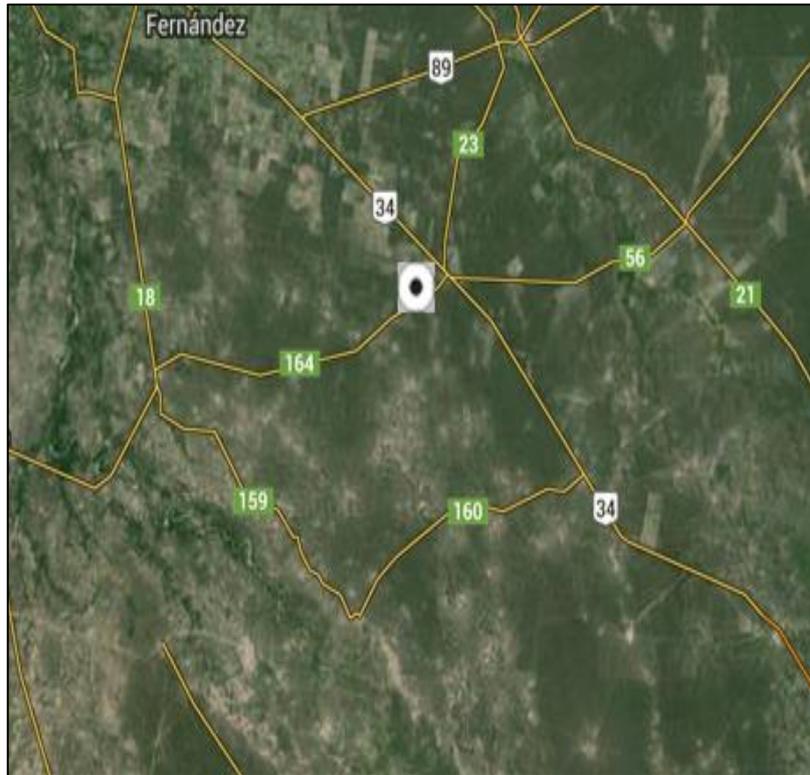


Figura 5.30. Técnica de zoom.

Para representar los detalles de los pozos, es decir los datos que se relacionan a este pozo, de las *técnicas de interacción y dinamismo* propuesto por Keim, la **técnica de zoom** [26], (ver Fig. 5.13). Otros autores la definen más precisamente como la técnica de zoom semántico [38].



Figura 5.31. Técnica de zoom.

Cabe aclarar que en esta instanciación se tuvo que utilizar estas tres técnicas ya que los datos se necesitaban representar de esta forma para un mayor entendimiento del usuario.

- **PERFIL LITOLÓGICO**

Para representar el perfil litológico de los pozos con sus respectivas tramas, se utilizó según la taxonomía propuesta por Keim, dentro de **tipo de dato** la **técnica de visualización bidimensional** [26], (ver Fig. 5.14) en otros artículos la misma es conocida como técnica de gráficos-xy [38].

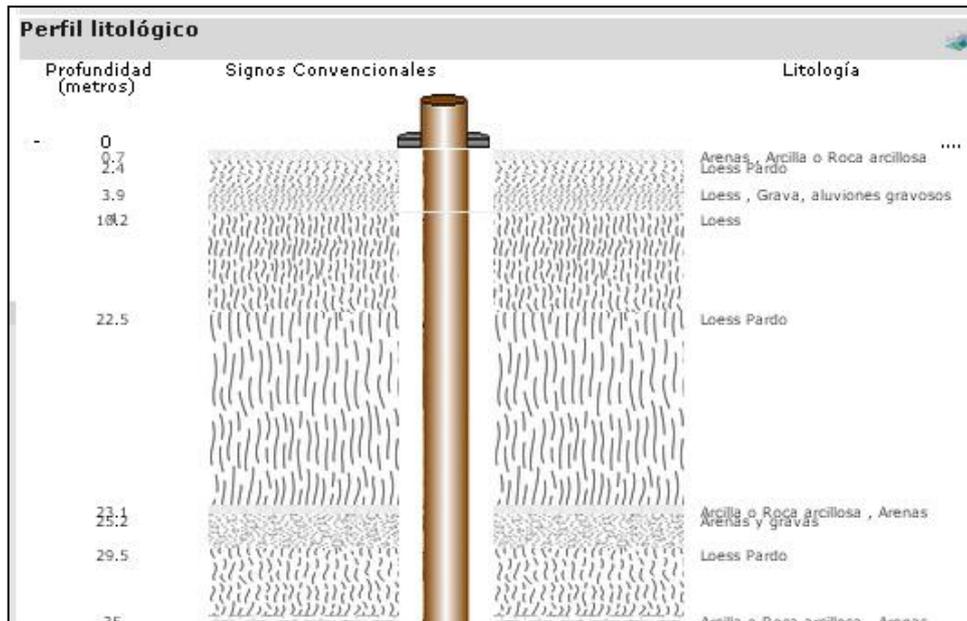


Figura 5.32. Técnica de visualización bidimensional.

- **ANÁLISIS FÍSICO y QUÍMICOS**

Para representar los análisis físico-químicos, donde se ven los diferentes componentes físico, químicos y sus diferentes valores que alcanzo en estos análisis (ver Fig. 5.15). Se utilizó dentro de la **técnica de visualización** definidas por Keim la de **despliegue estándar en dos y tres dimensiones** [26]. Mediante la cual se presenta datos de dos dimensionales en un despliegue estándar de 2D, en este caso también conocido como gráfico de barras. En otros artículos la misma es conocida como técnica de visualización "searchability".

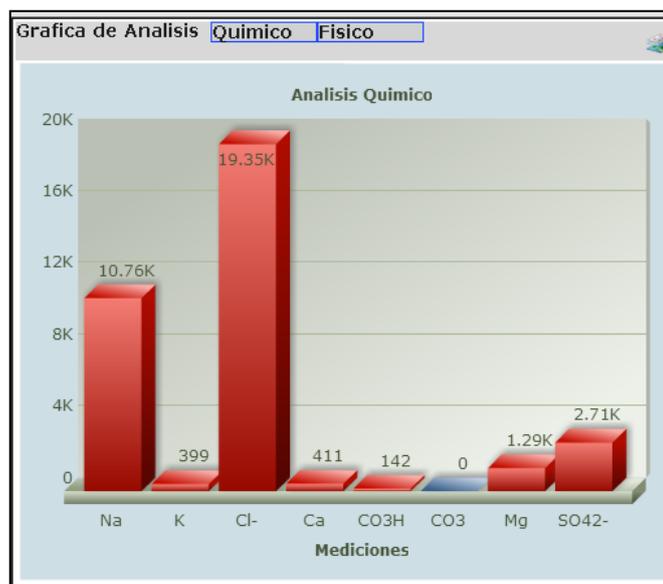


Figura 5.33. Despliegue estándar en dos y tres dimensiones.

- **ANÁLISIS HIDRÁULICO**

Para representar los acuíferos (ver Fig. 5.16) descubiertos durante la perforación, donde se observa los diferentes análisis obtenidos como ser nivel estático, nivel dinámico, caudal, entre otros. Se utilizó de la taxonomía propuesta por Keim, dentro de **tipo de dato** la **técnica de visualización bidimensional** [26], En otros artículos la misma es conocida como técnica de "typedness" (técnica basada en región).

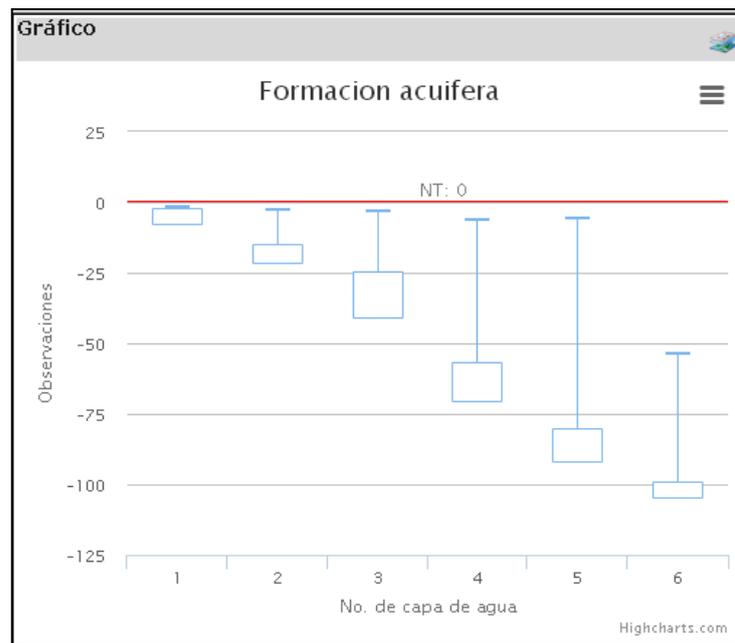


Figura 5.34: Técnica de visualización bidimensional.

- **APTITUD DEL AGUA**

Para representar la aptitud del agua, con el diagrama hidroquímicos, representado por el diagrama de Stiff se utilizó según la taxonomía propuesta por Keim, dentro de tipo de dato la **técnica de visualización bidimensional** [26]. En otros artículos la misma es conocida como técnica de visualización "basada en líneas".

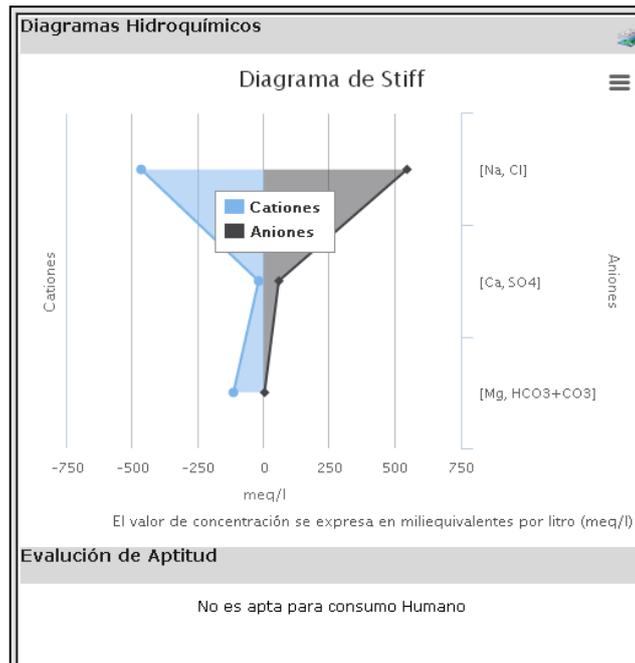
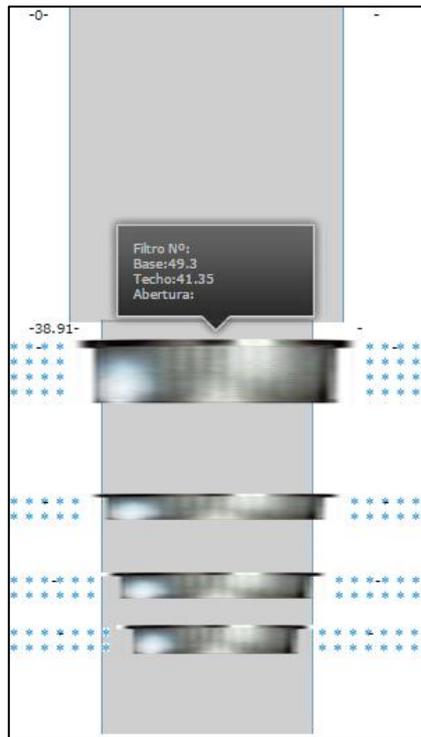


Figura 5.35. Técnica de visualización bidimensional.

- **ENTUBAMIENTO**

Para representar el entubamiento, donde se observan los diferentes tipo de filtro y de cañería, la ubicación (techo y base) y número de filtro, dentro de la **técnica de Visualización** definidas por Keim la de **Despliegue estándar en dos y tres dimensiones** [26], otros autores la definen también como técnica de gráficos-xy [38].



**Figura 5.36: Despliegue estándar en dos y tres dimensiones.**

Una vez seleccionada la técnica de visualización apropiada para representar los datos mapeados visualmente, se procede a presentar aquellas bibliotecas de aplicación web que se utilizó en el desarrollo del prototipo (tabla 5.17). Mediante estas herramientas, se busca que los usuarios sean capaces de encontrar valores atípicos, anomalías, detectar patrones y modelos en las diferentes instancias.

Tabla 5.17 Técnica de visualización y bibliotecas de aplicación web utilizada.

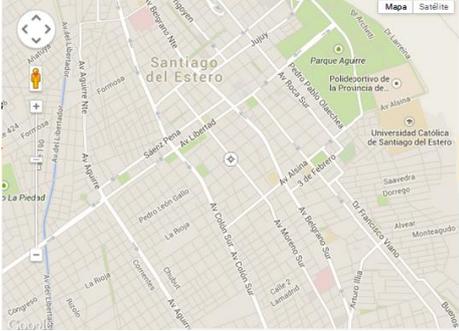
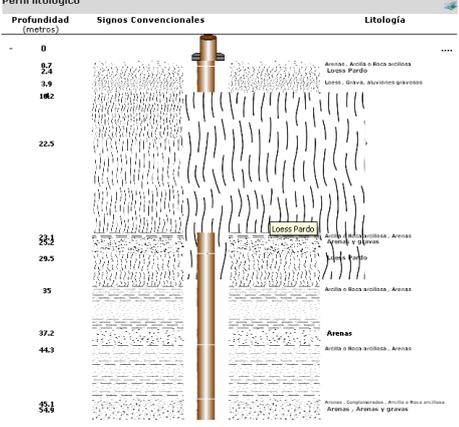
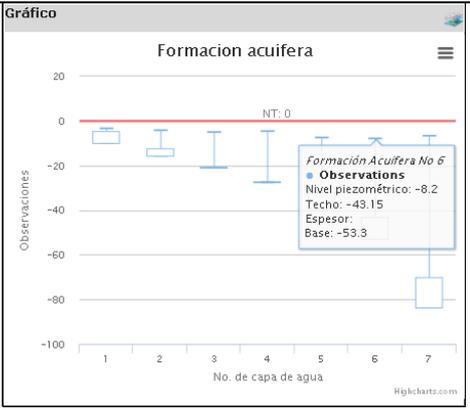
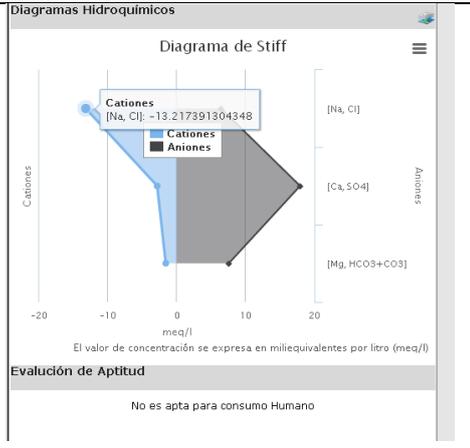
Instancia	Técnica	Visualización	Librería o herramienta
Ubicación Geográfica	Técnica de Visualización definidas por Keim la Basada en Iconos	 <p>Mapa de Santiago del Estero, Argentina, mostrando calles como Av. Aguirre, Av. Libertad, y Av. Alvear. Se ven puntos de interés como el Parque Aguirre y la Universidad Católica de Santiago del Estero.</p>	Google apis (Codificación Geográfica)
	Técnicas de Interacción y Dinamismo propuesto por Keim, la técnica de Zoom	 <p>Mapa con una ventana de información que muestra: Nombre: Perforacion Num 3 Frias. Características: Tipo: Pozo perforado..., Profundidad: 300, Fecha de inicio: 1929-06-26..., Fecha de Fin: 1929-11-12...</p>	
Perfil Litológico	Técnica de visualización bidimensional	 <p>Perfil litológico bidimensional que muestra la profundidad (metros) en el eje Y (de 0 a 53.4) y la litología en el eje X. Se ven capas como Arenas, Arcilla y Rocas volcánicas, y un pozo perforado en el centro.</p>	
Análisis Químicos	Técnica de Visualización definidas por Keim la de Despliegue estándar en dos y tres dimensiones	 <p>Gráfica de análisis químico que muestra mediciones en el eje X (ph, Ale, Cl-, SO42-, Fe, As, F) y mediciones en el eje Y (de 0 a 60). El valor de SO42- es 56.</p>	Amchar

Tabla 5.17 Técnica de visualización y bibliotecas de aplicación web utilizada (Continuación).

<p>Análisis Hidráulico</p>	<p><b>Tipo de dato la Técnica de visualización bidimensional</b></p>		<p>Highcharts 3.0</p>
<p>Aptitud del Agua</p>	<p><b>Tipo de dato la Técnica de visualización bidimensional</b></p>		<p>Highcharts 3.0</p>

En la instancia de **ubicación geográfica**, aparte de utilizar las **técnicas de visualización** definidas por Keim, la basada en **iconos** y la **técnicas de interacción y dinamismo**, como así también la **técnica de zoom**, se utilizó las bibliotecas de Google Apis, esta bibliotecas además tiene la ventaja de ser conocida en el medio, donde la Codificación Geográfica (La codificación geográfica es el proceso de transformar direcciones en coordenadas geográficas (como 37.423021 de latitud y -122.083739 de longitud), que se pueden utilizar para colocar marcadores o situar el mapa. En nuestro caso se utilizó una conversión de las coordenadas geográficas a grados, minutos y segundos, según lo expresado por los profesionales del Departamento Académico de Geología y Geotécnica de FCEyT de la UNSE. Ya que permite a los usuarios trabajar e identifican fácilmente las ubicaciones de los pozos siguiendo este formato.

En la instancia de **análisis químicos**, aparte de utilizar la **técnica de visualización** definidas por Keim la de **despliegue estándar en dos y tres dimensiones**, se utilizó las librerías de Amcharts. Esta biblioteca además de soportar todos los navegadores modernos, y ser una versión gratuita, trabaja con diferentes tipos de datos. Mediante esta biblioteca se

puede representar en columnas los valores de los diferentes componentes físico-químicos. Además se puede diferenciar aquellos componentes que no cumplen con los valores impuestos por el **Código Alimentario Argentino**, con el color rojo. Esto permitirá a los usuarios identificar rápidamente si un componente sobrepasa los valores permitidos a primera vista.

En la instancia de **análisis hidráulico**, aparte de utilizar las técnicas de *Técnica Typedness*, se utilizó la biblioteca de Highcharts 3.0. Esta biblioteca soporta un gran número de navegadores, Highcharts 3.0 ha demostrado ser escalable, rápido y robusto.

En la instancia de **aptitud del agua**, aparte de utilizar las técnicas de *Técnica Zoom Semántico*, se utilizó las bibliotecas de Highcharts 3.0.

Cabe aclarar que no se utilizaron las herramientas descritas en la nota de tesis por lo siguiente:

- Facilidad de utilizar las bibliotecas (Google Apis, Amcharts, Highcharts3.0) en la programación en php.
- No se obtuvo la base de datos de Santiago del Estero (PostGIS).
- Actualizaciones en la base de datos (PostGIS).
- Indexación en los servidores web (MapServer).
- El prototipo no contempla gráficos en 3D (VTK, VRML).

En cambio, la Norma ISO 710 se empleó para la visualización de datos hidrogeológicos, proporcionando el gráfico de las tramas para el perfil litológico.

## **CAPÍTULO VI:**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DEL SiVIH**

---

#### **VI.1.DESCRIPCION GLOBAL**

En este capítulo se describe el producto obtenido como resultado del proceso descrito en el capítulo anterior. El producto se denomina “Prototipo de SiVIH”. Como se mencionó anteriormente, se trata de un prototipo dado que, en el marco de este trabajo final de grado, sólo se han desarrollado las funcionalidades relacionadas con la visualización de información.

SiVIH es una Aplicación Web que está alojada en un Servidor Web Apache, con un motor de Base de Datos MySQL.

SiVIH está desarrollado en lenguaje PHP, siguiendo una estructura modular.

Para realizar las representaciones graficas del prototipo, SiVIH utiliza diferentes tipos de bibliotecas, tales como las Apis de Google para representar las ubicaciones geográficas de una perforación. Además incorpora la biblioteca Amchar para representar en columnas los análisis físico-químicos, identificando con colores si dichos componentes se encuentran aptos para consumo. También utiliza la biblioteca de Highcharts 3.0 para poder construir cada acuífero detectado en la perforación, es decir el análisis hidráulico. A su vez, esta biblioteca se la utiliza para graficar el diagrama de Stiff con sus respectivos componentes. Por último, utiliza tooltip (también llamada descripción emergente) en las gráficas de entubamiento y en los mensajes emergentes del perfil litológico.

SiVIH posee una determinada cantidad de páginas web, que pueden variar según las operaciones que se realicen en este prototipo. Para un usuario con permisos en un determinado proyecto se pueden presentar entre 10 a 24 páginas. En cambio aquel usuario con permiso administrativo, que tienen la posibilidad de agregar usuarios con otras características especiales en el prototipo se le puede incorporar entre 5 a 9 páginas más. Y por último, aquel usuario que solo tenga permiso de lectura solo puede ver entre 5 a 7 páginas.

A continuación se describe....

## **VI.2.CUESTIONES DE SEGURIDAD**

En el prototipo del SiVIH, se tomaron precauciones para garantizar un nivel de seguridad mínimo en el uso de la aplicación.

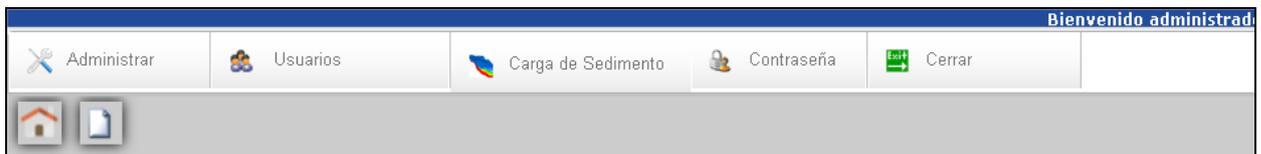
Se crearon diversos perfiles de usuarios para la administración del prototipo como así también para los proyectos.

Los diferentes perfiles son:

- Administrador
- Escritura
- Lectura

El perfil de Administrador, es un perfil que tiene privilegios sobre la creación de usuarios y asignarle permisos determinados a estos, operación sobre la base de datos (backup y restablecimiento de bd) y carga de sedimentos (ver Fig. 6.1).

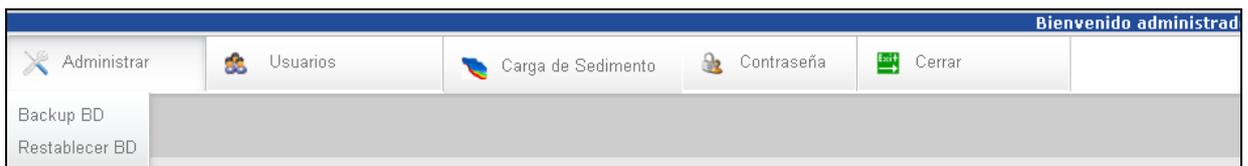
- Administrar



**Figura 6.1. Menú Administrador.**

En la solapa Administrar brinda la posibilidad de realizar:

- Backup de la Base de Datos, es decir realizar una copia exacta de los datos que están corriendo en el prototipo en ese momento (ver Fig. 6.2).
- Restablecer Base de Datos, es decir puede restaurar la base de datos de algún backup hecho anteriormente si haya ocurrido un error en los datos del prototipo (ver Fig. 6.2).

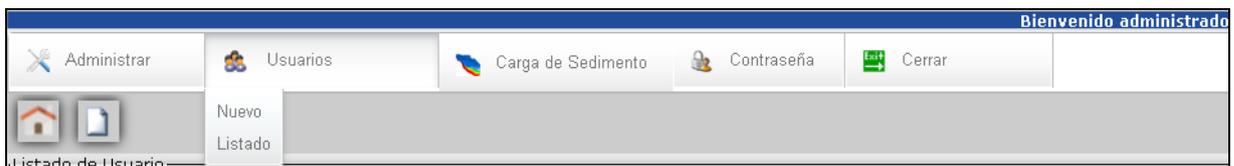


**Figura 6.2. Operaciones con la BD.**

- Usuarios

La solapa de Usuarios permite:

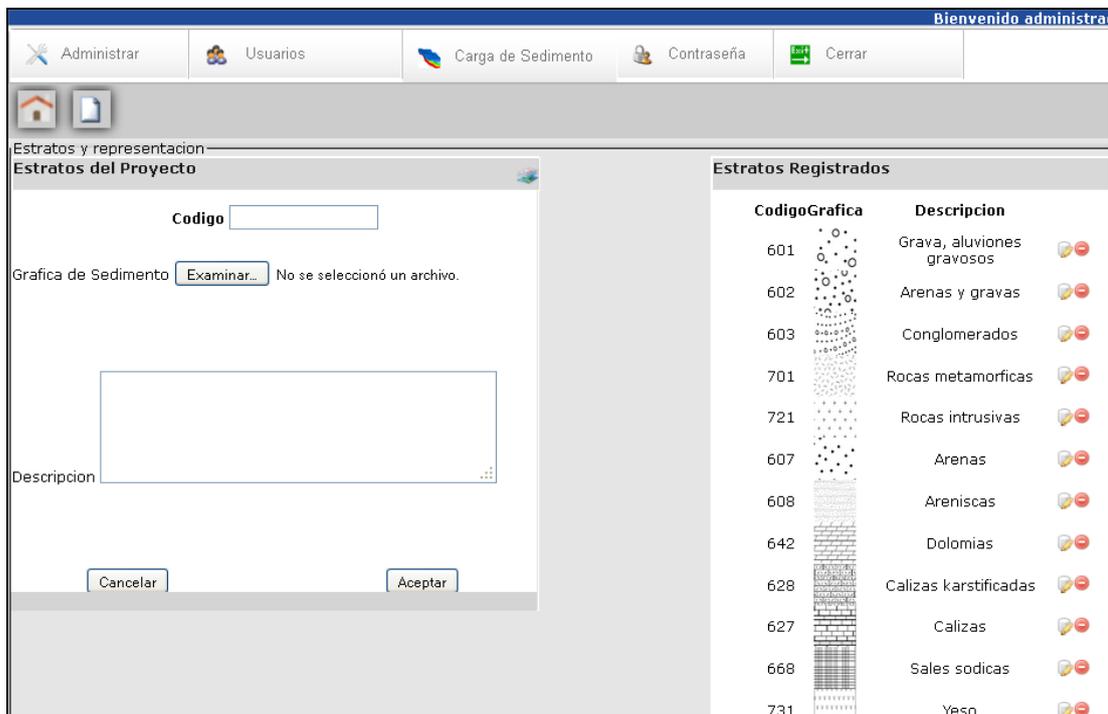
- Crear un Nuevo usuario, donde además de brindarle su nombre de usuario y contraseña, da la posibilidad de seleccionar a que grupo de usuario pertenece (ver Fig. 6.3), es decir que permisos tendrá sobre los demás usuarios y los proyectos (administrador, escritura, lectura)
- Listado de todos los usuarios que están cargados en el prototipo, con sus respectivos permisos (ver Fig. 6.3).



**Figura 6.3. Operaciones con usuarios.**

- Carga de Sedimento

La solapa Carga de Sedimento permite cargar los sedimentos (ver Fig. 6.4). Esta opción se encuentra en sesión de administrador, ya como mencione anteriormente, ellos serán los únicos que permitirán agregar sedimentos y cargar sus códigos y tramas.



**Figura 6.4. Carga de trama de Sedimentos.**

### VI.3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROTOTIPO

- Portada

Pantalla de bienvenida a la página del prototipo (ver Fig. 6.5), en donde se listan los proyectos de perforación, con sus respectivas ubicaciones en el mapa y una pequeña descripción que contiene los datos importe de dicho proyecto.



Figura 6.5. Portada, pantalla de bienvenida.

- Referencias de las perforaciones

También en esta pantalla se muestra las referencias graficas de las perforaciones, que se le asigna dependiendo el estado del pozo (ver Fig. 6.6).

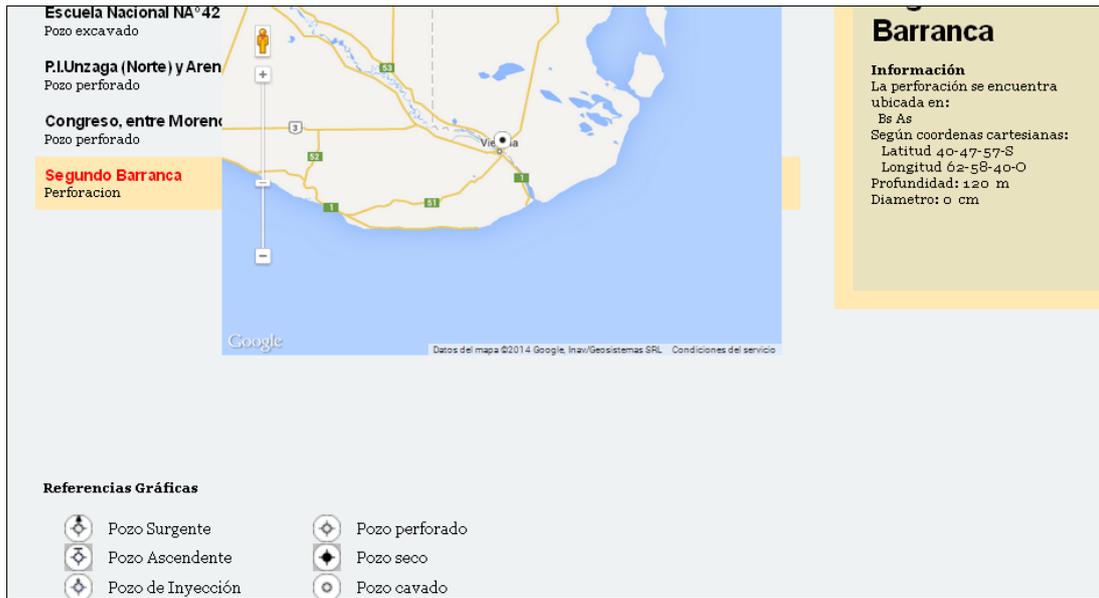


Figura 6.6. Referencias Graficas de las excavaciones.

- Logueo

Luego de presionar el link de Ingresar, nos aparece la pantalla de Logueo en donde debemos ingresar el nombre de usuario y la contraseña para poder ingresar al prototipo (ver Fig. 6.7).

Figura 6.7. Página de Logueo.

- Pantalla Inicial

Luego de loguearse en la pantalla anterior, el prototipo nos presenta los proyecto que tenemos permisos para modificar los datos, esto depende del perfil que tengamos en cada proyecto (ver Fig. 6.8). Se puede observar que las perforaciones están numeradas en el mapa que se corresponde al menú contextual que se encuentra a la derecha.

En esta pantalla se muestran los datos correspondientes a coordenadas geográficas, tipo de perforación, responsable de la obra, entre otros. Se utiliza la Técnica de Visualización

Basada en Iconos para representar el tipo de perforación y las Técnicas de Interacción y Dinamismo correspondiente a la técnica de Zoom para mostrar las coordenadas y el acercamiento a la perforación. Se usan las bibliotecas de Google Apis (Codificación Geográfica).

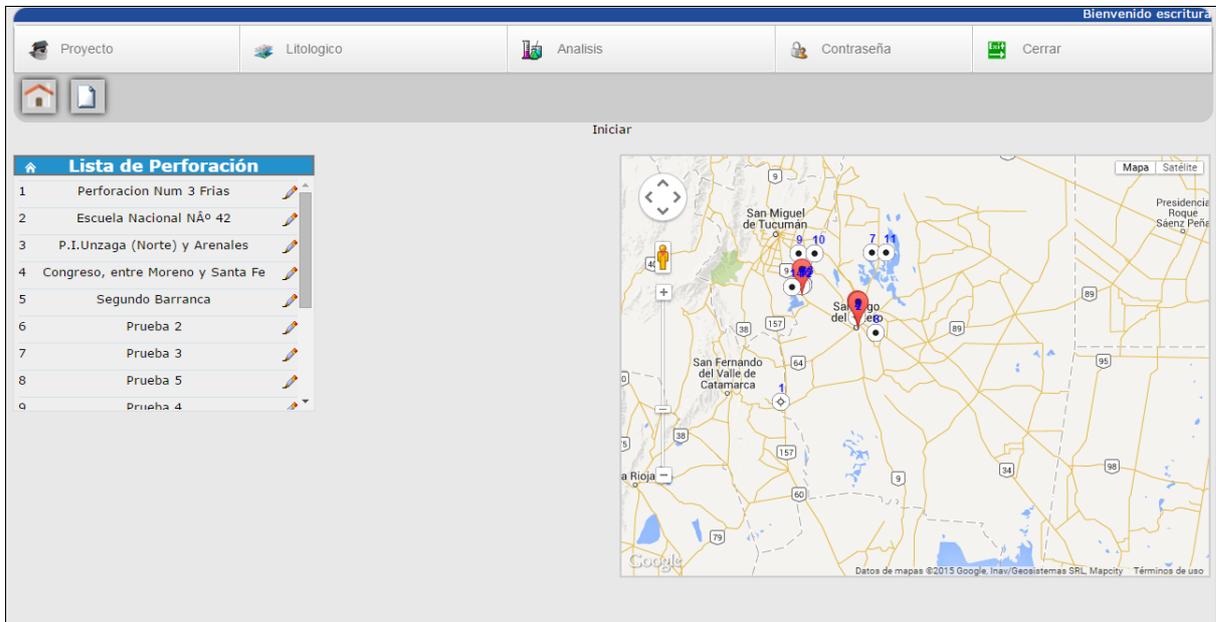
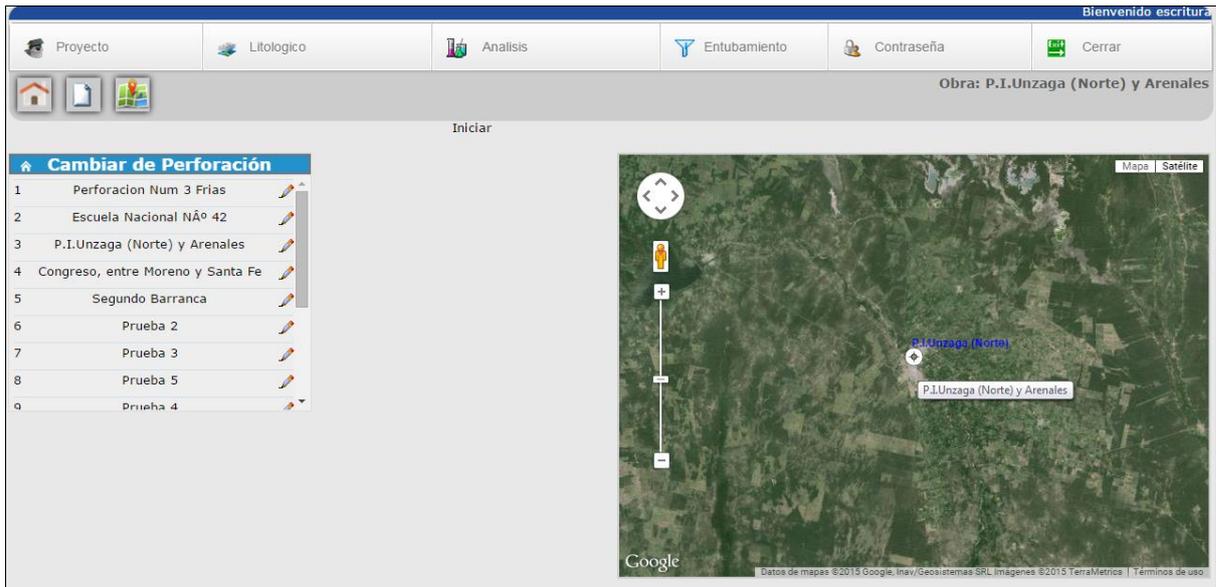


Figura 6.8. Pantalla Inicial.

- Selección de Excavación

Esta pantalla (ver Fig. 6.9) aparece luego de haber seleccionado un proyecto de perforación ubicado en la derecha. En este caso se seleccionó el Proyecto P.I. Unzaga (Norte) y Arenales. Nos ubica en el mapa donde se encuentra la perforación y si hacemos un click en la misma nos muestra un menú contextual mostrando los datos más importantes de dicha excavación.



**Figura 6.9. Selección de Excavación.**

En esta pantalla se muestra los datos correspondientes al nombre de la obra, y otros datos importantes de esa obra. Se utiliza la Técnicas de Interacción y Dinamismo correspondiente a la técnica de Zoom para mostrar los datos de la obra. Se usan las bibliotecas de Google Apis (Codificación Geográfica).

- Estratos del Perfil Litológico

Al presionar la solapa “Litológico” se despliega la opción “Carga Litológica” donde muestra la descripción, las características y la profundidad en metros de cada estrato. A la derecha de cada estrato tenemos los botones que permiten editar y/o eliminar los datos de cada estrato (ver Fig. 6.10).



En esta parte de la pantalla se muestran los datos correspondientes al Tipo de sedimento, ubicación (cota superior e inferior), tamaño y color de los sedimentos. Se utiliza la Técnica de visualización bidimensional para representar el perfil litológico de los pozos con sus respectivas tramas. Y se incorpora Tooltip para ofrecer una descripción emergente de cada trama.

- Menú del análisis físico-químico

Al presionar en la Solapa de “Análisis” nos muestra dos opciones, una para ingresar al análisis Hidráulico y otro para Análisis Físico-Químico (ver Fig. 6.12).

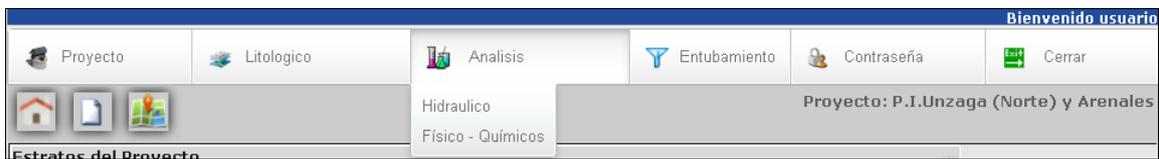


Figura 6.12. Menú del análisis físico-químico.

- Datos del Análisis Hidráulico

Al presionar la opción de “Hidráulico” nos presenta la siguiente tabla (ver Fig. 6.13) con los datos de las formaciones acuíferas asociadas a la perforación. Permitiendo al usuario ingresar los valores de cada formación acuífera. También ofrece la opción de modificar los datos de cada acuífero como así también eliminar algún acuífero en particular.

The screenshot shows the 'Análisis Hidraulico' window. It contains a table titled 'Formación acuífera asociadas a la perforación.' with the following data:

Nº	Techo (m)	Base (m)	Espesor (m)	Nivel piezometrico (m)	Caudal (m3/h)	Depresion (m/h)	Caudal especifico (m3/h/m)	
1	4.8	9.95	5.15	-3.5	0	0	0	[Edit] [Delete]
2	12.5	15.7	3.2	-4.5	0	0	0	[Edit] [Delete]
3	20.8	21.2	0.4	-5.1	0	0	0	[Edit] [Delete]
4	27.5	27.6	0.1	-4.6	0	0	0	[Edit] [Delete]
5	32.35	39.5	7.15	-7.55	0	0	0	[Edit] [Delete]
6	43.15	53.3	10.15	-8.2	0	0	0	[Edit] [Delete]
7	70.5	83.95	13.45	-6.7	0	0	0	[Edit] [Delete]
-	Base	Techo		Nivel	Caudal	Depresion	Especifico	

Buttons for 'Cancelar' and 'Aceptar' are located at the bottom of the table.

Figura 6.13. Análisis Hidráulico.

- Gráfico del Análisis Hidráulico

Se representa gráficamente (ver Fig. 6.14) los datos de la tabla anterior, con la opción al acercar el mouse a un acuífero determinado y nos despliega una ventana con los datos más importantes del acuífero.

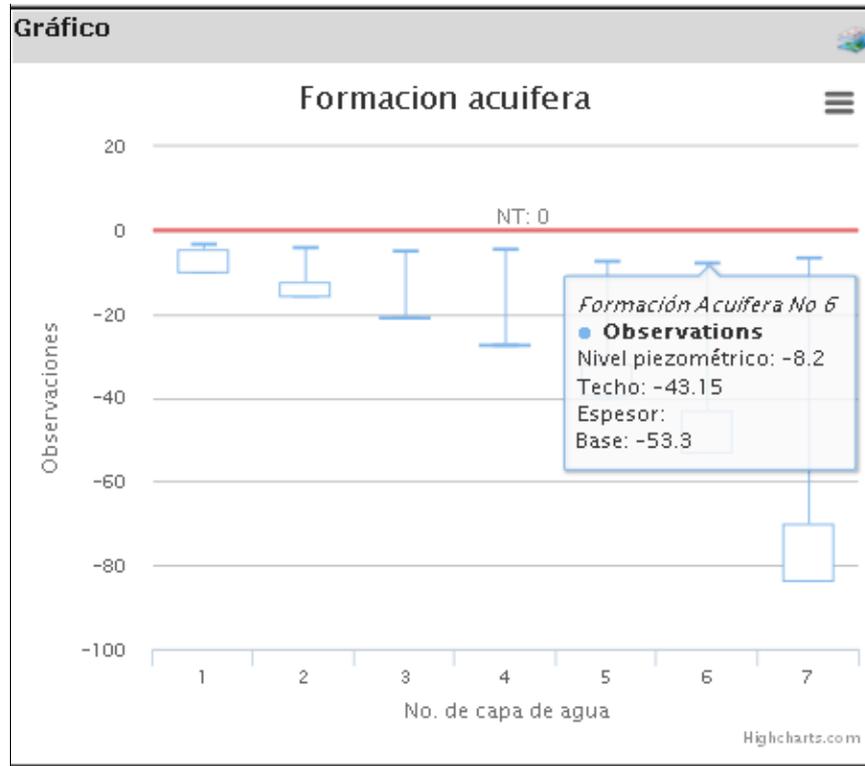


Figura 6.14. Formación acuífera.

En esta parte de la pantalla se muestran los datos correspondientes a cotas inferiores y superiores, el nivel del caudal, nivel estático y dinámico, número de acuífero. Se utiliza la Técnica de visualización bidimensional para representar los acuíferos descubiertos durante la perforación, en donde se observan los diferentes análisis obtenidos como ser nivel estático, nivel dinámico, caudal, entre otros. Se usa la biblioteca Highcharts 3.0.

- Datos del análisis Físico-Químico

Al presionar la opción “Fisco-Químico” nos muestra dos ventanas (ver Fig. 6.15), una con los datos de la formación acuífera (techo, base y nivel piezometrico) y la otra con los del análisis físico-químico. Al ingresar a esta página, en la esquina inferior izquierda se observa un mensaje emergente que dice por donde debemos comenzar, en este caso se debe comenzar por el cuadro de la formación acuífera. Al seleccionar alguna formación acuífera inmediatamente muestra los componentes con sus respectivas mediciones y la

fecha que ha sido cargada perteneciente al acuífero seleccionado, también nos brinda las opciones de editar o eliminar un determinado componente. Cabe aclarar que los componentes que tengan las letras en rojo significan que supera los valores permitidos por el Código Alimentario Argentino.

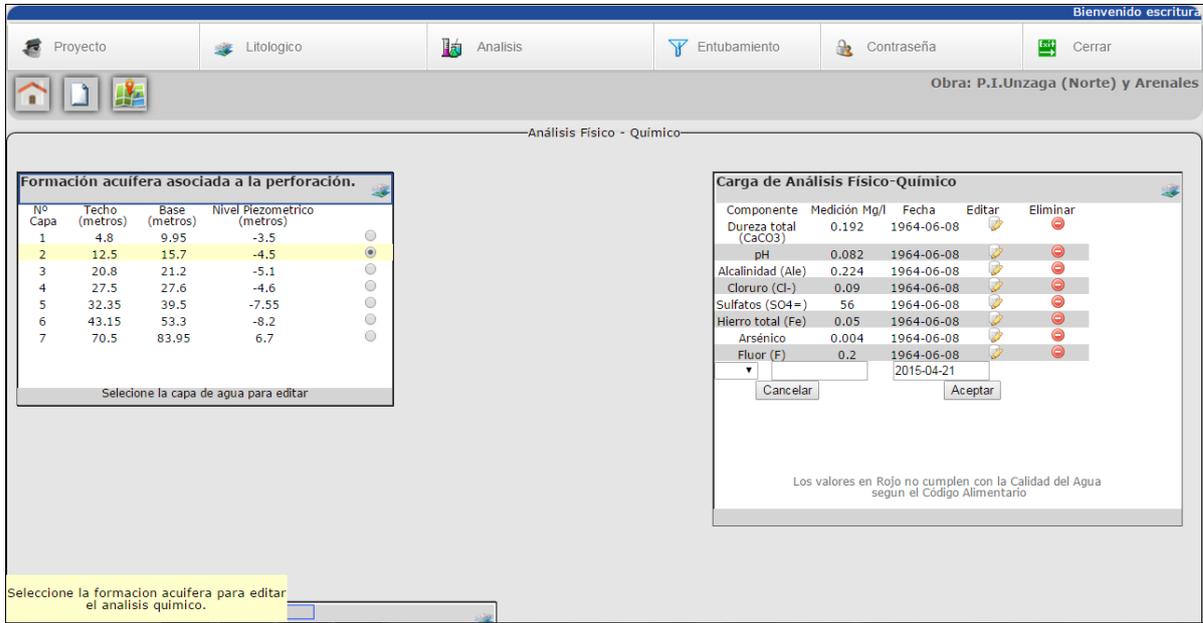
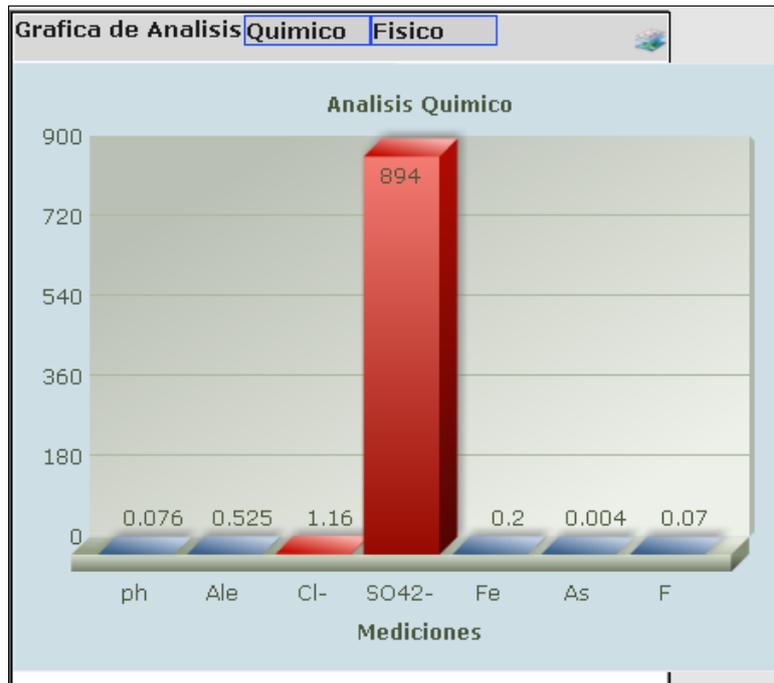


Figura 6.15. Análisis Físico –Químico.

- Gráficos de análisis químicos

Representación gráfica en columnas de los componentes químicos con sus respectivos valores (ver Fig. 6.16), en donde aquella que esté en color rojo supera los valores permitidos por el Código alimentario Argentino.



**Figura 3.16. Gráfico de Barra de los análisis químicos.**

En esta parte de la pantalla se muestran los datos correspondientes a detalles de la composición química de las aguas subterráneas. Se utiliza la Técnica de Visualización correspondiente a Despliegue estándar en dos y tres dimensiones para representar los valores de los componentes químicos. Se usa la biblioteca Amchar.

- Gráficos de análisis físicos

Representación gráfica en columnas de los componentes físicos con sus respectivos valores (ver Fig. 6.17), en donde aquella que esté en color rojo supera los valores permitidos por el Código alimentario Argentino.



**Figura 6.17. Gráfico de Barra de los análisis físicos.**

En esta parte de la pantalla se muestra los datos correspondientes a detalles de la composición física de las aguas subterráneas. Se utiliza la Técnica de Visualización correspondiente a Despliegue estándar en dos y tres dimensiones para representar los valores de los componentes físicos. Se usa la biblioteca Amchar.

- Diagrama Hidroquímicos (Diagrama de Stiff)

Representación gráfica mediante el diagrama de Stiff (ver Fig. 6.18) los valores de los componentes físico-químico, dividido a la derecha los cationes y a la izquierda los aniones. El diagrama de stiff permite visualizar claramente los diferentes tipos de agua en forma simultánea, dando una idea del grado de mineralización.

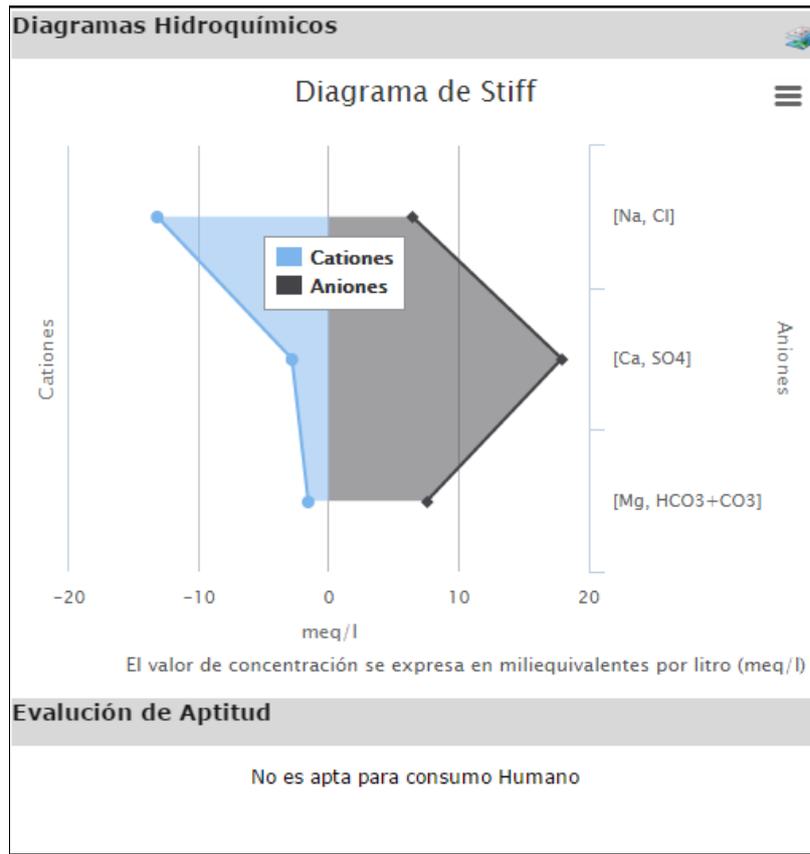


Figura 6.18. Diagrama de Stiff.

En esta parte de la pantalla se muestra los datos correspondientes a la aptitud del agua. Se utiliza la técnica de visualización bidimensional donde se representan los valores de los aniones y cationes. Se usa la biblioteca Highcharts 3.0.

- Datos de entubamiento

Al presionar en la solapa Entubamiento nos presenta dos tablas una con los datos del Filtro y otra con los datos del Entubamiento (ver Fig. 6.19). En la tabla del Filtro tenemos los datos del techo, base, abertura y el tipo de filtro que tiene, como así también la opción de modificar algún dato anteriormente nombrado de algún filtro, o la opción de eliminar un determinado filtro. En la tabla de Entubamiento tenemos los datos del tipo de cañería, el techo y la base del entubamiento como así también la opción de modificar algún dato anteriormente nombrado de algún entubamiento, o la opción de eliminar un determinado entubamiento.

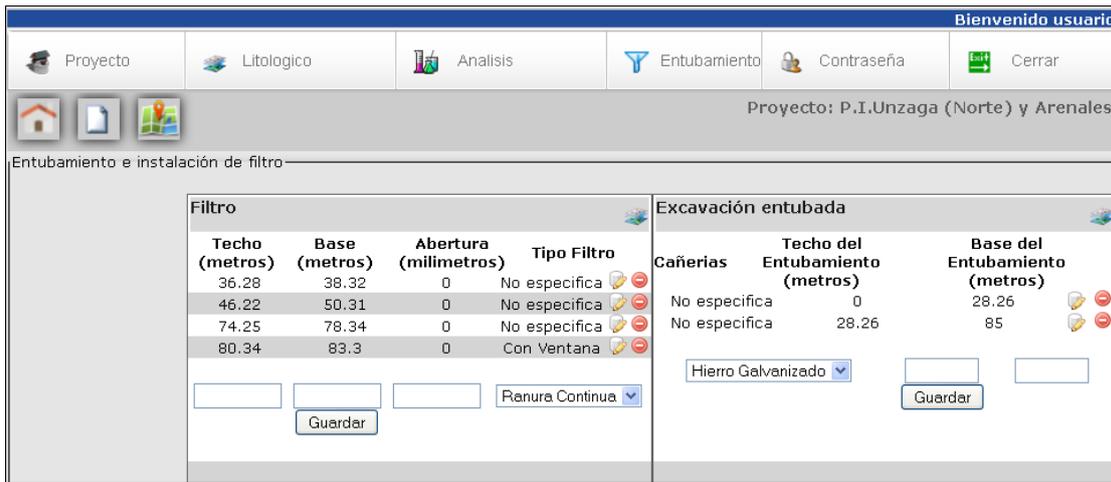


Figura 6.19. Datos del Entubamiento.

- Gráfico de Entubamiento

Se representa gráficamente los datos de la tabla anterior de entubamiento (ver Fig. 6.20).

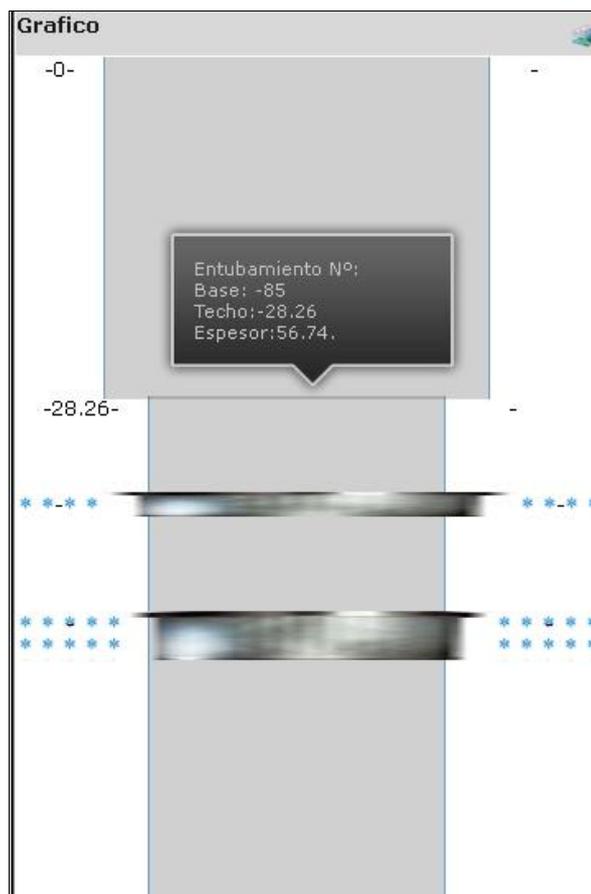


Figura 6.20. Entubamiento de la excavación.

En esta parte de la pantalla se muestra los datos correspondientes a diámetro, profundidad (cota superior e inferior), tipo de cañería y de filtro. Se utiliza la Técnica de Visualización

definida por Keim la de Despliegue estándar en dos y tres dimensiones donde se representan los diferentes Tipo de filtro y de cañería, la ubicación (techo y base) y número de filtro.

- Menú del Plano completo del proyecto

El prototipo nos da la posibilidad de mostrar el plano del proyecto con todos los datos de las excavaciones, para eso debemos hacer click en el botón plano del proyecto ubicado en el extremo izquierdo en la tercera ubicación (ver Fig. 6.21).

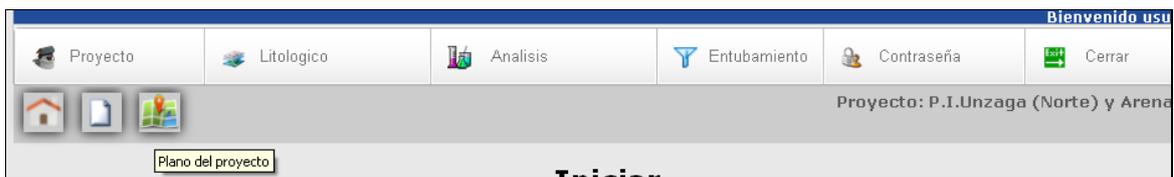


Figura 6.21. Opción Plano del Proyecto.

- Plano completo del proyecto

El plano del proyecto generado por el prototipo es casi similar al plano de los proyectos originados por las excavaciones reales, nos brinda información general de todo el proyecto con los datos de la obra (ver Fig. 6.22).

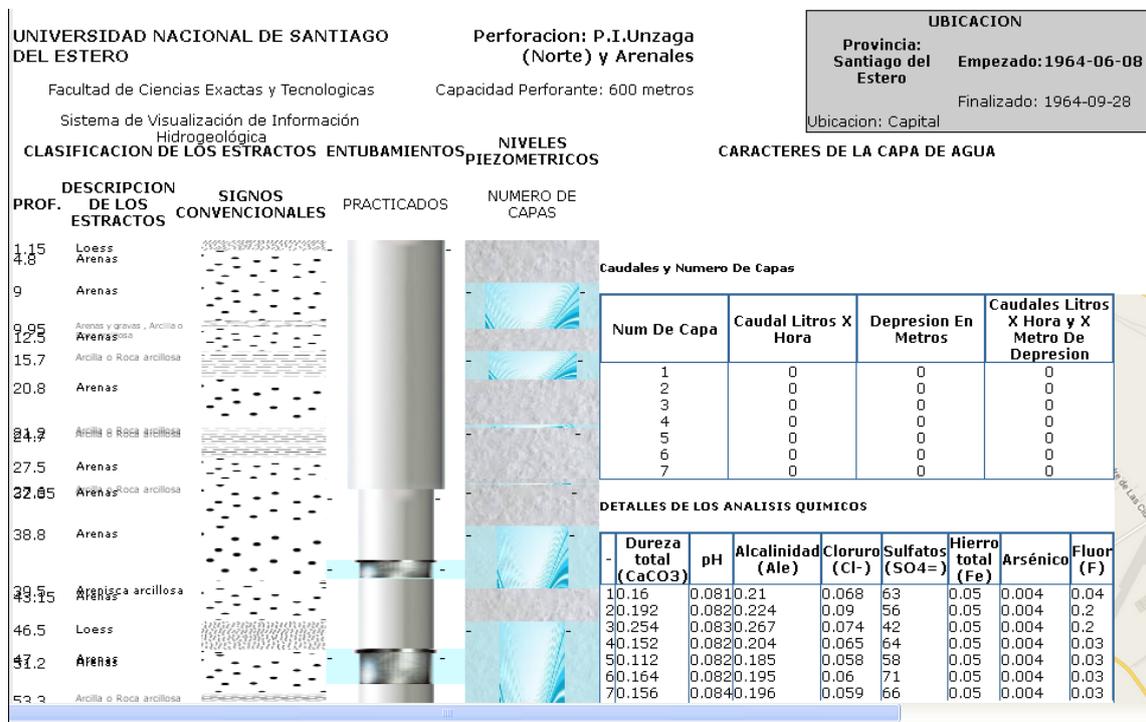


Figura 6.22. Plano general del proyecto.

## **CAPÍTULO VII:**

# **EVALUACIÓN DE LA COMPRENSIÓN DE LA INFORMACIÓN POR PARTE DEL USUARIO**

---

### **VII.1 INTRODUCCIÓN**

En el capítulo anterior se describió el prototipo de visualización de información hidrogeológica, desarrollado aplicando el MUV. Dicho modelo de desarrollo permitió explorar los requerimientos de la aplicación y establecer las técnicas de visualización más adecuadas para las tareas de perforación. Y cuales técnicas se utilizaron en el prototipo.

Una vez elaborado el prototipo se buscó determinar el grado de comprensión de la información logrado por el usuario al interactuar con el prototipo. Para ello, se utilizaron dos técnicas: observación directa y encuesta basada en cuestionario cerrado. Ambas técnicas se aplicaron a una muestra conformada por docentes y alumnos avanzados del Departamento Académico de Geología y Geotecnia de la FCEyT-UNSE.

Como se mencionó en el Capítulo II al hablar de comprensión se busca definir qué dice la imagen del texto y evaluar como confronta el usuario los datos de las tablas originales con las representaciones generadas por el prototipo es decir que la imagen debería permitir reencontrar elementos, proporcionar equivalencias y establecer similitudes.

Dado que la comprensión de la información no es una variable directamente mensurable, se habla de su evaluación y no de su medición. Así, en este capítulo, se describe cómo se llevó a cabo dicha evaluación, se analizan los datos recopilados mediante la observación directa y la encuesta; y, finalmente, se evalúan los resultados, considerando los objetivos del proyecto, presentados en el Capítulo I.

### **VII.2. OBSERVACIÓN DIRECTA**

La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conductas manifiestas. Puede utilizarse como instrumento de evaluación en diversas circunstancias. Hernández Sampieri, menciona que es un método útil, por ejemplo, para analizar la aceptación-rechazo de un producto [40].

Existen dos clases de observación, la observar científica y la no científica. En este proyecto, se aplicó la primera, ya que se buscó observar con un objetivo claro, definido y preciso. Esto es, observar el comportamiento del usuario al interactuar con el prototipo y

evaluar si facilitó la comprensión de la información visual; para lo cual se preparó cuidadosamente la observación.

Las modalidades que puede tener la observación científica varían, pero para este estudio se seleccionaron las siguientes:

- Directa: el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar.
- No participante: se recoge la información desde afuera, sin intervenir para nada en el grupo social, hecho o fenómeno investigado.
- Estructurada: se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, por ejemplo ficha, por lo cual se denomina observación sistemática.

Los pasos que se siguieron para realizar la observación son los siguientes [39]:

- Determinar el objeto, situación, caso que se va a observar.
- Determinar el objetivo de la observación (para qué se va a observar).
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos.
- Observar cuidadosa y críticamente.
- Registrar los datos observados.
- Analizar e interpretar los datos.

El objetivo de este estudio consistió en observar el comportamiento del usuario al interactuar con el prototipo para identificar si la información visual se comprende fácilmente.

### **VII.2.1 Situación Observada**

El sujeto de la investigación está formado por los docentes y alumnos con conocimiento en Hidrogeología. Por lo tanto el sujeto observado cuenta con conocimiento sobre hidrología subterránea, las normas internacionales para representar las tramas y los diagramas de análisis químico.

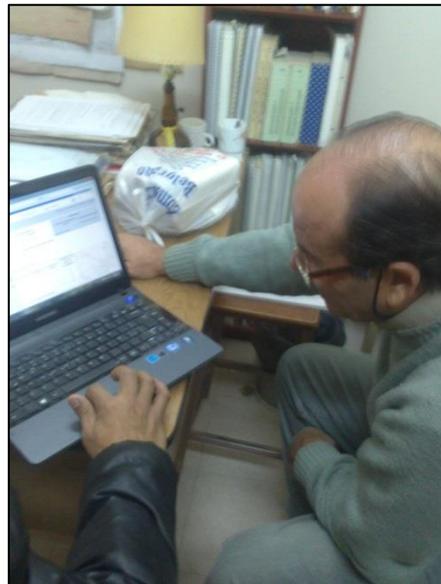
Se buscó observar el comportamiento de alumnos y docentes de la cátedra de Geología frente a las representaciones visuales generadas por el prototipo de Visualización de Información Hidrogeológicas. Es decir, se busca observar si el usuario acepta o no las visualizaciones generadas, si interactúa con las diversas opciones del menú, si le dedica tiempo a analizar tanto la información visual como las tablas de datos y si las representaciones visuales facilitan la comprensión de los datos presentados en las tablas.

### **VII.2.2 Forma de Registro de Los Datos**

Para llevar adelante el proceso de observación, se usó el prototipo (ejecutado en una notebook) y dos obras de perforación impresas. Estas últimas, ejemplificaban las siguientes situaciones: una perforación con acuíferos encontrados y otra con análisis químicos resultantes que no cumplieran con la calidad del agua establecida por el Código Alimenticio.

La observación se llevó a cabo en forma individual, en una oficina del Departamento de Geología y Geotecnia. Fueron observados 4 (cuatro) docentes y 2 (dos) alumnos avanzados, que fueron invitados formalmente a participar en la observación (ver invitación en Anexo 5).

En cada observación, se realizó inicialmente una breve descripción del funcionamiento del prototipo (ver Fig. 7.1). Posteriormente, se solicitó al usuario que interactúe con el mismo, siguiendo un determinado orden conforme a las instancias de visualización: portada, inicio de sesión, crear la obra de perforación, cargar los datos del perfil litológico, ingresar los datos del acuífero, registrar los datos del análisis químico e identificar los entubamientos.



**Figura 7.1. Presentación y descripción del prototipo.**

Para documentar los datos del comportamiento del usuario durante la interacción con el prototipo, se utilizó una Ficha de Observación y 6 Registros Narrativos (uno para cada sujeto observado).

La Ficha de Observación (ver Anexo 6) se encuentra dividida según las 7 (siete) instancias de visualización del prototipo. En cada instancia se registró la ocurrencia de acciones o

conductas del usuario. A su vez, cada acción que se observó se relaciona con una técnica de visualizaciones en particular. Estas técnicas, son las resultantes de implementar el MUV en el desarrollo del prototipo. Por ejemplo, la acción “interacción con el evento del botón derecho del mouse”, presenta solo dos opciones “si ocurre” y “no ocurre”.

Los Registros Narrativos consistieron en documentos informales donde se registró las conductas de cada usuario en particular. Los 6 Registros Narrativos se presentan en el Anexo 7.

El tiempo que se utilizó para realizar la observación varió, y dependió de factores como ser el acceso al sitio web, el tiempo dedicado a describir el prototipo. En promedio, cada observación se realizó durante 20 (veinte) minutos.

### **VII.2.3 Resultados de la Observación**

Esta técnica permitió conocer detalles de aquellas interacciones que suceden frecuentemente y las visualizaciones que facilitan la comprensión de la información hidrogeológica.

En la tabla 7.1 se presentan sintéticamente los resultados obtenidos en la observación. Se destacan las siguientes conductas, en relación a las visualizaciones más importantes:

- De los resultados de las observaciones se concluye que el 67 % de los observados, no tuvo dificultad para interactuar con las tramas utilizadas para representar los perfiles, mientras que el 33 % tuvo cierta dificultad para distinguir las tramas.
- Como se puede observar el 67% de los observados identifico el icono con la descripción del tipo de perforación. Mientras que solo el 33% tuvo dificultad para relacionar el icono con la descripción.
- De las observaciones realizadas sobre la visualización generada para el análisis hidráulico, se rescata que solo el 33% relaciona la tabla con la visualización. Razón por la cual, el usuario interactúa con menor medida con la representación del análisis hidráulico.
- A partir de las observaciones realizadas sobre el análisis químico, todos los usuarios interactuaron con los diagramas de análisis químicos, pero solo 33% localizo la descripción que identifica al acuífero como apto.

- Sobre la visualización generada para describir el entubamiento solo el 33% interactúa con dicha gráfica, mientras que los restantes tuvieron cierta dificultad. Esto llevo al usuario a concentrarse en observar los datos proporcionados por la tabla.
- De la observación sobre la visualización del plano general, se obtiene que el 67% de los observados dedicó más tiempo en comprender la tabla de datos que las representaciones generadas.

Tabla 7.1. Resultados de la ficha de observación.

Conductas del usuario frente a las visualizaciones generadas por el prototipo	SI	NO
<b>Portada</b>		
El usuario lee la portada	83 %	17%
Revisa la información de las perforación	83 %	17%
Ingresa al prototipo sin ningún inconveniente	100 %	-
<b>Menú de Inicio</b>		
Interactúa con el evento del botón derecho del mouse	33 %	67 %
Identifica el tipo de perforación con la notación gráfica utilizada	67 %	33 %
<b>Perfil Litológico</b>		
Dificultad para interactuar con la representación gráfica de la tramas	33 %	67 %
Relaciona las tramas con las descripciones	83 %	17 %
<b>Análisis hidráulico</b>		
Interactúa con el gráfico de formación acuífera	67 %	33 %
Relaciona las visualizaciones con los datos provisto por la tabla	33 %	67 %
<b>Análisis físico-químico</b>		
Prestó atención al gráfico de calidad del agua	100 %	-
Encontró los resultado de la aptitud del agua	33 %	67 %
<b>Entubamiento</b>		
Realizo interacción con el gráfico	33 %	67 %
Se concentró en observar los datos que mostraba la tabla	100%	-
<b>Plano general</b>		
Dedico más tiempo para comprender las tablas datos que la visualización generada.	67 %	33%
Voluntad para visualizar las diferentes gráficas del proyecto	100 %	-

### **VII.3.ENCUESTA BASADA EN CUESTIONARIO**

Con posterioridad a la interacción con el prototipo, se implementó una encuesta web, basada en un cuestionario cerrado, con 2 preguntas dicotómicas (dos opciones) y 9 ordinal-politómicas (más de dos opciones ordenadas). Estuvo dirigida a docentes y alumnos avanzados del Departamento de Geología y Geotecnia. Los encuestados fueron:

- Terribile, Marcela Elsa (profesor)
- Pavon, Julio Argentino (profesor)
- Martin Raul Americo (profesor)
- Neme, Teófilo (profesor)
- Storniolo Angel (profesor)
- Juan Martin Thir (profesor)
- Trejo Mario (profesor)
- Vera, Maria (alumno avanzado)
- Marozzi, Marcos Raul (alumno avanzado)

La implementación de la encuesta se hizo mediante un cuestionario en línea en Google Drive. Se envió una invitación por correo electrónico a cada encuestado, indicando el enlace a dicho cuestionario ([https://docs.google.com/forms/d/12xsVwou1ItoVWOgcRGIVh\\_bb9W4-5mJyO5JIcA2hTaQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/12xsVwou1ItoVWOgcRGIVh_bb9W4-5mJyO5JIcA2hTaQ/viewform)) y los datos para el acceso al prototipo. En el cuestionario se solicitaba, en primer lugar, que el encuestado interactúe con el prototipo, indicando el link de acceso: (<http://tesislsi.cu.cc/mapa2.php>).

El objetivo de la encuesta consistió en determinar el grado de comprensión de la información que brinda el "Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica basado en el Modelo Unificado de Visualización".

El cuestionario se encuentra conformado por 11 preguntas que se basan en las 7 instancias de visualización (Ver anexo 8). La primera pregunta (ordinal-politómicas) corresponde a la instancia Portada del prototipo. La segunda y tercera pregunta (ordinal-politómicas y dicotómica) corresponden a la instancia Pantalla Inicial del prototipo. La cuarta y quinta pregunta (ordinal-politómicas) corresponden a la instancia Perfil Litológico del prototipo. La sexta y séptima pregunta (ordinal-politómicas y dicotómica) corresponden a la

instancia Análisis Hidráulico del prototipo. La octava y novena pregunta (ordinal-politómicas) corresponden a la instancia Análisis Físico-Químico del prototipo. La décima pregunta (ordinal-politómicas) corresponde a la instancia Entubamiento del prototipo. La undécima pregunta (ordinal-politómicas) corresponde a la instancia Plano General del prototipo.

Teniendo en cuenta la siguiente escala (ver tablas 7.2) se muestra el formato de las preguntas ordinal-politómicas.

**Tabla 7.2. Escala de las preguntas politómicas.**

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
Mucha Facilidad	Fácil	Comprensible	Difícil	Mucha Dificultad

En cambio la siguiente escala (ver tabla 7.3) muestra el formato de las preguntas dicotómicas.

**Tabla 7.3. Escala para las preguntas dicotómicas.**

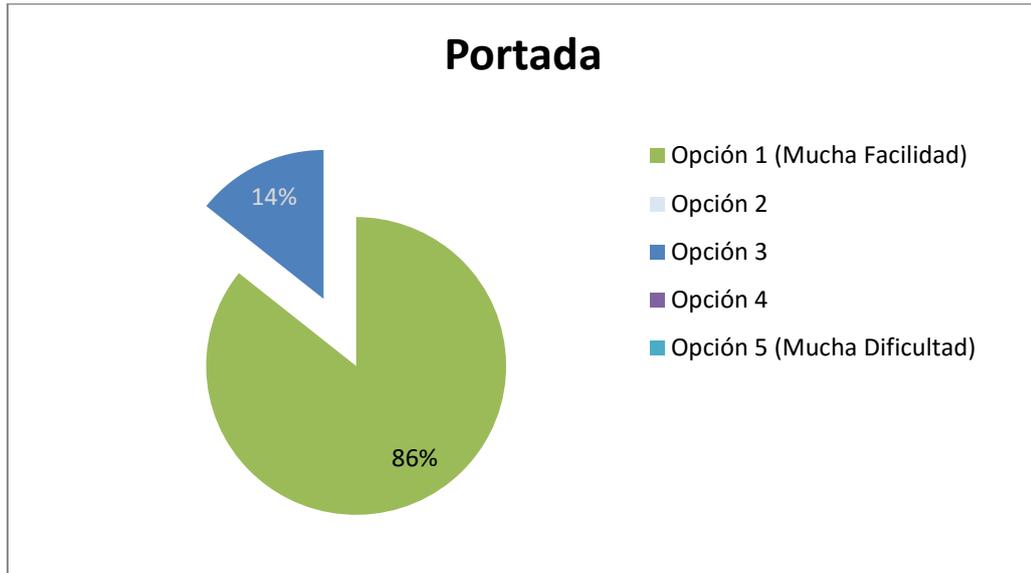
Opción 1	Opción 2
Si	No

### **VII.3.1. Resultados de la Encuesta**

Con respecto a la pregunta 1 del cuestionario,

” El prototipo cuenta con una portada donde se publica información de las diferentes excavaciones, principalmente ubicación, profundidad y diámetro. Conjuntamente a los datos antes nombrados, se emplea la técnica de visualización "zoom", que proporciona información sobre la ubicación exacta de la excavación. La representación resultante permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.2):

- El 86 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 14 % de los encuestados sostiene que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.



**Figura 7.2: Resultado de Portada.**

Con respecto a la pregunta 2 del cuestionario,

“Para representar todas las excavaciones del sistema se utilizó la técnica de visualización "basada en iconos" sobre un plano. La representación visual resultante le permitió comprender la información con...”

Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.3):

- El 57 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.

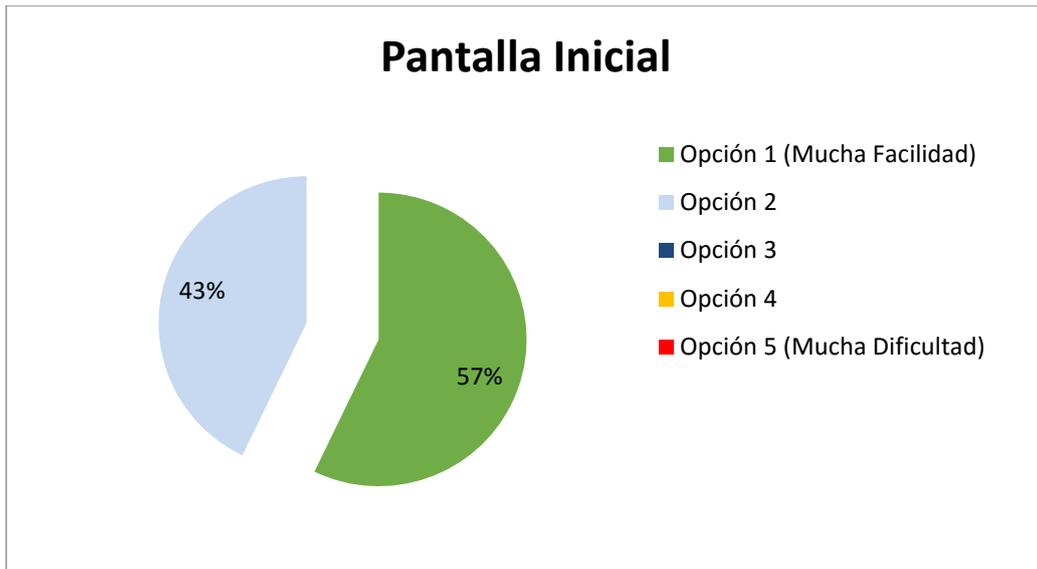


Figura 7.3: Resultado de Pantalla Inicial.

Con respecto a la pregunta 3 del cuestionario:

“En la pantalla Inicial se utilizó la técnica de visualización "zoom semántico" para mostrar más información de las excavaciones. ¿Esta interacción le permitió mejorar la comprensión?”. Los usuarios respondieron que (ver Fig. 7.4):

- La totalidad de los encuestados respondieron que la técnica zoom semántico en la pantalla inicial permitió mejorar la comprensión de la información de las excavaciones.

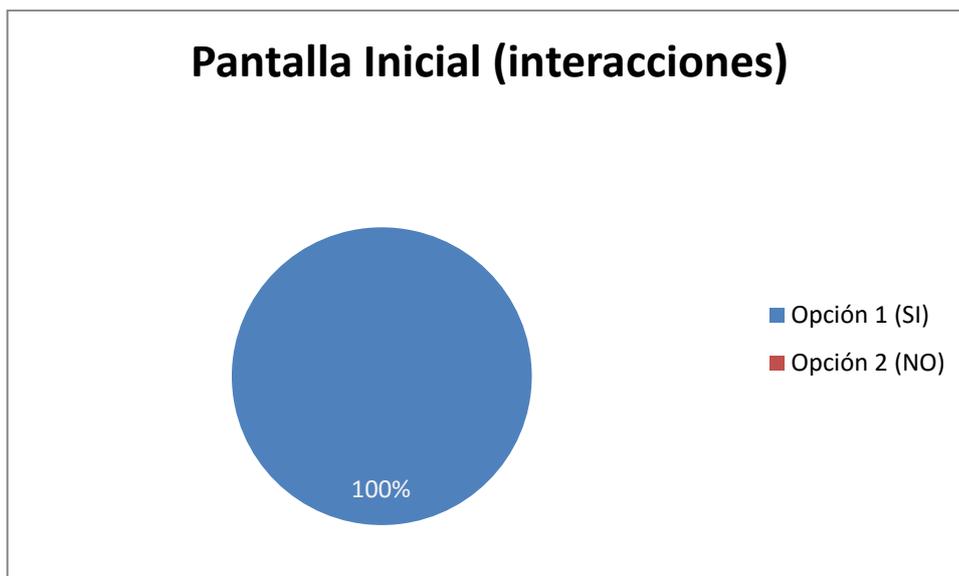


Figura 7.4: Resultados Pantalla Inicial (interacciones).

Con respecto a la pregunta 4 del cuestionario,

“Para representar el perfil litológico se ha empleado la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje Y se representa la profundidad (en metros) y en el eje X se describen las características de cada trama (trama, descripción). La representación visual resultante le permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.5):

- El 57 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.

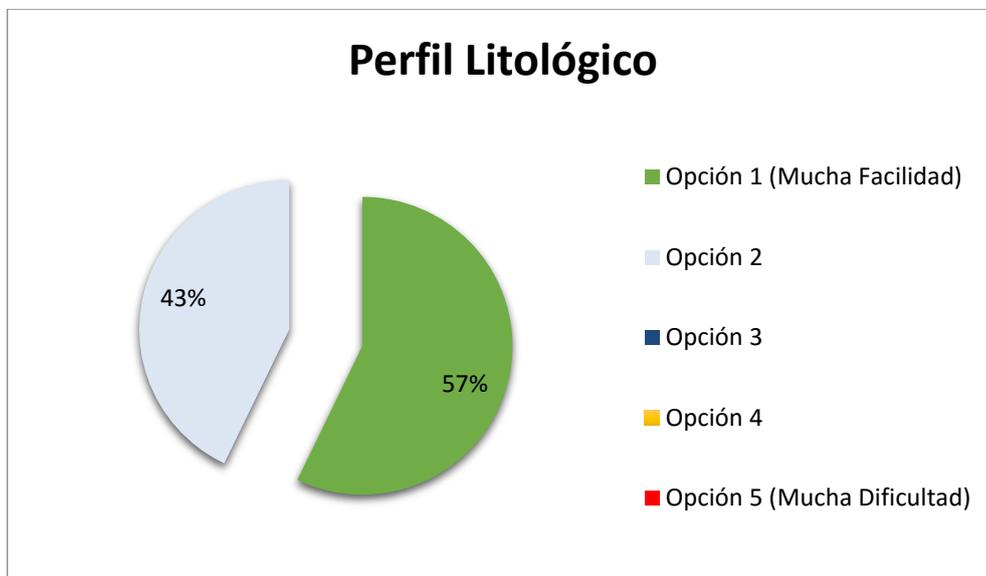


Figura 7.5: Resultado Perfil Litológico.

Con respecto a la pregunta 5 del cuestionario,

“En el mismo gráfico se ha empleado también la técnica de visualización "zoom semántico" para mostrar la descripción de las tramas. Esto le permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.6):

- El 71 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 29 % de los encuestados sostiene que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.

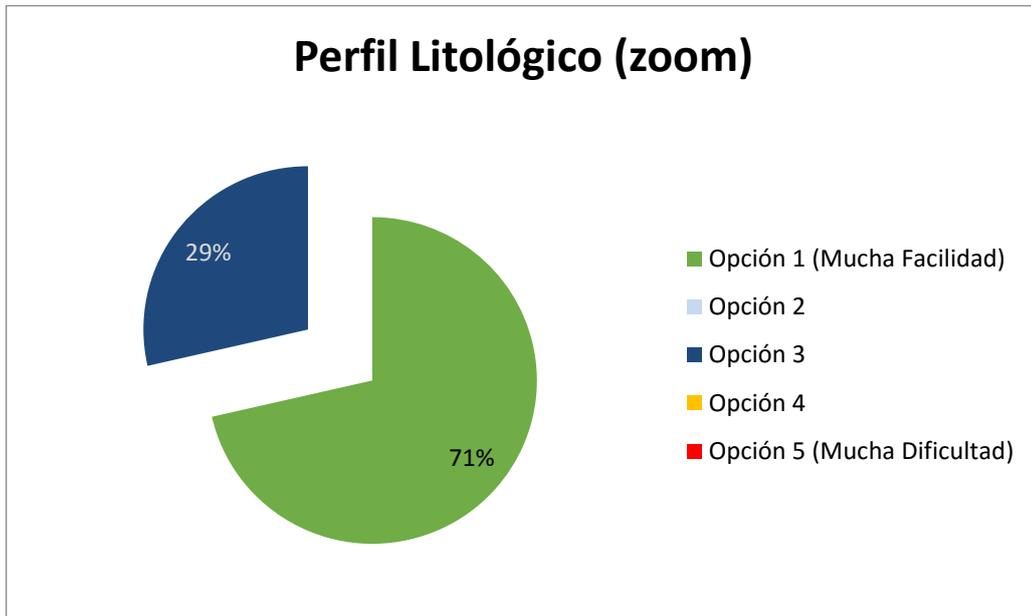


Figura 7.6: Resultado Perfil Litológico (zoom).

Con respecto a la pregunta 6 del cuestionario,

“Para representar las formaciones acuíferas de una perforación se utilizó la técnica de visualización "typedness" (técnica basada en región). Esta permite visualizar los acuíferos, el nivel del terreno y el nivel piezométrico alcanzado. El uso de esta técnica le permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.7):

- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 29 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.
- El 14 % de los encuestados sostiene que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.
- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Dificultad.

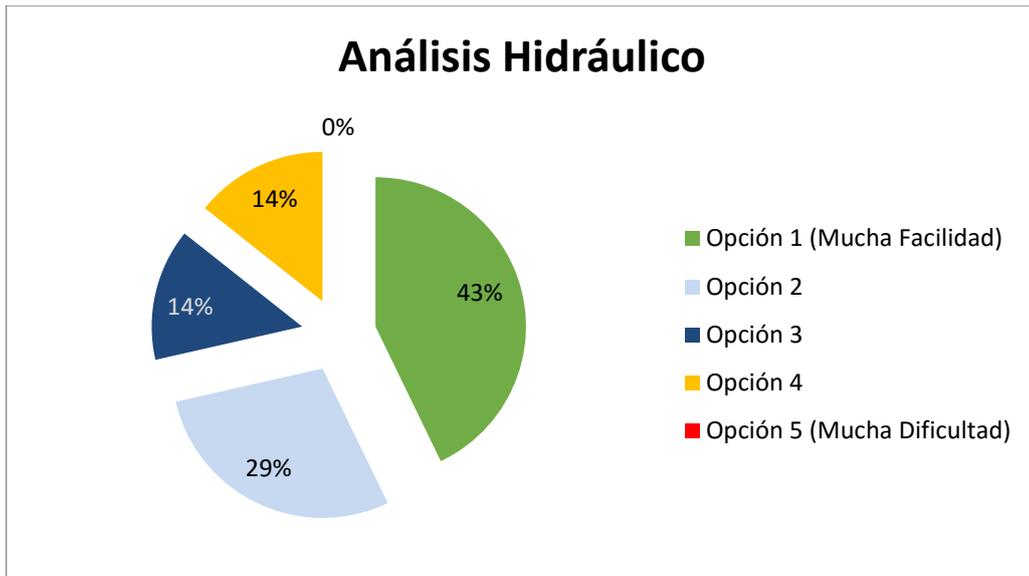


Figura 7.7: Resultados Análisis Hidráulico.

Con respecto a la pregunta 7 del cuestionario,

“Al interactuar con el gráfico de formación acuífera se muestra información de cada acuífero. ¿Esta interacción le permitió mejorar la comprensión?”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.8):

- El 86 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió mejorar la comprensión.
- El 14 % de los encuestados no llegaron a comprender la información.

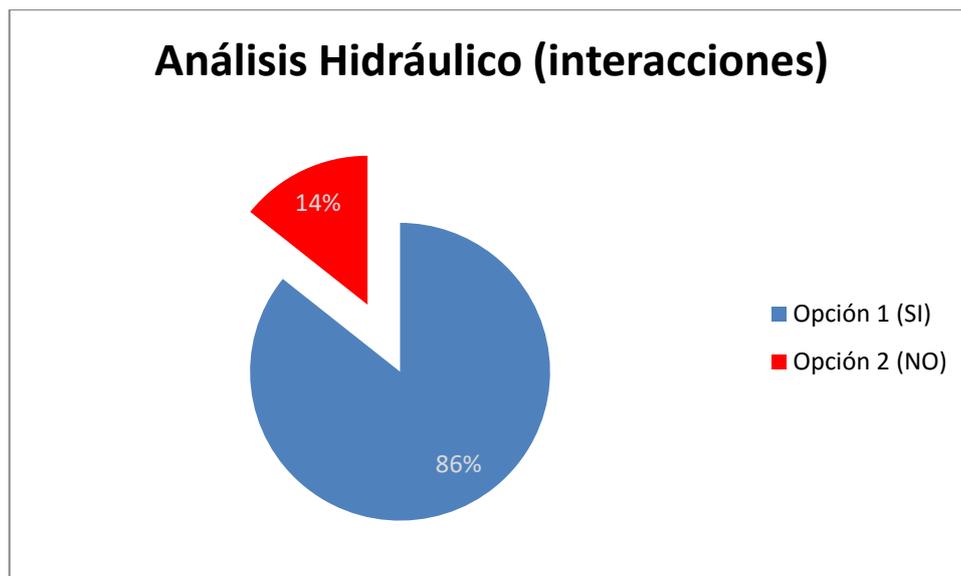


Figura 1.8: Resultados Análisis Hidráulico (interacciones).

Con respecto a la pregunta 8 del cuestionario,

“Se utilizó la técnica de visualización "searchability" para representar los componentes obtenidos en el análisis físico-químico. Las representaciones en barras de los componentes físicos y químicos le permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.9):

- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.
- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.

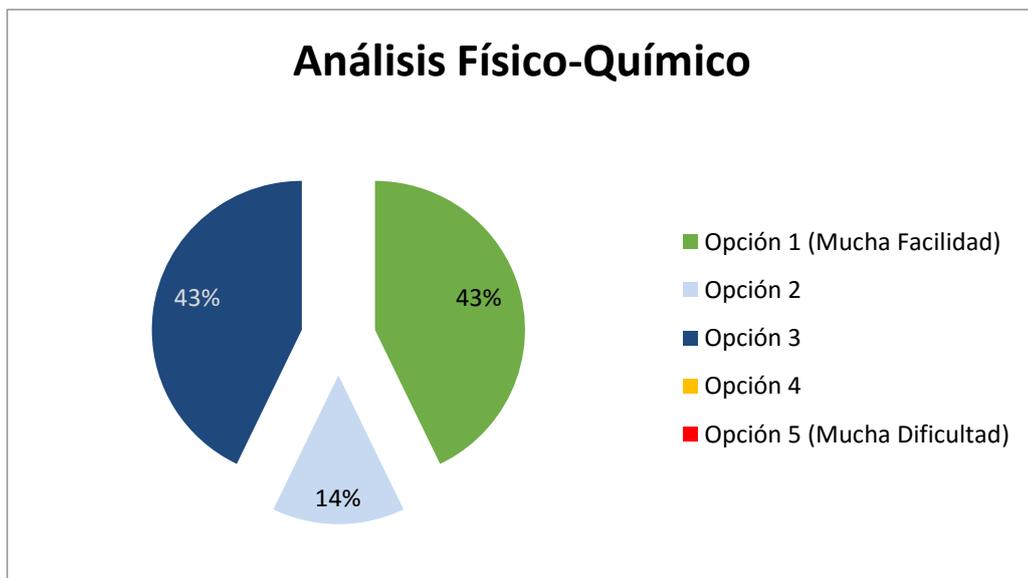


Figura 7.9: Resultados Análisis Físico-Químico.

Con respecto a la pregunta 9 del cuestionario,

“Se ha empleado la técnica de visualización "basada en líneas" para generar un Diagrama de Stiff que muestra el tipo de agua. Esto le permitió comprender la información con...”.

Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.10):

- El 57 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 29 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.

- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.

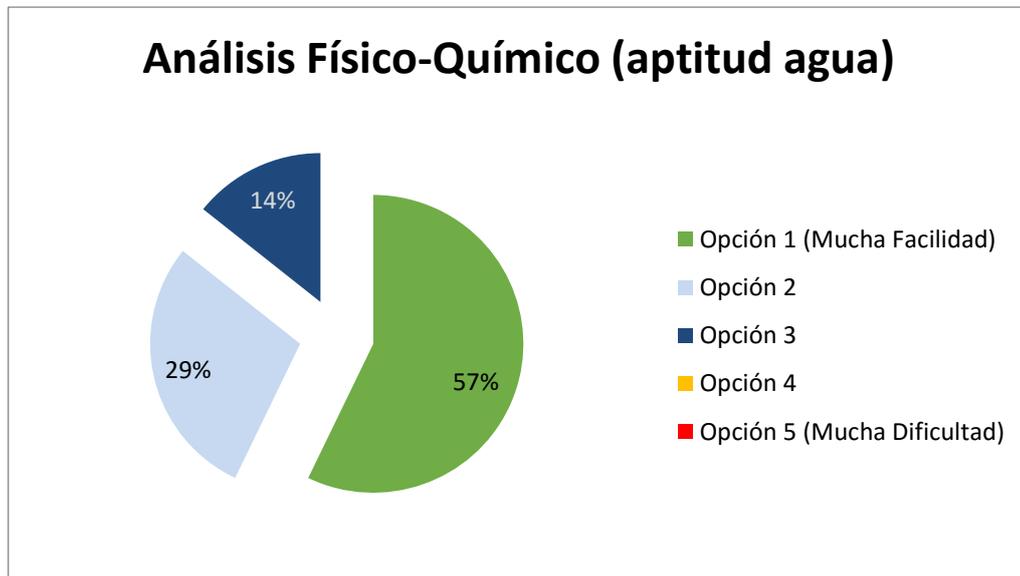


Figura 7.10: Resultados Análisis Físico-Químico (aptitud agua).

Con respecto a la pregunta 10 del cuestionario,

“Para construir una vista del entubamiento, se empleó la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje X se identificó el diámetro y en el eje Y límites del entubamiento y filtro. La representación gráfica resultante le permitió comprender la información con...”.

Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.11):

- El 43 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 29 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Facilidad.
- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.
- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Dificultad.

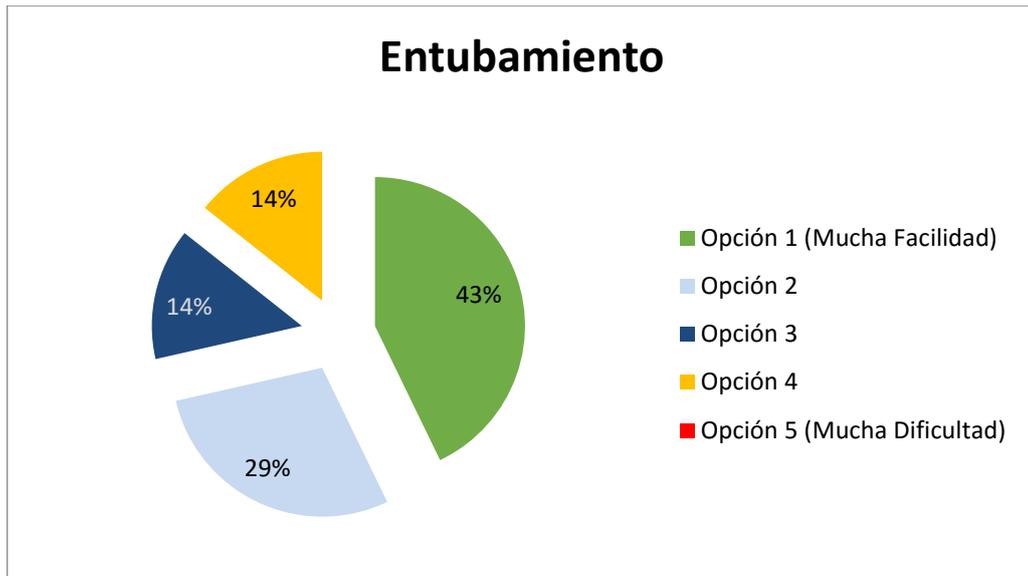


Figura 7.11: Resultado Entubamiento.

Con respecto a la pregunta 11 del cuestionario,

“Para representar el plano general del proyecto se ha empleado la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje Y se presenta la profundidad (en metros) y en el eje X se describen el perfil litológico, el entubamiento y el análisis hidráulico. La representación resultante le permitió comprender la información con...”. Las respuestas de los usuarios se reflejan en los siguientes porcentajes (ver Fig. 7.12):

- El 86 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender la información con Mucha Facilidad.
- El 14 % de los encuestados sostienen que la representación visual les permitió comprender medianamente la información.

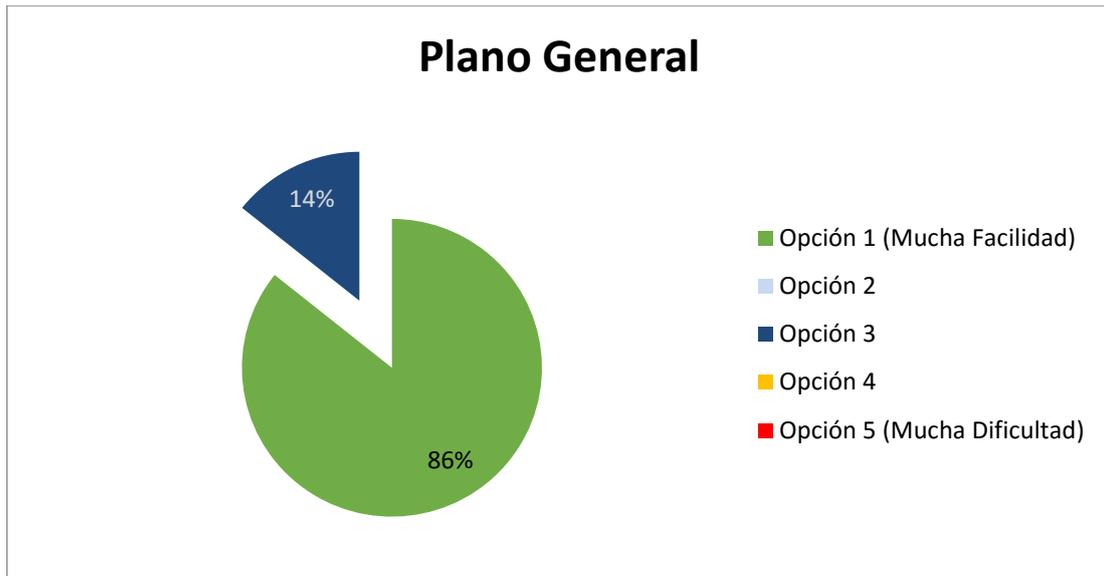


Figura 7.12: Resultados Plano General.

#### VII.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Esta sección se organizó en base a dos apartados, en el primero se analizan los resultados obtenidos de realizar la observación, y en el segundo se incluyen los datos contenidos en la encuesta.

Luego de analizar los resultados obtenidos en la **observación** del comportamiento de docentes y alumnos del departamento de Geología y Geotecnia frente al prototipo SIVIH, se puede resaltar lo siguiente:

- Con respecto a la técnica de visualización basada en icono, implementada en la portada del prototipo, la mayoría de los observados no manifestó dificultad para leer la información de las perforaciones, obtener detalles de las obras y acceder al prototipo.
- Con respecto al menú de inicio del prototipo, se rescata que si bien el usuario reconoce el tipo de perforación de acuerdo al icono (técnica basada en icono), no accede a la información generada por el clic derecho del mouse, la cual implementa la técnica zoom semántico.
- En relación a la representación del perfil litológico, el usuario tuvo cierta dificultad para ver los iconos de las tramas, principalmente por el tamaño de los iconos. Pero, a su vez, la técnica de zoom y la descripción de la trama facilitó la identificación del icono utilizado.

- Con relación a la imagen generada para análisis hidráulico, se observó que si bien hubo una gran interacción con dicha gráfica, el usuario tuvo cierta dificultad para relacionar la gráfica con la tabla de datos. Se supone que esto se debió a la gran similitud de la representación generada por la técnica de visualización Typedness con un diagrama de estadística, utilizado frecuentemente en la cátedra de Geología y Geotecnia.
- En relación a las representaciones del análisis físico – químico, generado por la técnica Searchability, los usuarios interactuaron en gran medida con los diagramas hidroquímicos, pero no localizaron con facilidad la descripción de dicho análisis.
- Con respecto a la imagen del entubamiento, obtenido por la técnica de Gráficos-XY, no hubo una gran interacción con dicha representación, pero si hubo mayor dedicación a interpretar los datos proporcionados por la tabla.
- En relación a las representaciones del plano general del prototipo, el usuario dedicó más tiempo en buscar datos de la perforación que en analizar las representaciones gráficas generada por la técnica Gráficos-XY. Esto sucedió principalmente por la gran cantidad de datos que se encuentran distribuidos por todo el plano.

De los resultados de la encuesta se obtuvo lo siguiente:

- La mayoría de los encuestados respondieron que comprenden con mucha facilidad, la representación de la Portada mediante la implementación de la Técnica Zoom.
- Con respecto a la Pantalla Inicial se puede afirmar, que si bien más de la mitad de los encuestados respondieron que comprenden la representación generada mediante la Técnica Basada en Iconos con mucha facilidad, la Técnica Zoom Semántico les permitió mejorar, a la totalidad de los usuarios, la comprensión de la información mediante la interacción.
- En cuanto al Perfil litológico, los usuarios respondieron que comprenden con mucha facilidad la representación generada por las Técnicas de Interacción y Dinamismo y por la Técnica Zoom Semántico. Cabe destacar que esta última técnica aumento el nivel de comprensión.
- Con respecto a las formaciones acuíferas se puede afirmar, que si bien una buena parte de los encuestados respondieron que comprenden la representación generada mediante la Técnica Basada en Región con mucha facilidad, también se observa que la interacción permitió mejorar la comprensión, en la mayoría de los usuarios.

- En cuanto a los Análisis Fisco- Químico se puede afirmar, que la mayoría (con respecto a los demás valores) de los encuestados respondieron que comprenden la representación generada mediante la Técnica Searchability con mucha facilidad. Pero, la Técnica Visualización Bidimensional, que representa el Diagrama de Stiff, permite a más de la mitad comprender con mucha facilidad la información.
- En relación al diagrama de Entubamiento se puede afirmar, que la mayor parte de los encuestados (en relación con los otros valores) respondieron que comprenden la representación generada mediante Técnica Gráfico XY con mucha facilidad.
- En cuanto al Plano General se puede afirmar, que la mayoría de los encuestados respondieron que comprenden la representación generada mediante Técnica Gráfico XY con mucha facilidad.

De las respuestas proporcionadas por los usuarios, si se seleccionan las opciones 1 y 2 (ver tabla 7.2) de la encuesta, es decir, mucha facilidad y fácil de comprender satisfactorias, se puede decir que de las 11 (once) preguntas realizadas, 10 (diez) respuestas establecen que el prototipo cumple con el objetivo de mejorar la comprensión del usuario. Por lo tanto, se puede afirmar que se alcanza el objetivo en aquellas representaciones que se obtuvieron de implementar las técnicas: Zoom, Basada en Iconos, Zoom Semántico, Grafico XY, Basada en Región, Searchability y Basadas en Líneas.

## CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES

---

Este trabajo estuvo orientado a implementar el MUV como método de desarrollo del prototipo SiVIH. Mediante la aplicación del modelo, fue posible detectar aquellas técnicas de visualización que permitieron optimizar la comprensión de la información hidrogeológica y facilitar la comunicación de los resultados de los diversos análisis.

El prototipo analiza la información hidrogeológica de las perforaciones en la provincia de Santiago del Estero y genera la representación gráfica adecuada.

Para desarrollar el SiVIH, en primer lugar, se investigaron los conceptos teóricos referentes a Hidrogeológica, Geología, Hidráulica y normas ISO de simbología internacional. También se llevó a cabo el análisis de las taxonomías de las técnicas de visualización clasificadas por Keim y, además, se presentaron las bibliotecas web que se utilizaron en el desarrollo del prototipo. Posteriormente, se desarrollaron todas las actividades previstas en el MUV.

Para evaluar si el prototipo optimiza la comprensión de la información hidrogeológica representada, se implementaron las técnicas de observación directa y encuesta. Ambas técnicas se aplicaron a una muestra formada por docentes y alumnos avanzados del Departamento Académico de Geología de la FCEyT-UNSE.

De la evaluación presentada en el Capítulo VIII, se desprende lo siguiente:

- La técnica de visualización *zoom*, permitió comprender con mucha facilidad la información presente tanto en la portada como el perfil litológico;
- La técnica de visualización *zoom semántico*, permitió a la totalidad de encuestados comprender la información relacionada a la perforación y el perfil litológico;
- La técnica de visualización *grafico XY*, facilitó la comprensión de la información tanto del entubamiento como el plano general de las perforaciones;
- La técnica de visualización *basada en íconos*, permitió a la mayoría de los encuestados, comprender la información tanto del tipo de perforación como de perfil litológico;
- La técnica basada en *región*, facilitó la comprensión de la información proporcionada por la formación acuífera de las perforaciones;
- La técnica *searchability*, permitió comprender la representación generada para representar a la información física y química;

- La técnica de visualización *bidimensional*, utilizado para representar el diagrama de stiff, facilitó la comprensión de los datos proporcionados por el análisis químico de los acuíferos.

A partir de las observaciones realizadas sobre el uso de SiVIH, se destaca, que los usuarios, cuando necesitaban obtener más detalles de una perforación utilizaron más de una técnicas de visualización para comprender la información de la tabla de datos, presente en el prototipo.

Del desarrollo del prototipo, cabe resaltar que, no siempre es posible adaptar totalmente las bibliotecas web correspondientes a las técnicas de visualización a los requerimientos del usuario. Motivo por el cual, generalmente, fue necesario realizar modificaciones sobre las bibliotecas web, para adaptar las representaciones gráficas a las necesidades del usuario.

Del trabajo realizado, se puede concluir que el uso del MUV como método de desarrollo del prototipo SiVIH permitió optimizar la comprensión de la información hidrogeológica, considerando los resultados de la evaluación mencionados anteriormente.

Finalmente, en base a lo expuesto, se concluye que todos los objetivos específicos planteados en el presente trabajo, fueron cumplidos.

Por otra parte, a partir de la investigación realizada, surgen los siguientes temas o líneas de investigación, que podrían ser abordados en el futuro inmediato:

- Interpolación de las perforaciones que se realicen en la provincia, ya que se podría deducir las características de las perforaciones cercanas.
- Representar los datos de los análisis químicos mediante el diagrama de Piper.
- Seguimiento de las explotaciones de los pozos, para tener información periódica de las perforaciones.

## REFERENCIAS

---

- [1] Pressman, Roger S. *“Ingeniería del software, un enfoque práctico”*. México. Mc Graw Hill, Quinta edición. 2002. ISBN: 0-07-709677-0.
- [2] Hassan Montero, Yusef. *“Visualización de Información Persona-Ordenador: Propuesta Algorítmica para la Ordenación Espacial De Grafos”*. Universidad de Granada Facultad de Comunicación y Documentación. Departamento de Biblioteconomía y Documentación. 2010. ISBN: 978-84-693-5200-7.
- [3] Klaus, Todd. *“Kepler Science Operations Center pipeline framework”*. Orbital Sciences Corp./NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, USA, 2010. ISBN 978-0-8194-8230-3.
- [4] Martig, Sergio; Castro, Silvia; Fillotrani, Pablo; Estévez, Elsa. *“Un Modelo Unificado de Visualización”*. Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación. Universidad Nacional del Sur. 2003.
- [5] Gallegos, Soledad; Gorostegui, María. *“Procesos cognitivos”*. Disponible en: <<http://www.reocities.com/sicotema/1190494636.pdf>>. Consultada octubre 2012.
- [6] Ward, Matthew; Grinstein, Georges; Keim Daniel. *“Interactive Data Visualization, Foundations, Techniques, and Applications”*. Editorial: Sales and Customer Service Office; 2010. ISBN-13: 978-1568814735.
- [7] Servicio Geológico de EE.UU. *“FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization (PostScript Implementation)”*. Departamento del Interior. Servicio Geológico. EE.UU. 2006.
- [8] Schlumberger Water Service. *“Software para Sondeo Geológico de Perforaciones”*. Disponible en: <[http://www.swstechnology.com/spanish/software\\_category.php?CatID=25](http://www.swstechnology.com/spanish/software_category.php?CatID=25)>. Consultada junio-2012.
- [9] Earth Science and GIS Software. *“ROCKWARE”*. Disponible en: <<https://www.rockware.com/>>. Consultada enero 2014.
- [10] Schlumberger, Water Services. *“Hydro GeoAnalyst”*. Disponible en: <<http://www.swstechnology.com/environmental-data-management-software/hydro-geoanalyst/>>. Consultada enero 2014.
- [11] Professional Surveyor Magazine. *“GeoVisionary”*. Disponible en: <<http://www.es.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=70852>>. Consultada septiembre 2012.

- [12] Servicio de información y noticias científicas. **“OneGeology”**. Disponible en: <<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Espana-participa-en-el-proyecto-de-cartografia-geologica-mas-grande-de-la-historia>>. Consultada septiembre 2012.
- [13] Agencia de Sistemas de Información (ASI) y Unidad de Sistemas de Información Geográfica (USIG). **“Mapa Interactivo de Buenos Aires”**. Disponible en: <<http://mapa.buenosaires.gov.ar/>>. Consultada abril 2012.
- [14] Custodio, Emilio; Llamas, Manuel. **“Hidrogeología Subterránea. 2ª Edición”**. Editorial: Omega. 1983. ISBN 13: 9788428204460.
- [15] Grupo de Investigación en Visualización. **“Visualización”**. *Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ciencias de la Computación*. Disponible en: <[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22281/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22281/Documento_completo.pdf?sequence=1)>. Consultada en enero 2015.
- [16] Larrea, Martín Leonardo. **“Visualización Basada en Semántica”**. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 2010.
- [17] Martig, Sergio; Castro, Silvia. **“Interacciones Básicas en el Modelo Unificado de Visualización”**. Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 2004.
- [18] Martig, Sergio; Castro, Silvia. **“Visualización de la Información”**. CACIC, VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Universidad de Buenos Aires. 2002.
- [19] Castellanos Espinal, Idania Marvely. **“Visualización y Razonamiento en las Construcciones Geométricas utilizando el Software Geogebra con alumnos de II de Magisterio de la E.N.M.P.N.”** Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán. Honduras. 2010.
- [20] Cernea, Daniel; Kerren, Andreas; Ebert, Achim. **“Detecting Insight and Emotion in Visualization Applications with a Commercial EEG Headset”**. Departamento de Ciencia de la Computación, Informática Gráfica y el Grupo HCI. Universidad de Kaiserslautern. Alemania. 2011.
- [21] Chang, Remco; Ziemkiewicz, Caroline; Green, Tera Marie; Ribarsky, William. **“Defining Insight for Visual Analytics”**. The University of North Carolina at Charlotte. EE. UU. 2008. ISSN: 0272-1716.
- [22] Soto, Leonardo; Sánchez, Ricardo; Amaya, Jorge. **“Desarrollo de un Sistema de Visualización para la Planificación Minera”**. Universidad de Talca. Chile. Disponible en: <<http://users.dcc.uchile.cl/~mmarin/revista-sccc/sccc-web/Vol5/ecc1.pdf>>. Consultada en marzo 2015
- [23] Guzmán Cortés, Oscar Hernando. **“Taxonomías de la visualización de información”**. SISTEMAS & TELEMÁTICA Universidad de Icesi 2007. Disponible en: <

[https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas\\_telematica/article/viewFile/984/1009](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/viewFile/984/1009)  
>. Consultada en marzo 2015.

[24]Bajaj, Chandrajit. **“Data visualization techniques”**. Universidad de Michigan. Wiley, 1999.

[25]Cuadros, Ana María. **“Mapas visuales para el análisis interactivo de datos multidimensionales”**. Universidad Católica de San Pablo. Brasil. Disponible en: <[http://www.ucsp.edu.pe/archivos/revistadeinvestigacion/5\\_Mapas\\_visuales\\_y\\_analisis\\_de\\_datos\\_multidimensionales.pdf](http://www.ucsp.edu.pe/archivos/revistadeinvestigacion/5_Mapas_visuales_y_analisis_de_datos_multidimensionales.pdf)>. Consultada en enero 2015.

[26]Marghescu, Dorina. **“Evaluating Multidimensional Visualization Techniques in Data Mining Tasks”**. Universidad de Turku. Centro de Ciencias de la Computación. Septiembre del 2008. Disponible en: <<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/69974/MarghescuDorina.pdf?sequence=3>>. Consultada en enero 2015.

[27]Keim, Daniel. **“Designing Pixel-Oriented Visualization Techineques: Theory and Applications”**. IEEE. Marzo 2000. Disponible en: <<http://fusion.cs.uni-magdeburg.de/pubs/TVCG00.pdf>>. Consultada en enero 2015.

[28]Dias, Maria Magdalena; Yamaguchi, Keiko Juliana; Rabelo, Emerson; Franco, Clelia. **“Visualization Techniques: Which is the Most Appropriate in tge Process od Knowledge Discovery in Data Base?”**. INTECH. 2012. Disponible en: <<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/39033.pdf>> .Consultada en enero 2015.

[29]Likhitha Ravi, Qiping Yan; Sergiu M. Dascalu, Frederick C. Harris, Jr. **“A Survey of Visualization Techniques and Tools for Environmental Data”**. College of Engineering, University of Nevada, Reno, USA; Disponible en: <<http://www.cse.unr.edu/~fredh/papers/conf/124-asovtatfed/paper.pdf>>. Consultada en enero 2015.

[30]Hernandez, Mari Laine; Särkkä, Nanna. **“Market Data Visualization –Concepts, Techniques and Tools”**. Finnish Strategic Centre for Science, Technology and Innovation in the field of ICT. 2013. Disponible en: <[http://virtual.vtt.fi/virtual/nextmedia/Deliverables-2013/D1.2.3.3\\_eReading\\_%20Market%20Data%20Visualization-Concepts,%20Techniques%20and%20Tools.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/nextmedia/Deliverables-2013/D1.2.3.3_eReading_%20Market%20Data%20Visualization-Concepts,%20Techniques%20and%20Tools.pdf)>. Consultada en enero 2015.

[31]Quijad, Jose Lopez. **“Domine PHP5”** Editorial: Alfaomega. 2008. ISBN: 978-84-7897-834-2.

[32]Base de datos de código abierto más popular del mundo. **“MYSQL”**. Disponible en: <<http://dev.mysql.com/>>. Consultada abril 2014.

- [33]Eguiluz, Javier. **“Introducción a JavaScript”**. Disponible en URL: < <http://librosweb.es/javascript>>. Consultada en enero 2015.
- [34]Google Developers. **“Servicios web del API de Google Maps”**. Disponible en: < <https://developers.google.com/maps/documentation/webservices/?hl=es>>. Consultada diciembre 2012.
- [35]Java Script Charts v.3 **“AMCHARTS”** Disponible en: < <http://www.amcharts.com/> >. Consultada diciembre 2012.
- [36]Librería YUI. **“YUI”**. Disponible en: < <http://yuilibrary.com/>>. Consultada diciembre 2012.
- [37]Highcharts. **“Highcharts 3.0”**. Disponible en: < <http://www.highcharts.com/component/content/article/2-articles/news/54-highcharts-3-0-released>>. Consultada diciembre 2012.
- [38]Alvez, Carlos E.; Castro, Silvia M.; Martig, Sergio R. **“Mejoramiento de la Exploración Visual de Bases de Datos Mediante Transformaciones de Vistas”** Disponible en URL: < [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23032/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23032/Documento_completo.pdf?sequence=1)>. Consultada abril 2014.
- [39]Sanjuan Diaz, Lidia. **“La Observación”**. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Psicología. Septiembre 2011.
- [40]Hernández Sampieri, Roberto. **“Metodología de la Investigación”** México. Mc Graw-Hill. Quinta edición. 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9.
- [41]BDH-La Pampa. **“Diagramas Hidroquímicos”**. Disponible en: < [http://gis.bdh.lapampa.gov.ar/lapampa/common/themes/pampa/help/Diagramas\\_Hidroquimicos.htm](http://gis.bdh.lapampa.gov.ar/lapampa/common/themes/pampa/help/Diagramas_Hidroquimicos.htm)>. Consultada 2012.
- [42]Hidrotec Perforaciones. **“Perfil Litológico”**. Disponible en: < [http://www.hidrotecperf.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=53](http://www.hidrotecperf.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=53)>. Consultada 2012.
- [43]Tenso Perforación **“Bentonita, Sódica o Cálcica”**. Tenso Químicos. Disponible en: < [http://www.tensoquimicos.com/TensoPerforacion/pdf\\_boletines/Bentonita\\_Callica\\_vs\\_Sodica.pdf](http://www.tensoquimicos.com/TensoPerforacion/pdf_boletines/Bentonita_Callica_vs_Sodica.pdf)>. Consultada 2012.
- [44]QuimiNet **“Usos y aplicaciones de las bentonitas”**. Disponible en: < <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bentonitas-7708.htm>>. Consultada 2012.

- [45] La Comunidad Petrolera "**Trépano**". Disponible en: < <http://www.lacomunidadpetrolera.com/showthread.php/2320-Tr%C3%A9pano>>. Consultada 2012.
- [46] Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña "**Testificación geofísica de sondeos**". Disponible en: < [http://www.igc.cat/web/es/geofisica\\_tec\\_testifgeofisica.html](http://www.igc.cat/web/es/geofisica_tec_testifgeofisica.html) >. Consultada 2012.
- [47] OpenCourseWare "**Conceptos Fundamentales de Hidrogeología**". Universidad de Salamanca (España). Disponible en: < [http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/07.Conceptos\\_Hidrogeologia.pdf](http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/07.Conceptos_Hidrogeologia.pdf)>. Consultada 2012.
- [48] Di Pietro, Liliana; Suero, Elvira. "**Medición de Densidad aparente en el Suelo utilizando Zonda de Radiación Gamma**". Disponible en: < [http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_1n2/Pietro.pdf](http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_1n2/Pietro.pdf) >. Consultada 2012.
- [49] DPF Sensores. "**Sensores de Conductividad**". Disponible en: < <http://www.guemisa.com/ambien/docus/completo%20conductividad.pdf> >. Consultada 2012.
- [50] Forner, Manel Gasulla. "**Obtención de Imágenes de la Distribución de Impedancia Eléctrica del Subsuelo. Aplicación a la Detección de Objetos Locales**". Disponible en: < <http://petrus.upc.es/wwwdib/tesis/mgasulla/resumen.html> >. Consultada 2012.
- [51] OpenCourseWare "**Hidroquímica. Conceptos Fundamentales**". Universidad de Salamanca (España). Disponible en: < [http://ocw.usal.es/eduCommons/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/11.Hidroquimica\\_Basica.pdf](http://ocw.usal.es/eduCommons/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/11.Hidroquimica_Basica.pdf)>. Consultada 2012.
- [52] ALLPE Medio Ambiente. "**Estudios Hidrológicos**". Disponible en: < [http://www.allpe.com/seccion\\_detalle.php?idseccion=18](http://www.allpe.com/seccion_detalle.php?idseccion=18)>. Consultada 2012.
- [53] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. "**Información General de la Actividad**". Disponible en: < <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1654.htm> >. Consultada 2012.
- [54] Geofísica Exploraciones. "**Equipos y Software**". Disponible en: < <http://geofisicaexploraciones.com/equipos-y-software/>>. Consultada 2012.
- [55] Perfotecnica 5050. "**Perforación y Mantenimiento de Pozos de Agua en Venezuela**". Disponible en: < <http://perfotecnica5050.jimdo.com/la-empresa/registro-el%C3%A9ctrico/>>. Consultada 2012.
- [56] Naveira, Marcos; Villarroja Gil, F.; Castaño Castaño, S.; Vázquez Marroquín, M. "**Aproximación a la Evolución Hidroquímica de Aguas Subterráneas en el Terciario Detrítico de la Cuenca del Arlanzón (Burgos)**". Disponible en: < <http://ingenierosdeminas.org/documentos/08-Hidrogeoquimica-6.pdf> >. Consultada 2012.

## ANEXOS

### ANEXO 1: MARCO CONCEPTUAL

---

#### **HIDROLOGÍA**

El vocablo hidrogeología, fue utilizado por primera vez por el naturalista francés Lamarck, en 1802 y lo definió como el conjunto de fenómenos de erosión, transporte y sedimentación producidos por los agentes acuosos. Esta definición no fue aceptada ni entre sus contemporáneos ni posteriormente, sino hasta 1919 en la publicación de la obra “Hydrology”.

Sin embargo, el significado de este concepto no fue, ni es, universalmente aceptado. Tanto es así que en algunas publicaciones hacen referencias a Hidrogeología como Hidrología subterránea. En el libro “Hydrology” publicado en 1942, se considera que la hidrología es la ciencia que se ocupa del agua que interviene en el ciclo hidrológico, tanto en la atmosfera, como sobre o bajo la superficie terrestre. Esta ciencia fue dividida en dos grandes apartados, la hidrología superficial o la hidrología subterránea o geohidrología [14].

#### **HIDROGEOLOGÍA**

El Comité Coordinador del Decenio Hidrológico Internacional, iniciado en 1965, adopto la siguiente definición: “*La Hidrología es la ciencia que trata de las aguas terrestres, de sus maneras de aparecer, de su circulación y distribución en el globo, de sus propiedades físicas y químicas y sus interacciones con el medio físico y biológico, sin olvidar las reacciones a la acción del hombre*”.

De la misma forma puede adoptarse para la Hidrología subterránea o para la hidrogeología la definición siguiente: “*La Hidrología subterránea es aquella parte de la hidrología que corresponde al almacenamiento y circulación y distribución de las aguas terrestre en la zona saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y bilógico y sus reacciones a la acción del hombre*” [14].

## **GEOLOGÍA**

Los conceptos geológicos tienen una aplicación directa en la hidrología, en particular la subterránea. Además del gran interés, especialmente económico del estudio geológico de la parte más superficial de la corteza que comprende la localización de minerales y/o sustancias útiles al hombre; también se centra en aspectos de aplicación práctica, como ser obras públicas (autopistas, presas, canales, excavaciones, etc.).

En un sentido amplio se puede definir a la geología como la ciencia que estudia todos aquellos fenómenos naturales excepto aquellos de tipo biológico, así como su origen e interrelación mutua, que se producen en el planeta Tierra, ya sea bajo la superficie terrestre, o en ella misma.

Esta definición origina una gran diversidad de disciplinas como puede ser Paleontología, Mineralogía, Geofísica, Tectónica, Biología, Astronomía, Petrología, Geomorfología, etc.

La relación que existe esta ciencia y la Hidrología subterránea, se encuentra en la consideración de que el medio físico donde se realizan todos los fenómenos de la hidrología subterránea son ambientes netamente geológicos, significando con ello que las aguas subterráneas se mueven en el interior de formaciones litológicas o rocas, cuyo estudio geológico previo es fundamentalmente para la adecuada comprensión de los problemas que se plantean en la fase posterior o de hidrología subterránea propiamente dicha [14].

## **HIDRÁULICA**

Las bases teóricas para relacionar el potencial hidráulico con la velocidad del agua fueron introducidas en 1856.

Los principales objetivos de la hidráulica de captación de agua subterránea son:

- Obtener métodos para determinar las características físicas y de funcionamiento de los acuíferos tales que complementen, sustituyen o mejoren otros métodos disponibles.
- Permitir la predicción razonable del comportamiento acorto y largo plazo de una captación de agua, los caudales que podrán extraer, su régimen óptimo de explotación y sus efectos sobre el acuíferos y otras captaciones vecinas.
- Suministrar métodos teóricos-prácticos para el proyecto de captaciones.

- proporcionar una metodología para valorar la eficiencia y correcta construcción de la captación de agua.

### **ANÁLISIS QUÍMICO**

Todo estudio de recurso hidráulico debe incluir características del agua con vista a su utilización.

El agua pura no existe en la naturaleza, por lo que su definición teórica como combinación química no puede extenderse al estado en que se encuentra habitualmente.

Sin duda el agua es un solvente, que incorpora una gran cantidad de sustancias. Las aguas subterráneas, a su vez tienen mayor oportunidad de disolverse por las mayores superficies de contactos, lentas velocidades de circulación, presión y temperatura a las que están sometidas.

Por ello es necesario estudiar la calidad del agua, la cual queda definida por su composición, y el conocimiento de los efectos que puedan causar cada uno de los elementos que contiene. Para así establecer las posibilidades de su utilización, clasificando así, de acuerdo con los límites estudiados, su destino para bebida, usos agrícolas, industriales, etc [21].

### **DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS**

Los Diagramas Hidroquímicos son representaciones gráficas que muestran sintéticamente las características químicas principales del agua, facilitando su clasificación. Es considerada una Herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades del agua, así como para hacer comparaciones. También permite ver con facilidad el comportamiento y la evolución del agua en un territorio determinado y a través del tiempo.

Entre los métodos gráficos más utilizados se destacan los siguientes: diagrama de barra, diagrama circular, diagrama de Stiff, diagrama triangular, diagrama vertical [41].

#### **Diagramas de Stiff**

Esta gráfica está compuesta por tres ejes horizontales, cada uno de ellos uniendo un catión y un anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el  $\text{Na}^+$  se confronta con el  $\text{Cl}^-$ , el  $\text{Ca}^{+2}$  con el  $\text{HCO}_3^-$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  con el  $\text{SO}_4^{-2}$  (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el  $\text{Fe}^{+2}$  contra el

NO<sub>3</sub>). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/l (miligramos equivalentes por litros).

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado permite visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular) y, en forma simultánea, permite dar idea del grado de mineralización (ancho de la gráfica) [ver Fig. 1]. En la gráfica siguiente se muestran algunas apreciaciones de este diagrama que caracterizan varios tipos de aguas [41].

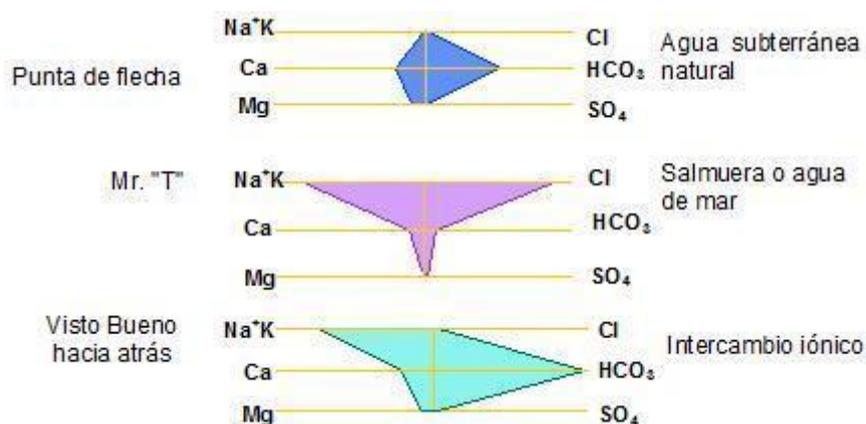


Figura 1: Diagrama de Stiff [41].

Permite apreciar los valores de las relaciones iónicas con respecto a la unidad y la variación de las relaciones entre cationes y entre aniones de una muestra.

También pueden representarse en un mapa (Fig. 2), con lo que se visualiza rápidamente la variación espacial de la mineralización del agua en el acuífero.

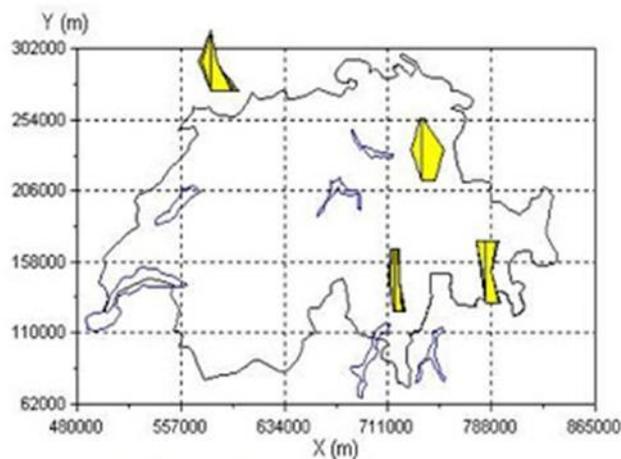


Figura 2: Distribución del diagrama de Stiff [41].

### **Diagramas de Piper**

Es una de las gráficas más utilizadas, En él se incluyen aniones y cationes en forma simultánea. Este gráfico permite representar muchos análisis sin dar origen a confusiones. Las aguas geoquímicamente similares quedan agrupadas en áreas bien definidas.

Está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. Los vértices del triángulo de cationes son  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^{++}$   $\text{K}^{+}$ . Los vértices del triángulo de aniones son  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$  y  $\text{HCO}_3^{-}$ . Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes.

Las concentraciones de los iones dadas en meq/l se expresan como porcentaje con respecto a la suma de aniones y cationes respectivamente. En cada triángulo se reúnen solo tres aniones y tres cationes. A cada vértice le corresponde el 100% de un anión o catión. Ver la figura siguiente [41].

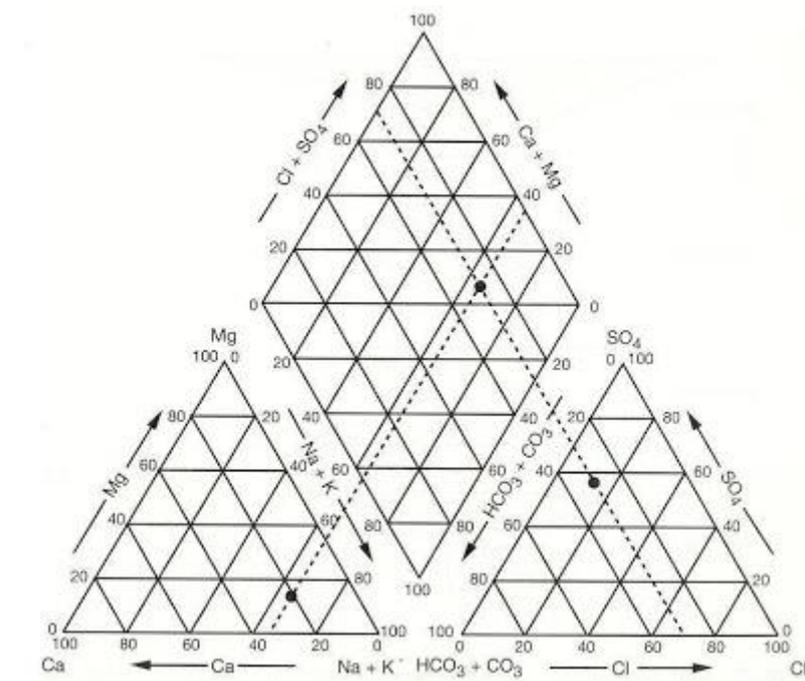


Figura 3: Esquema del diagrama de Piper [41].

Para construir el diagrama de Piper se procede de la siguiente manera:

Paso1. Si las concentraciones están en mg/l, se convierten a meq/l dividiendo los mg/l de cada parámetro por el peso del miliequivalente correspondiente.

Ej: para convertir los 84 mg/l de Ca<sup>+2</sup> correspondientes al punto 1 dividimos por 20 que es lo que pesa un meq de Ca<sup>+2</sup>. El resultado es 4.2 meq/l (ver tabla 1 y tabla 2).

Tabla 1: Datos del diagrama de Piper en Cationes.

Parámetros	Concentración(mg/l)	Peso de un meq	Concentración en meq/l
Ca <sup>+2</sup>	84	20	4.20
Mg <sup>+2</sup>	7.85	12.15	0.65
Na <sup>+</sup>	14.7	23	0.64
K <sup>+</sup>	1.43	39	0.04

**Tabla 2: Datos del diagrama de Piper en Aniones.**

Parámetros	Concentración(mg/l)	Peso de un meq	Concentración en meq/l
HCO <sub>3</sub>	312	61	5.11
Cl	12.8	35.5	0.36
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	18.9	48	0.39

Paso 2. Se expresa como porcentaje los meq/l de cada parámetro, para ello: primero, se suman los aniones y los cationes presentes en la muestra. En segundo lugar se divide la concentración de cada parámetro por la suma de aniones o cationes según corresponda (ver Fig. 4).

Por Ej. Para expresar los 4.2 meq/l de calcio que hay en la muestra, se debe tener en cuenta que la suma de cationes para es 5.53 meq/l, así. Ver ejemplos en tabla 3 y tabla 4

$$\% Ca (muestra) = \frac{4.2}{5.53} * 100 = 76\%$$

**Figura 4. Ejemplo de suma de cationes.****Tabla 3: Porcentaje de Cationes para el diagrama de Piper.**

Parámetros	Concentración(meq/l)	Concentración en (%)
Ca <sup>+2</sup>	4.2	76%
Mg <sup>+2</sup>	0.65	12%
Na <sup>+</sup>	0.64	12%
K <sup>+</sup>	0.04	1%
Suma	5.53	100%

**Tabla 4: Porcentaje de Aniones para el diagrama de Piper.**

Parámetros	Concentración(meq/l)	Concentración en (%)
HCO <sub>3</sub>	5.11	87%
Cl	0.36	6%

Paso 3. Dibujar las proporciones en los gráficos triangulares. Se debe tener en cuenta que estos triángulos muestran solo las proporciones entre los aniones o los cationes mayores, no sus concentraciones (ver tabla 5 y tabla 6).

Tal como se muestra en la figura de inicio, en unos de los vértices del triángulo de cationes se dibuja la suma de  $K^{++}Na^{+}$ , por tanto las cantidades a graficar son las siguientes.

**Tabla 5: Porcentaje de Cationes para Piper.**

Parámetros	Concentración en (%)
$Ca^{+2}$	76%
$Mg^{+2}$	12%
$K^{+} + Na^{+}$	12%
Suma	100%

**Tabla 6: Porcentaje de Aniones para Piper.**

Parámetros	Concentración en (%)
$HCO_3$	87%
Cl	6%
$SO_4^{-2}$	7%
Suma	100%

Ahora se grafica el punto correspondiente a los cationes, conformado por 76% de Ca, 12% de Mg y 12% de Na+K, para ello, utilizamos con rectas auxiliares la opuesta a cada uno de los vértices donde están el Ca, Mg y Na+K respectivamente.

Paralela a la recta opuesta al vértice del Ca, trazamos una línea por donde está el 76% de Ca (Línea verde).

Paralela a la recta opuesta al vértice del Mg, trazamos una línea por donde está el 12% de Mg (línea azul).

Paralela a la recta opuesta al vértice del Na+K, trazamos una línea por donde está el 12% de Na+K (línea roja).

En el sitio donde se cortan las tres rectas, se coloca el punto correspondiente a 76% de Ca, 12% de Mg y 12% de Na+K.

De igual forma de proceder para los aniones conformado por 87% de HCO<sub>3</sub>, 6% de Cl y 7% de SO<sub>4</sub>.

El resultado de todo este procedimiento se muestra en la Fig. siguiente.

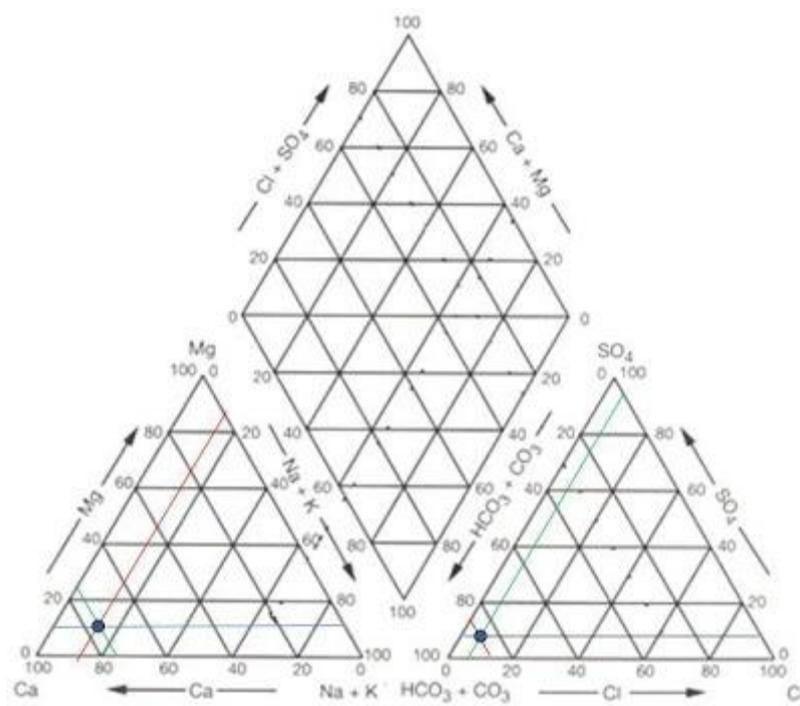


Figura 5: Localización de aniones y cationes [41].

Paso 4. Lo que sigue es proyectar ambos puntos en el rombo central (ver Fig. 6), para ello se prolongan las líneas rojas de ambos triángulos. Donde se corten dichas líneas se localiza el punto que caracteriza la muestra, la cual se clasifica como Bicarbonatada – Cállica (HCO<sub>3</sub>-Ca).

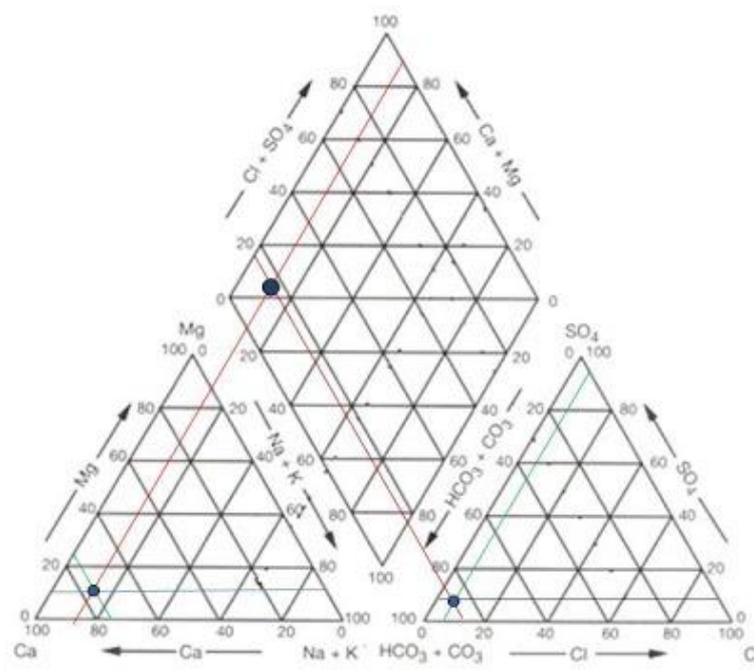


Figura 6: Proyección de los puntos de aniones y cationes al rombo central [41].

Este es un procedimiento que tal vez realizará una vez en la vida, puesto que existen software como el Aquachem y el Digrammes. Lo más importante es saber para qué sirve este diagrama:

- Visualizar la evolución geoquímica de las aguas subterráneas.
- Detectar procesos como intercambio catiónico.
- Detectar mezclas entre dos tipos de agua.
- Detectar procesos de dilución o precipitación de especies iónicas.

Junto con la cartografía y localización de los puntos de muestreo permite validar o lanzar hipótesis de la localización de la zona de recarga de los acuíferos.

A continuación se presentan casos tipos de agua, su clasificación y los procesos o rocas relacionadas con las mismas (ver Fig. 7).

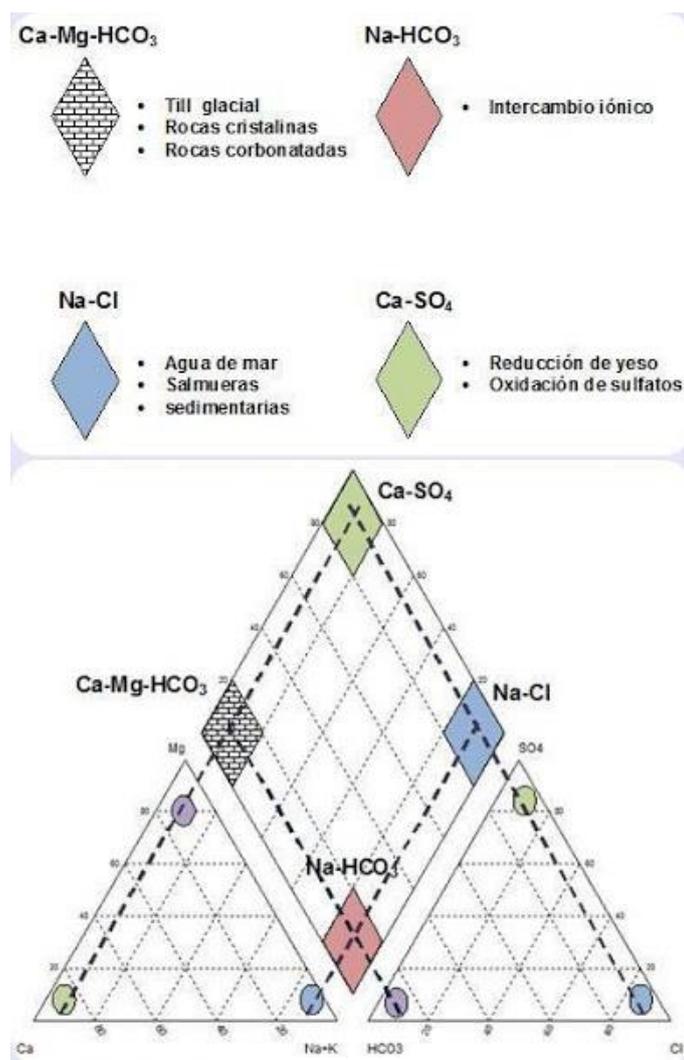


Figura 7: Casos típicos de agua [41].

## NORMA DE CARTOGRAFÍA DIGITAL PARA LA SIMBOLIZACIÓN DE MAPAS GEOLÓGICOS

Aprobado por el Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC) de EE. UU., para la representación cartográfica digital de las características de los mapas geológicos. Esta norma tiene por objeto apoyar a los desarrolladores y a los usuarios de la información de estos mapas, proporcionando símbolos de línea, símbolos de puntos, colores y patrones que pueden ser utilizados para representar las diversas características de los mapas geológicos. El objetivo es ayudar a la producción de mapas geológicos y productos relacionados, consistentes tanto en su apariencia como en su contenido con las bases de datos internas.

La norma contiene descripciones, ejemplos, especificaciones cartográficas, y notas sobre el uso de una amplia variedad de símbolos, que pueden ser usados comúnmente en mapas geológicos de propósito general y sus productos relacionados. Sin embargo, la norma

también puede ser utilizada en diversas clases de mapas y bases de datos los cuales pueden estar enfocados sobre temas específicos de la geociencia o una característica especial. La norma es independiente de la escala, lo que significa que los símbolos son apropiados para su uso con los mapas geológico compilado o publicado a cualquier escala. Está diseñado para ser útil a cualquier persona que produzca o utilice la información del mapa geológico, ya sea en forma analógica o digital [7].

**ANEXO 2:****DESCRIPCION FUNCIONAL DEL SISTEMA**

---

Una perforación se decide ejecutar por diferentes motivos, pueden ser: porque algún poblado solicita a la administración la provisión de agua, por un estudio hidrogeológico, o porque un pozo deja de funcionar y decide hacer un pozo al lado.

Comúnmente, la profundidad de la perforación presenta diversas alternativas, a veces este valor se determina por que se conoce el perfil litológico [42], porque existe un pozo cercano, o en algunos casos por que se establece una profundidad convenida. También puede suceder que si la zona es conocida y hay muchos sondeos, se deduce qué acuífero es bueno y cuáles tienen buenos caudales, por lo que ya se puede determinar una profundidad.

Durante la perforación, a medida que avanza la herramienta metro a metro se va tomando muestra del sedimento. La máquina avanza en profundidad y va saliendo por un costado de la perforación un fluido.

En la perforación, se hace una zanja donde se vierte la bentonita, arcilla [43, 44]. Esta arcilla se inyecta a través de una barra en la excavación, las cuales son huecas, utilizando una bomba.

Desde el interior de la barra, trepa un fluido impulsado por la presión, generada por la bomba.

La bentonita enfría la herramienta. Al terminar de excavar, se levanta lo que se está sacando y el residuo de lo que está rompiendo genera al costado de la pared, una costra para que no se derrumbe, esa es otra de las funciones que cumple la bentonita [43, 44].

Entonces que sucede, la bentonita arrastra el sedimento a medida que avanza metro a metro la herramienta. Dependiendo de la decisión del perforista se continúa con la excavación, o por que hace falta o por el número de barras que se instalan [43, 44].

Entonces con el impulso del trépano [45] llega a la superficie restos de los sedimentos, con lo cual se genera el muestreo. Este procedimiento de tomar la muestra se repite a cada metro, o cuando el perforista observa que hubo cambios en los sedimentos, sino se ignora

y no realiza la muestra.

Si es para un estudio de detalle, investigación, el muestreo se realiza cada 50 centímetros, metro, dos metros o cuando se produce un cambio en el horizonte sedimentológico. El cambio de material no es cada metro, hay capas de material que cambia cada 20 centímetros. A parte, el perforista sabe cuándo se produce este cambio de materiales, porque la máquina está rotando y está haciendo fuerza para perforar entonces, hay un cambio porque se ablanda, cae la barra, se endurece, se aliviana o se esfuerza. También se puede determinar el cambio de material, por la experiencia del perforista.

Al concluir la perforación se lleva a cabo la testificación geofísica [46], se baja sonda y se genera registro eléctrico que permite determinar perfectamente donde están los acuíferos [47], mediante sonda gamma [48] (sonda de conductividad eléctrica [49], resistividad).

Una vez determinado donde están exactamente los acuíferos [47], se instalan los filtros para la captación del agua. En caso de que las aguas no sean aptas, no se instalan los filtros y se cierra la excavación.

La testificación, es el método que consiste en enviar corriente eléctrica al suelo y se tiene respuesta de potenciales eléctricos, con los que se realiza un registro.

Cada elemento de la naturaleza tiene una resistividad aparente, mediante un análisis de resistencia eléctrica [50], es posible encontrar agua dulce o agua salada. Pero este cálculo es aproximado, ya que existen algunos materiales que pueden ser más conductivos [51] que otros y pueden enmascarar el resultado.

Cuando termina la perforación se tienen todas las muestras asociadas con los horizontes sedimentológicos y las profundidades.

Estas muestras pueden ser verdaderas o falsas porque el lodo impulsado por la presión de la bomba, puede provenir de los 95 metros cuando en realidad la perforación se encuentra en los 110 metros, por ejemplo. Esto produce un desfase en las muestras del perfil litológico [42].

Una vez terminado se saca la herramienta y el pozo queda cubierto de lodo en todo su interior.

Continúa entonces con la estratificación geofísica [52], se baja una sonda que va midiendo cada 20 centímetros con lo cual se obtiene el perfil eléctrico, perfil resistivo y el de rayos gamma.

Mediante el análisis de rayos gamma, es posible determinar la profundidad de donde empieza y termina el acuífero.

Si el agua es de buena calidad se entuba el acuífero, se bajan las cañerías y se engrava el pozo, se pone una traba.

Puede ocurrir que la perforación sea de carácter de exploración [53] o para entubar.

Si es exploratoria [53], termina directamente una vez que se realiza el perfil litológico [42], el perfil eléctrico. Esto puede suceder por diversos motivos; ya sea porque se decide no entubar, porque el agua es poca o salada.

Los conocimientos geoquímicos brindan al hidrólogo una valiosa información acerca de la calidad de las aguas para los diferentes usos, aspectos regulados a través de normas. En el caso de las aguas subterráneas, los fundamentos de la Geoquímica son utilizados además, para obtener información en relación al tiempo de residencia del agua en el acuífero, las características de sus flujos, su estructura interna y su grado de contaminación.

El agua subterránea no posee una composición uniforme, ésta varía con la profundidad de manera que, de acuerdo a los objetivos del trabajo hidrogeológico, el muestreo debe hacerse en condiciones estáticas a través de un perfil de pozos, presas u otro tipo de embalse, o en condiciones dinámicas en pozos de explotación. Como la composición químico-física depende además del ciclo hidrológico y de la actividad del hombre, la frecuencia del muestreo debe establecerse de manera tal, que se reflejen esos efectos sobre la calidad de las aguas (ver tabla 7).

Tabla 7: Utilidad del agua de acuerdo a su calidad.

Sabor		
Olor		
Manganesio		
Arsénico	PH	
Fluoruro	Acidez	
Nitrato	Alcalinidad	
Hierro	Silica	Boro
Dureza	Dureza	Alcalinidad
Sedimentos	Sedimentos	Relación Calcio-sódico
Solidos Disueltos	Solidos Disueltos	Solidos Disueltos
<b>Domésticos</b>	<b>Industrial</b>	<b>Riego</b>

## ANEXO 3: DICCIONARIO DE DATOS

---

### **Equipo de geofísica:**

Equipo especializado para la toma de datos de campo en los diversos proyectos [54].

### **Estudio hidrológico:**

Estudio Hidrológico es aquel que incorpora como datos de partida la climatología, topografía, hidrología de la cuenca y condiciones del suelo fundamentalmente para el desarrollo de nuevas infraestructuras o en los procesos de urbanización residencial o industrial [52].

### **Perfil litológico:**

Durante la perforación exploratoria se realizará un muestreo litológico sistemático cada metro y/o cada cambio de facies. Este trabajo será efectuado por un Geólogo y un Técnico desde el inicio hasta el final de la obra. El control litológico (sedimentos y fragmentos de rocas que se obtienen durante la perforación) se realizará mediante el cálculo del Tiempo de Retorno, es decir teniendo en cuenta el volumen anular, la profundidad y el caudal de la bomba lodera. Este trabajo permite identificar exactamente los niveles de interés y aquellas facies sedimentarias sin importancia desde el punto de vista de las aguas subterráneas [42].

### **Acuíferos:**

Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad.

Ejemplos: Arenas, gravas. También granito u otra roca compacta con una fracturación importante [47].

### **Bentonita:**

La bentonita es un mineral arcilloso, existen muchos tipos de arcilla pero para fines industriales diferencian dos tipos de bentonitas: sódica y cálcica [43].

Es una roca compuesta por más de un tipo de minerales, aunque son las esmectitas sus constituyentes esenciales y las que le confieren sus propiedades características.

Son también llamadas "arcillas activadas" debido a su afinidad en ciertas reacciones químicas causada por su excesiva carga negativa [44].

### **Trépano:**

El Trépano es la herramienta clave para la excavación de pozos de buena calidad, la misma se encuentra localizada en el extremo inferior de la sarta de perforación y se utiliza para cortar o triturar la formación durante el proceso de perforación rotatoria [45].

### **Testificación geofísica**

El objetivo de una testificación geofísica de sondeo es caracterizar los materiales perforados (formación) en un sondeo y/o el fluido presente. Esta caracterización se basa en diferentes parámetros físicos medidos como: la resistividad eléctrica del material, la velocidad de propagación de las ondas sísmicas o la temperatura y conductividad del fluido. Los parámetros físicos se miden en continuo o puntualmente mediante diferentes sondas (sensores) que se desplazan a lo largo del sondeo [46].

### **Sonda de radiación gamma**

Estimador de la densidad de los suelos [48].

### **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica [49].

### **Registros eléctricos:**

El Registro Eléctrico es el proceso que consiste en adquirir y registrar información geológica proveniente de la profundidad de la tierra [55].

### **Resistencia eléctrica:**

Las medidas de resistividad eléctrica del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas.

Su finalidad es detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo. El método consiste en la inyección de corriente continua o de baja frecuencia en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación, mediante otro par de electrodos, de la diferencia de potencial. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada [50].

### **Conductivo:**

Facilidad del agua para conducir la corriente eléctrica. El agua destilada es prácticamente aislante, pero la conductividad aumenta rápidamente con la cantidad de iones disueltos [51].

### **Perforación exploratorio:**

La única forma de verificar la existencia de petróleo en el subsuelo, aún después de explorar su probable ubicación, es perforar un pozo en el lugar. A partir de 1901 se comenzó a utilizar el sistema de rotación, método con el que se pasa de la percusión a cable a la rotación del trépano (broca) por medio de una columna de tubos. Este cambio de tecnología generó nuevas prácticas, como por ejemplo el empleo de la circulación de fluidos para la limpieza del hueco, el desarrollo de trépanos de conos, etc., lo que permitió grandes avances reduciendo tiempos de perforación, los costos y alcanzar mayores profundidades. Hoy en día la perforación de pozos para petróleo y/o gas se realiza en tierra o desde la superficie del agua, ya sea en pantanos, lagos o mar, requiriendo en cada caso de distinto equipo, apoyo y tecnologías [53].

### **Hidroquímico:**

Es habitual realizar perfiles hidrogeoquímicos, que suponen un corte vertical en la formación a estudiar, perpendicular a las equipotenciales, incorporando la información hidroquímica -gráfica o numérica- de mayor interés [56].

## ANEXO 4:

### SESIONES DE TRABAJOS (ENTREVISTAS)

---

- Esta sesión de trabajo se realizó el día (25 /05/2013) a las 17: 00 hs.

Los profesores que integraron esta sesión fueron, Thir Martin y Martin Raúl.

Se comenzó a dialogar acerca del prototipo y se decidió que estará dirigido para el uso general de perforistas y profesionales que generan las bases de datos y los informes.

Pidieron que las funciones que debería realizar el prototipo son, sobre todo, brindar detalles sobre la perforación y su ubicación, perfil litológico, análisis químico, análisis hidráulico.

Se debatió acerca de la importancia de incorporar el cronograma de trabajo (línea de tiempo donde muestra cronológicamente como se va desarrollando la perforación en la obra), pero se concluyó que no es necesario.

También comentaron que este trabajo de perforación es continuo, es decir que no es un proceso que se puede detener un tiempo determinado y continuar. Este trabajo puede durar mucho tiempo, porque a las funciones anteriormente nombradas se incorpora la entubación.

Además se debe preparar con antelación la perforación por que lleva más o menos 20 días la instalación del equipamiento antes de comenzar a trabajar.

Pero antes de planificar el trabajo se debe realizar un estudio previo, llamado exploración geo eléctrica o exploración hidrogeológica, también se realizan búsquedas de antecedentes de perforaciones cercanas.

Casi siempre las perforaciones se justifican porque un pozo deja de funcionar por cualquier motivo y se hace un pozo al lado, muchas veces también se puede dar por qué se debe proveer de agua a una población.

La profundidad a excavar es preestablecida antes de realizar la excavación, suele ser entre 150 a 200 metros, esta tarea no se debe detener, debe ser un proceso continuo. Por la

experiencia del perforista y los datos de las excavaciones cercanas ya se sabe a cuantos metros puede estar el acuífero.

Mientras se va excavando y avanza la herramienta, a cada metro se va tomando muestra del sedimento para su seguimiento, y al terminar de perforar se hace un registro eléctrico del pozo. Este registro eléctrico, produce logs de profundidad y altura, en formato minivol.

Cada vez que la herramienta va excavando se va inyectando bentonita [43] (es como una arcilla), cuya función es generar como una capa para que la pared del pozo no se derrumbe, y enfriar la herramienta de excavación.

Las verificaciones de que materiales se va encontrando es cada 1 o 1.50 metros, eso depende del perforista, además ellos tienen experiencia acerca de la distancia en la que puede cambiar el material y encontrarse un sedimento diferente.

La máquina perforadora funciona a percusión, es como una cuchara que baja a presión y va cortando el terreno.

La ubicación del pozo se la puede determinar mediante la latitud y longitud sacados del google maps, imprimiendo el mapa, o utilizando un GPS que nos brinde la ubicación exacta.

En cuanto a los sedimentos que se pueden encontrar en la descripción litológica, puede llegar a ser entre 70 a 80 sedimentos, según el servicio geológico. En provincias siempre se encuentra arena, grava, arcilla, manga, manga con yeso y otros 4 o 5 sedimentos, y a nivel nacional muchísimos más.

Para poder facilitar la carga de estos sedimentos en el prototipo se solicita las funciones de autocompletar, y que cada sedimento este con su respectivo código, nomenclatura y simbología (trama).

Se debe tener en cuenta el tamaño de la hoja, si es posible en A3 y que sea a escala cada gráfico.

- Esta sesión de trabajo se lo hizo el día 15/05/2013 a las 18 :00 hs

Los profesores que integraron esta sesión fueron Thir, Raul, Neme y Storniolo

Desde el punto de vista hidrogeológico lo primero que se realiza es un estudio acerca de los antecedentes, es decir, investigar si hay excavaciones cercanas y que resultados se obtuvieron. De esta forma se tendrá un radio en donde se puede excavar y que puede encontrarse.

Esto es llamado estudio indirecto y es realizado por un geólogo que tiene conocimientos en geofísica [54]. Lo realiza mediante el cloruro, procede a inyectar en el suelo tensión eléctrica y esta tensión genera una serie de potenciales, llamada resistividad.

Este estudio permite saber la profundidad donde se puede alcanzar el acuífero, y si está a una determinada temperatura se sabrá si el agua es salada o no. Según donde se encuentre el acuífero y que tipo de agua contiene, el perforista (o dueño de la empresa) decide si se perfora o no.

Según el tipo de agua se decidirá que utilización se la dará, estos pueden ser para uso humano, ganadero y/o industrial, cada una tiene una característica química distinta, el humano tiene que tener cierto contenido de sal, el ganadero puede tener entre 7 u 8 gramos de sal, en donde las vacas pueden tomar, y en la industria el agua tiene carbonato, el carbonato que tiende a tapar todas las cañerías de sarro.

Generalmente el 90 % de las excavaciones se los hace para el consumo humano, y se lo puede utilizar para el consumo industrial. El porcentaje restante es para el uso ganadero, ya sea para consumo animal como para riego.

Mientras el perforista observa lo que sale de la maquina al excavar, toma decisiones según su experiencia. Decide si seguir o inyectar la bentonita [43] para poder continuar o parar la excavación.

El suelo de la provincia posee características similares a un periodo cuaternario, en donde la arcilla puede ser de 3 colores, roja, verde o gris, estos colores indican el estadio (etapa o fase de un proceso, desarrollo o transformación) en el momento de la formación geológica.

De cada excavación se deben generar registros [55], ya que mediante ellos se puede facilitar el trabajo de los perforistas, brindando información de cada excavación y

permitiendo realizar un examen predictivo de donde se podrá excavar y con que nos podemos encontrar.

Cuando se encuentra el acuífero, el agua sube a un nivel determinado de presión, esta presión es estática, se coloca una bomba para poder extraer una determinada cantidad de agua, según su caudal.

Algunas veces cuando se decide bajar a unos determinados metros se puede extraer 1000 ml de agua por hora. Al poder extraer esta cantidad recién se puede comenzar a tomar las muestras para los análisis hidrológicos.

Después de pasar unos determinados días (entre 2 o 3 días) se limpia el pozo y se bajan las cañerías para su entubamiento, dependiendo del resultado de los análisis.

La idea que se debe plasmar en el prototipo es comenzar el proceso desde cero desde el inicio de la excavación del pozo, registrando las características del pozo, la descripción de los materiales encontrados y los análisis químicos realizados al agua.

Según los resultados de los análisis químicos se sabrá si el agua es apta para consumo humano o no y dependiendo de estos resultados si se entuba o no.

**ANEXO 5:****INVITACIÓN OBSERVACION DIRECTA**

Invitación a participar en la observación del Prototipo de Visualización de Información Hidrogeológica.



**Universidad Nacional de Santiago del Estero**

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías



Santiago del Estero, día de mes del año

**Apellido y Nombre**

**Profesor del FCEyT**

Me dirijo a Usted, a fin de invitarlo a la **Implementación del prototipo y medición cualitativa de la interpretación de la información por parte del usuario, correspondiente a la Etapa 7, del Trabajo Final de Graduación**, a realizar el día X del corriente mes, en el Departamento Académico de Geología y Geotécnica de Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) y a las xx:xx hs a cargo de los alumnos Campos Manuel M. y Morales Carlos D. alumnos regulares de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información. Se realizara en el marco del **Trabajo Final de Graduación” Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica basado en el Modelo Unificado de Visualización”**. En dicha implementación se Probara el Prototipo del Sistema. Se utilizara la técnica de Observación Directa y entrevistas basadas en cuestionarios abiertos

Atentamente.

## ANEXO 6:

### FICHA DE OBSERVACIÓN

Tabla 8: Formato de Ficha de Observación.

Conductas del usuario frente a las visualizaciones generadas por el prototipo	SI	NO
<b>Portada</b>		
El usuario lee la portada		
Revisa la información de las excavaciones		
Ingresa al prototipo sin ningún inconveniente		
<b>Menú de Inicio</b>		
Interactúa con el evento del botón derecho del mouse		
Identifica el tipo de excavación con la notación gráfica utilizada		
<b>Perfil Litológico</b>		
Dificultad para interactuar con la representación gráfica de la tramas		
Relaciona las tramas con las descripciones		
<b>Análisis Hidráulico</b>		
Interactúa con el gráfico de formación acuífera		
Relaciona las visualizaciones con los datos provisto por la tabla		

Tabla 8: Formato de Ficha de Observación (continuacion).

<b>Conductas del usuario frente a las visualizaciones generadas por el prototipo</b>	SI	NO
<b>Análisis físico-químico</b>		
Presto atención al gráfico de calidad del agua		
Encontró los resultado de la aptitud del agua		
<b>Entubamiento</b>		
Realizo interacción con el gráfico		
Se concentró en observar los datos que mostraba la tabla		
<b>Plano general</b>		
Dedico tiempo para entender las tablas datos		
Predisposición para visualizar las diferentes gráficas del proyecto		

## ANEXO 7: REGISTRO NARRATIVO

---

**Observadores:** Campos y Morales

**Objetivo de la observación:**

Analizar las interacciones necesarias para facilitar la comprensión de la información por parte del usuario a partir de la visualización que brinda el prototipo.

**Lugar:** Universidad Nacional de Santiago del Estero, Aula del Departamento de Hidrología.

**1-Observación Directa**

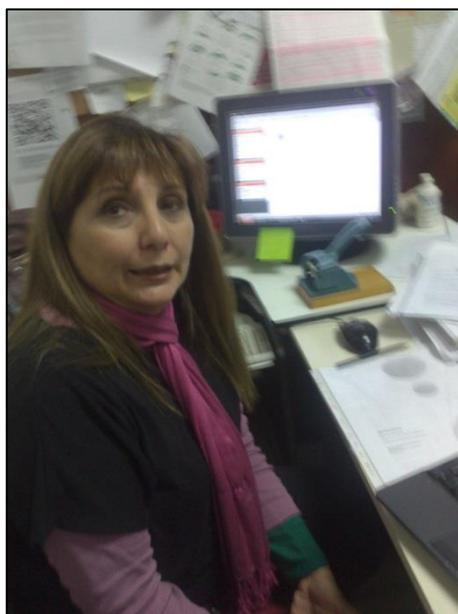


Figura 8. Presentación del prototipo a Terrible Marcela.

**Ubicación de la observación**

**Fecha:** \_\_30/06/2014\_\_ **Hora:** \_\_20:00\_\_

**Persona Observada:** Terrible, Marcela Elsa, Profesora del Dto. de Geología.

**Lo observado**

**Portada**

El usuario lee la portada, revisa la información de las excavaciones e ingresa al prototipo sin ningún inconveniente.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones y la técnica de zoom.

### **Menú de Inicio**

Se concentró en la representación gráfica de las excavaciones e interactuó con el botón derecho del mouse.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones y la técnica de zoom Semántico con el evento del botón derecho del mouse.

### **Perfil Litológico**

Al principio tuvo dificultad para interactuar con la representación gráfica de la tramas pero luego al poder relacionarlas con las descripciones mejoro la interacción.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica zoom y la Técnica de Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Análisis Hidráulico**

Le costó interactuar con el grafico de formación acuífera y demoro más de lo normal relacionar los datos con la tabla.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica Typedness.

### **Análisis físico-químico**

Intensifico toda su atención al gráfico de calidad del agua pero demoro en encontrar el resultado de la aptitud del agua.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica Searchability.

### **Entubamiento**

No realizo ninguna interacción con el grafico solo se concentró en los datos que mostraba la tabla.

No se utilizó técnica de visualización.

### **Plano general**

Tuvo poca dedicación en entender las tablas datos pero mayor predisposición para visualizar las diferentes gráficas del proyecto.

No se utilizó técnica de visualización.

### **Comentarios del observador**

El usuario dedico mayor tiempo en interactuar con los gráfico de las perforaciones y de aptitud del agua, ya que le impacto las representaciones graficas generadas por el prototipo, más que la proporcionada por plano en general. Aunque en los gráfico de análisis hidráulico y entubamiento se concentró más en las tablas de datos.

### **2- Observación Directa**



**Figura 8. Presentación del prototipo a Raúl Américo.**

### **Ubicación de la observación**

**Fecha:** \_\_30/06/2014\_\_ **Hora:** \_\_19:00\_\_

**Persona Observada:** Martin Raúl Américo, profesor de rocas ígneas y metamórficas, sedimentarias del Dto de Geología.

## **Lo observado**

### **Portada**

El usuario lee la portada, principalmente se concentra en las características de las diferentes perforaciones y el título de la página

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos, para listar los diferentes, tipos de perforaciones, Zoom.

### **Menú de Inicio**

No interactuó en gran medida con las funcionalidades propuestas

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos para listar los diferentes, tipos de perforaciones; Zoom Semántico con el evento del botón derecho del mouse.

### **Perfil Litológico**

Interactúa con frecuencia tanto con las descripciones de los extractos como con la representación gráfica de las tramas

Se utilizaron las técnicas de visualización: Zoom, Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Análisis Hidráulico**

Interactúa con una mayor intensidad con la tabla de los datos, en comparación con la gráfica, porque en la tabla la analizo durante un periodo de tiempo importante.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Typedness.

### **Análisis físico-químico**

Interactúa con mayor frecuencia con el gráfico de Calidad del Agua en comparación con los demás gráfico y no encontró los componentes químicos disponibles en la carga.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Searchability, Zoom Semántico.

### **Entubamiento**

No le dedico tiempo a analizar los datos presentes en la gráfica, pero si mayor tiempo en analizar los datos disponibles para cargar tanto el entubamiento como el filtro.

No se utilizó técnica de visualización.

### Plano general

Se concentró principalmente en buscar la información asociada al proyecto de excavación, como ser empresa, nombre propietario que en los gráficos o tabla de análisis.

No se utilizó técnica de visualización.

### Comentarios del observador

El usuario dedico mayor tiempo en analizar la información descrita por el prototipo, y en el caso de los grafico observo con mayor detenimiento la información que se le adjunto, en vez de observar las formas o colores propuestos para cada funcionalidad.

### 3-Observación Directa



Figura 9. Presentación del prototipo a María Vera.

Fecha: \_\_10/07/2014\_\_ Hora: \_\_16:00\_\_

**Persona observada:** Vera María, estudiante avanzada de la Facultad de Ciencias Exactas en el Departamento de Geología, ayudante, se encuentra en la etapa de elaboración del trabajo final.

### Portada

El usuario centra su atención principalmente en la información descrita en pantalla principalmente en la notación geográfica de las perforaciones.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos, para listar los diferentes tipos de perforaciones; Zoom.

### Menú de Inicio

Interactúa con el evento del botón derecho del mouse con continuidad, tuvo alguna dificultad para identificar el tipo de excavación con la notación grafica utilizada.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones; Zoom Semántico con el evento del botón derecho del mouse.

### **Perfil Litológico**

Para identificar las operaciones propuestas de eliminación y edición sobre las tramas accedió a la ayuda de las gráficas. A su vez interactuó con las representaciones de las tramas.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Zoom, Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Análisis Hidráulico**

Comparo con mucha frecuencia la información presente en la tabla con la representación gráfica.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Typedness.

### **Análisis físico-químico**

Analizo con mayor intensidad las tablas de datos hidráulico y físico-químico en comparación con las gráficas propuestas.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Searchability, Zoom Semántico.

### **Entubamiento**

Tuvo poca interacción con la gráfica de entubamiento, y mucha consulta a la información presente en la tabla de datos.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Plano general**

Interactúa en gran medida con la información textual presente en el plano general, comparando el grafico presente en el plano con el grafico del perfil litológico. Presentado cierta lentitud en identificar y distinguir las gráficas de las tramas del perfil litológico.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Gráficos-XY para representar las tramas.

### Comentarios del observador -----

El usuario dedico gran parte del tiempo en identificar características del análisis físico-químico en comparación con las otras funciones propuestas, a su vez tuvo una gran predisposición en analizar los gráficos creados por el prototipo.

### 4-Observación Directa



Figura 10. Presentación del prototipo a Marcos Marozzi.

### Ubicación de la observación

Fecha: \_\_03/07/2014\_\_\_\_\_ Hora: \_\_19:00\_\_

**Persona Observada:** Marcos Marozzi es un alumno avanzado de la carrera ----- del Dto de Geología y se desempeña en una empresa que realiza trabajos afines a la carrera

### Lo observado -----

#### Portada

El usuario lee la portada y principalmente se concentra en las características de las diferentes perforaciones.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos, para listar los diferentes tipos de perforaciones, Zoom.

#### Menú de Inicio

No presento demora en el momento de distinguir los diferentes tipos de excavaciones pero no encontró el evento del botón derecho del mouse.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones; Zoom Semántico con el evento del botón derecho del mouse.

### **Perfil Litológico**

Interactúa con las medidas de la escala gráfica del perfil y obtiene con rapidez la información de la profundidad, y distingue con facilidad las tramas mediante las técnicas de visualización zoom

Se utilizaron las técnicas de visualización: Zoom, Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Análisis Hidráulico**

Interactúa con una mayor intensidad con la tabla de los datos, en comparación con la gráfica, y realizaba análisis del contenido de la tabla y sacaba conclusiones de las formaciones acuíferas.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Typedness.

### **Análisis físico-químico**

Interactúa con mayor frecuencia con el gráfico de Calidad del Agua según el Código Alimentario en comparación con el gráfico de barra de Análisis Químico, ya que en ese gráfico le brinda la información de la aptitud del agua.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Searchability, Zoom Semántico.

### **Entubamiento**

Tuvo mayor interacción con las tabla de datos en comparación al gráfico, busco más información en dicha tabla.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Plano general**

Tuvo una menor dedicación en entender las tablas de información físico-químicas y mayor predisposición para visualizar las gráficas del perfil litológico

Se utilizaron las técnicas de visualización: Gráficos-XY para representar las tramas.

### **Comentarios del observador -----**

El usuario identifico con rapidez parámetros visuales que se encuentran principalmente asociados a los análisis hidráulicos, propone funcionalidades para que sean incorporadas en

el prototipo.

## **5-Observación Directa**

### **Ubicación de la observación**

**Fecha:** \_\_\_\_18 de junio de 2014\_\_\_\_ **Hora:** \_\_17:00\_\_

**Persona Observada:** Neme, Teófilo, profesor de Principios de Hidrología Subterránea de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías

### **Lo observado**

#### **Portada**

El usuario no destina gran cantidad de tiempo a leer la información en la portada ni realiza interacciones con las graficas propuestas.

Se utilizaron las técnicas de visualización: Técnica basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones y la técnica de zoom.

#### **Menú de Inicio**

El usuario se desplazó por los proyectos sin inconvenientes, pero tuvo ciertos retrasos para obtener la información disponible en el botón derecho. Aparenta buscar más información que la propuesta por el botón.

Técnicas de visualización: Técnica basado en iconos para listar los diferentes tipos de perforaciones y la técnica de zoom Semántico con el evento del botón derecho del mouse.

#### **Perfil Litológico**

Al usuario le dedico tiempo en distinguir los límites entre las tramas graficadas por el prototipo para cada excavación.

Técnicas de visualización: Técnica zoom y la Técnica de Gráficos-XY para representar las tramas.

#### **Análisis Hidráulico**

El usuario dedico tiempo a analizar la gráfica propuesto por el prototipo, principalmente en distinguir los diferentes acuíferos.

Técnicas de visualización: Técnica Typedness

### **Análisis Físico Químico**

El usuario interactuó tanto con el grafico de análisis físico-químico como con el hidráulico relacionando los parámetros descriptos en las imágenes.

Técnicas de visualización: Técnica Searchability

### **Entubamiento**

El usuario dedico tiempo a buscar información tanto en el gráfico como en la tabla de datos ingresados.

No se utilizó técnica de visualización.

### **Plano general**

El usuario se mostró conforme con la distribución de los datos en pantalla, no hubo demoras a la hora de localizar información.

### **Comentarios del observador -----**

El usuario no presento gran dificultad para interactuar con el prototipo, pero si le dedico más tiempo en analizar la información y grafica propuesta para el análisis hidráulico y el perfil litológico.

## ANEXO 8: ENCUESTA

Encuesta para la evaluación del Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica basado en el Modelo Unificado de Visualización

En el marco de un Trabajo Final de Grado de la Licenciatura en Sistemas de Información de la UNSE, se le solicita responder este breve cuestionario, referido a la comprensión de la información que brinda el "Sistema de Visualización de Información Hidrogeológica basado en el Modelo Unificado de Visualización " (versión prototipo).

Contiene 11 preguntas de opción múltiple que debe responder luego de haber interactuado con el prototipo disponible en <http://tesislsi.cu.cc/mapa2.php>

ES MUY IMPORTANTE SU COLABORACIÓN ¡MUCHAS GRACIAS!

Manuel Maximiliano Campos y Carlos Deciderio Morales  
Profesora guía: MSc. Lic. Susana I. Herrera. Profesor Asesor: Lic. Juan Martín Thir

\*Obligatorio

Nombre \*

Portada \*

1- El prototipo cuenta con una portada donde se publica información de las diferentes excavaciones, principalmente ubicación, profundidad y diámetro. Conjuntamente a los datos antes nombrados, se emplea la técnica de visualización "zoom", que proporciona información sobre la ubicación exacta de la excavación. La representación resultante permitió comprender la información con...

1    2    3    4    5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

Pantalla Inicial \*

2- Para representar todas las excavaciones del sistema se utilizó la técnica de visualización "basada en iconos" sobre un plano. La representación visual resultante le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

\*

3- En este último gráfico se utilizó la técnica de visualización "zoom semántico" para mostrar más información de las excavaciones. ¿Esta interacción le permitió mejorar la comprensión?

1 2

Si   No

Perfil Litológico \*

4- Para representar el perfil litológico se ha empleado la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje Y se representa la profundidad (en metros) y en el eje X se describen las características de cada trama (trama, descripción). La representación visual resultante le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

\*

5- En el mismo gráfico se ha empleado también la técnica de visualización "zoom semántico" para mostrar la descripción de las tramas. Esto le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

Análisis Hidráulico \*

6- Para representar las formaciones acuíferas de una perforación se utilizó la técnica de visualización "typedness" (técnica basada en región). Esta permite visualizar los acuíferos, el nivel del terreno y el nivel piezométrico alcanzado. El uso de esta técnica le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

\*

7-Al interactuar con el gráfico de formación acuífera se muestra información de cada acuífero. ¿Esta interacción le permitió mejorar la comprensión?

1 2

Si   No

Análisis Físico-Químico \*

8- Se utilizó la técnica de visualización "searchability" para representar los componentes obtenidos en el análisis físico-químico. Las representaciones en barras de los componentes físicos y químicos le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

\*

9- Se ha empleado la técnica de visualización "basada en líneas" para generar un Diagrama de Stiff que muestra el tipo de agua. Esto le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

Entubamiento \*

10- Para construir una vista del entubamiento, se empleó la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje X se identificó el diámetro y en el eje Y límites del entubamiento y filtro. La representación gráfica resultante le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

Plano General \*

11- Para representar el plano general del proyecto se ha empleado la técnica de visualización "gráfico XY", donde en el eje Y se presenta la profundidad (en metros) y en el eje X se describen el perfil litológico, el entubamiento y el análisis hidráulico. La representación resultante le permitió comprender la información con...

1 2 3 4 5

Mucha Facilidad      Mucha Dificultad

