

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS
INFORMÁTICAS**




**TÍTULO: Sistema para la
Identificación de Aguas en Pozos
Petroleros (SIAPP).**

AUTOR(ES): Ariagna Rodriguez Donatien

Carlos Enrique Ramírez Martín

TUTOR: Lic. Yesnier Bravo García

ASESOR: Ing. Ariel Félix Díaz Sanabria



La juventud es feliz porque es ciega: esta ceguera es su grandeza: esta inexperiencia es su sublime confianza. ¡Cuán hermosa generación la de los jóvenes activos!

José Martí

DEDICATORIA

De Ariagna:

Dedico este trabajo: en primer lugar a madre Odalys, a pesar de haber pasado los primeros once años de mi vida algo distante, ha sabido llenarme de cariño y amor. ¡A tí mamá va dedicado este trabajo!

A mi abuela Ángela, mi tía Anaís, mi hermana Sandra, mi abuelo Carlos y mi padre Manuel.

Y a los que ya no están, mis bisabuelos Isabel y Arsenio.

De Carlos Enrique.

A mi familia, todos ellos.

AGRADECIMIENTOS

De Ariagna:

A mi bisabuela Isabel M. Por haberme dado una excelente educación desde mi nacimiento hasta los trece años.

A mi bisabuelo Arsenio por su presencia hasta mis cuatro años de edad.

A mi madre Odalys, a quien quiero con la vida, por ser la mejor madre del mundo.

A mis abuelos maternos Ángela y Carlos, por adorarme tanto.

A mi tía querida Anaís, por ser una de mis cuatro madres.

A mi hermanita linda Sandra, por extrañarme tanto en estos cinco años.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Manuel a pesar de que siempre ha estado lejos.

A Frank por haberme dado cariño a pesar de que no es mi padre.

A mis primitos Carlitos y Robertico.

A mi familia por parte de padre: abuelos, tíos y primos. A pesar de la distancia son muy especiales.

A Héctor por haber compartido cuatro años a mi lado. Y por haberme ayudado tanto en esos cuatro años.

A mis amigas desde el IPVCE: Nelly, Elizabeth y Yanara, más que mis amigas son mis hermanas.

A mis mejores amigas de la universidad: Noraysi, Maylen y Yaneisy. Gracias por estar siempre.

A mis amigos Lázaro Bustio, Arnol y Levián. Los quiero mucho a los tres.

AGRADECIMIENTOS

A David por haber compartido la misma mesa conmigo desde 1ero a 4to año.

A mi compañero de tesis por darme ánimo cuando me estresaba.

A mi maestra de la primaria María Elena. Fue la primera que me pronosticó un buen futuro.

A mi tutor por preocuparse y exigirnos tanto. Gracias por ayudar a formarnos como ingenieros.

A mi tribunal por ser tan exquisito.

A los antiguos y a los nuevos compañeros de aula.

Al resto de las personas maravillosas que he conocido en estos cinco años.

Y a la Revolución por darme la oportunidad de hacer mi sueño realidad.

AGRADECIMIENTOS

De Carlos E.

Agradezco a las personas que a lo largo de mi carrera arrojaron un poco de luz en mi vida y significaron una parte de ella, mis compañeros y profesores, mis amigos y familia. Aquellas personas que hicieron posible que hoy día me convirtiese en una persona mejor que antaño, y a esas personas una vez el joven que ostentaba tener el corazón más hermoso, como el viejo que tiene uno lleno de cortes y hueco rellenos por los de ustedes, les digo, Gracias.

Resumen

El presente trabajo contempla el desarrollo de un sistema automatizado para identificar muestras de aguas extraídas de pozos petroleros. Siendo ésta una de las tareas que realizan los especialistas del Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET). Esta tarea ayuda a la búsqueda de petróleo a partir de criterios hidrológicos.

En el primer capítulo se aborda toda la teoría relacionada con el proceso de identificación de aguas en pozos petroleros. Se analizan otras soluciones nacionales e internacionales existentes. Las soluciones existentes encontradas son parciales, por lo que se demuestra la necesidad de implementar un nuevo sistema que automatice el proceso de identificación de aguas en pozos petroleros.

El segundo capítulo describe todas las tecnologías y herramientas que fueron necesarias utilizar para desarrollar el nuevo sistema automatizado.

El tercer capítulo describe parte del modelado del “Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP)”.

El cuarto capítulo describe la parte del modelado correspondiente al diseño del sistema y cómo se construye este a partir del diseño.

El quinto capítulo se dedica al estudio de factibilidad del SIAPP. En este último capítulo se ofrece una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, los beneficios tangibles e intangibles que reporta su elaboración.

Como resultado de la investigación se obtiene un sistema automatizado capaz de satisfacer las necesidades de los especialistas del CEINPET, permitiendo la identificación precisa de modelos de aguas encontradas en pozos petroleros.

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
Capítulo 1: El Proceso de Identificación de Aguas en Pozos Petroleros	15
1.1. Introducción	15
1.2. Descripción general del proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros	15
1.2.1. Clasificaciones atendiendo a la composición química del agua	16
1.2.1.1. Clasificación según la salinidad	16
1.2.1.2. Clasificación según V.A. SULIN.....	17
1.2.1.3. Clasificación según el PH.....	17
1.2.1.4. Clasificación según iones predominantes	18
1.2.2. Métodos de Validación y/o corrección de los datos de las muestras de aguas	18
1.2.2.1. Validación por análisis de aniones – cationes	19
1.2.2.2. Validación por proporcionalidad de conductividad – resistividad	19
1.2.2.3. Validación por proporcionalidad de densidad – salinidad.....	19
1.3. Descripción actual del dominio del problema	20
1.4. Análisis de otras soluciones existentes	21
1.4.1. Principales sistemas desarrollados por el CNIC y el CENTERVISA	22
1.4.2. Sistemas internacionales analizados	24
1.5. Principales diagramas hidroquímicos para graficar modelos de aguas	25
1.5.1. Diagramas de Piper	25
1.5.2. Diagramas de Schoeller	26
1.5.3. Diagramas de Collins	27
1.5.4. Diagramas de Defrancesco	28
1.5.5. Diagramas de Stiff	28
1.6. Reconocimiento de patrones	30
1.6.1. Métodos de dependencia	31
1.6.2. Métodos de interdependencia	33
1.6.2.1. Análisis de clúster	34
1.6.2.1.1. Distancia Euclidiana	35
1.6.2.1.2. Distancia de Minkowski.....	35
1.6.2.1.3. Distancia de Mahalanobis.....	35
1.6.3. Métodos estructurales	36
1.7. Conclusiones	36
Capítulo 2: Tecnologías utilizadas para la confección del sistema	37
2.1. Introducción	37
2.2. Metodologías de desarrollo. Agile Unified Process (AUP)	37
2.3. Lenguaje de Modelado. UML v1.0	39
2.4. Herramienta CASE. Visual Paradigm for UML	40
2.5. Lenguaje de programación. Csharp	40
2.5.1. Framework MONO 2.4, IDE MonoDevelop 2.0.....	40
2.6. Gestor de BD SQLite	41
2.7. Conclusiones	42
Capítulo 3: Modelado del SIAPP	43

3.1.	Introducción	43
3.2.	Modelado	43
3.3.	Requerimientos	45
3.3.1.	Requerimientos funcionales	45
3.3.1.1.	Descripción de los requerimientos funcionales.....	47
3.3.2.	Requerimientos no funcionales	49
3.3.2.1.	Apariencia y usabilidad	49
3.3.2.2.	Eficiencia.....	50
3.3.2.3.	Fiabilidad.....	50
3.3.2.4.	Soporte.....	50
3.3.2.5.	Seguridad.....	51
3.3.2.6.	Software.....	51
3.3.2.7.	Hardware.....	51
3.4.	Diagrama de casos de uso del sistema	52
3.4.1.	Descripción de los CUS arquitectónicamente significativos	54
3.4.1.1.	Descripción del CUS "IngresarDatosMuestraAgua".....	54
3.4.1.2.	Descripción del CUS "ValidarDatosMuestraAgua".....	55
3.4.1.3.	Descripción del CUS "ClasificarMuestraAgua".....	56
3.4.1.4.	Descripción del CUS "MostrarInformeMuestraAgua".....	56
3.5.	Conclusiones	57
Capítulo 4. Construcción del SIAPP		58
4.1.	Introducción	58
4.2.	Patrón arquitectónico	58
4.3.	Diagrama de clases del diseño	59
4.4.	Principios de diseño	60
4.4.1.	Interfaz de usuario	61
4.4.2.	Concepción general de la ayuda del sistema	62
4.5.	Diagrama entidad-relación de la base de datos	62
4.6.	Descripción de las tablas de la base de datos	63
4.6.1.	Descripción de la tabla "MuestraAgua"	63
4.6.2.	Descripción de la tabla "CompuestoQuimico"	64
4.6.3.	Descripción de la tabla "Yacimiento"	65
4.6.4.	Descripción de la tabla "Capa"	65
4.6.5.	Descripción de la tabla "Pozo"	65
4.6.6.	Descripción de la tabla "Usuario"	66
4.7.	Diagrama de componentes	66
4.8.	Pruebas del sistema propuesto	67
4.9.	Conclusiones	69
Capítulo 5. Estudio de factibilidad del SIAPP		71
5.1.	Introducción	71
5.2.	Planificación basada en casos de uso	71
5.2.1.	Complejidad de los actores de acuerdo a su naturaleza.	72
5.2.2.	Complejidad de los casos de uso de acuerdo al número de transacciones	72
5.2.3.	Ajustando los puntos de casos de uso	73
5.3.	Beneficios intangibles	76
5.4.	Beneficios tangibles	76
5.5.	Análisis de costos-beneficios	77
5.6.	Conclusiones	77

Conclusiones generales	78
Recomendaciones	80
Referencias Bibliográficas	81
Anexos	84
Anexo 1. Entrevistas realizadas al Director de Producción del CEINPET	84
Anexo 1.1. Entrevista #1	84
Anexo 1.2. Entrevista #2	84
Anexo 1.3. Entrevista #3	85
Anexo 2. Ejemplo de cómo calcular la matriz de covarianza	86
Anexo 3. Diagrama de actividades del caso de uso del negocio	87
Anexo 4. Descripción de los casos de uso del sistema	87
Anexo 4.1: Descripción del CUS “IngresarDatosMuestraAgua”	87
Anexo 4.2: Descripción del CUS “ValidarDatosMuestraAgua”	89
Anexo 4.3: Descripción del CUS “AnálisisAnionesCationes”	90
Anexo 4.4: Descripción del CUS “AnálisisDensidadSalinidad”	91
Anexo 4.5: Descripción del CUS “MostrarInformeMuestraAgua”	92
Anexo 4.6: Descripción del CU “CargarDatosMuestraAgua”	94
Anexo 4.7: Descripción del CU “ClasificarMuestraAgua”	95
Anexo 4.8: Descripción del CU “MostrarListaMuestraAgua”	96
Anexo 4.9: Descripción del CU “ClasificacionSulin”	97
Anexo 4.10: Descripción del CU “ClasificacionGradoSalinidad”	99
Anexo 4.11: Descripción del CU “ClasificacionPh”	100
Anexo 4.12: Descripción del CU “ClasificacionGradoDureza”	102
Anexo 4.13: Descripción del CU “ClasificacionIonesPredominantes”	103
Anexo 4.14: Descripción del CU “CategorizarMuestraAgua”	104
Anexo 4.15: Descripción del CU “ActualizarDatosMuestraAgua”	106
Anexo 4.16: Descripción del CU “CorrelacionarMuestraAgua”	108
Anexo 4.17: Descripción del CU “RealizarAgrupamiento”	111
Anexo 4.18: Descripción del CU “TomarPatronesExistentes”	111
Anexo 4.19: Descripción del CU “TomarPatrones Reales”	112
Anexo 4.20: Descripción del CU “GraficarMuestraAgua”	112
Anexo 4.21: Descripción del CU “AgruparCluster”	113
Anexo 4.22: Descripción del CU “GestionarContexto”	114
Anexo 4.23: Descripción del CU “IngresarYacimiento”	115
Anexo 4.24: Descripción del CU “IngresarCapa”	116
Anexo 4.25: Descripción del CU “IngresarPozo”	117
Anexo 4.26: Descripción del CU “AdicionarNuevoCompuestoQuimico”	118
Anexo 4.27: Descripción del CU “AutenticarUsuario”	119
Anexo 4.28: Descripción del CU “CambiarContraseña”	120
Anexo 5: Descripción de las clases del diseño	122
Anexo 5.1: Clases interfaces	122
Anexo 5.2: Clases Controladoras	126
Anexo 5.3: Librería AgrupamientoClusters	133
Anexo 5.4: Clases de Acceso a datos	134
Anexo 5.5: Clases entidades	137
Glosario	140

Introducción

En los últimos años, el petróleo se ha convertido en la fuente de energía más importante del mundo. Al punto en que existen varios países cuya economía depende generalmente de la explotación de este recurso, el cual tiene diversas aplicaciones: en el transporte, la calefacción, producción de plásticos, fibras textiles artificiales, combustible, las pinturas, detergentes, explosivos, fertilizantes, asfaltos y muchas otras materias primas de elevada importancia para el hombre y su desarrollo.

Los países productores de petróleo cuentan con instituciones o centros especializados que realizan búsquedas de este recurso. Una de las formas de búsquedas es a partir de criterios hidrológicos. Para ello utilizan sistemas automatizados avanzados, que emplean técnicas de reconocimiento de patrones. Las técnicas de reconocimiento de patrones facilitan la identificación de modelos de aguas. La identificación de modelos de aguas es el proceso fundamental que se realiza como parte del análisis, para la toma de decisiones en la búsqueda de petróleo. En Cuba, el centro que se encarga de realizar estas operaciones es el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET).

A los especialistas del CEINPET les interesa realizar búsquedas de petróleo a partir de criterios hidrológicos, con el fin de ubicar a Cuba entre los principales países productores de este recurso. Como parte del proceso de búsqueda se necesita identificar las aguas extraídas de los pozos petroleros. Actualmente este proceso se realiza, una parte manual, apoyándose en Microsoft Excel y la otra parte se realizaba utilizando el "Sistema para la Caracterización de Aguas Naturales (SACAN)". La clasificación atendiendo a la composición química del agua y las validaciones y/o correcciones de los datos devueltos por el laboratorio se realizan de forma manual y la correlación mediante gráficas, se realizaba utilizando el SACAN, éste es un sistema que solo permitía determinar si un modelo de agua se parecía a otro, mediante la apreciación visual. Esta situación ha introducido incertidumbre en el resultado final del proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros, provocando la toma de falsas decisiones, de si se sigue o no, con la perforación de un pozo de petróleo. Tomar una falsa decisión representa gastos de miles de pesos para el país.

Por esta razón se necesita una nueva aplicación informática que automatice el proceso completo de identificación de modelos de aguas encontradas en pozos petroleros, empleando técnicas de reconocimiento de patrones. Se necesita además que el nuevo sistema cuente con una base de datos, para almacenar toda la información de las muestras de aguas encontradas en cada uno de los pozos de petróleo. Actualmente esta información se encuentra almacenada en documentos Excel. Estos

documentos están organizados en carpetas que siguen cierta clasificación de las aguas y dentro de éstas, por el nombre del pozo y el intervalo donde se tomó la muestra en dicho pozo. Además existen datos de pozos antiguos que aún están en formato duro y se hace difícil su manipulación.

Dada la situación problemática explicada anteriormente se presenta que el problema principal es la incertidumbre de los especialistas del CEINPET para identificar las aguas encontradas en los pozos petroleros, a causa de la falta de una aplicación informática que les permita automatizar este proceso.

Con la terminación de este trabajo se obtendrá un producto que sea capaz de responder a las necesidades de los investigadores del CEINPET, por lo que se trazó como objetivo general, implementar una aplicación informática que permita identificar las aguas encontradas en pozos petroleros, basada en métodos de reconocimiento de patrones.

Para dar solución a este problema se determinó como objeto de estudio, el proceso de identificación de modelos de aguas encontradas en pozos petroleros y como campo de acción, la informatización de dicho proceso.

Como aporte práctico una vez culminado e implantado éste sistema informático se tiene: un sistema que permita la identificación de modelos de aguas encontradas en pozos petroleros, con toda la documentación ingenieril correspondiente y componentes reutilizables para el Polo Productivo PetroSoft de la facultad 9 (Librería de reconocimiento de patrones, utilizando técnicas de análisis de clúster) y además del presente documento general de tesis.

El nuevo sistema a implementar no sólo puede ser usado en función de satisfacer las necesidades del CEINPET en el área de la unidad de producción, sino también en la unidad de exploración y en el laboratorio de Química Orgánica. Puede satisfacer además a EPEP Occidente, EPEP Centro y EPEP Majagua, en las áreas de Ingeniería de Yacimientos, Tecnología y Laboratorio Central y a CUPET en la dirección de exploración y producción. EPEP es la “Empresa de perforación y extracción de petróleo”. Esta empresa tiene tres divisiones, una en occidente (Santa Cruz del Norte), otra en el centro del país (Cárdenas) y otra en Majagua (Ciego de Ávila) y CUPET (CUBAPETROLEO), es la empresa petrolera nacional de Cuba, dedicada a explorar, producir, refinar, operar y comercializar petróleo y sus derivados.

El presente documento se estructura en cinco capítulos fundamentales: Capítulo 1, El proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros, en este capítulo se plantean todos los elementos teóricos que sustentan la investigación. Capítulo 2, Tecnologías utilizadas para confeccionar la solución propuesta, en este capítulo se hace un análisis de las herramientas seleccionadas para la modelación e implementación del sistema propuesto. Capítulo 3, Modelado del SIAPP, en este capítulo se expone de manera general como estará modelado el sistema. Capítulo 4, Construcción del SIAPP, en este capítulo se describe la construcción del sistema que se propone. Capítulo 5, Estudio de factibilidad del SIAPP, En este capítulo se ofrece una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, los beneficios tangibles e intangibles que reporta su elaboración.

Capítulo 1: El Proceso de Identificación de Aguas en Pozos Petroleros

1.1. Introducción

En este capítulo se aborda toda la teoría relacionada con el proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros. También se describe detalladamente el objeto de estudio y el entorno en que se enmarca dicho proceso, se analizan otras soluciones nacionales e internacionales existentes, se enumeran los principales diagramas empleados para graficar modelos de aguas, se explican las clasificaciones químicas del agua que serán automatizadas en el nuevo sistema y se realiza el estudio de técnicas de reconocimiento de patrones, haciendo énfasis en el análisis de clúster, además de su respectiva introducción y conclusiones parciales.

1.2. Descripción general del proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros

La actividad dedicada al análisis de aguas encontradas en pozos petroleros es importante porque ayuda a los especialistas del CEINPET a tomar decisiones en tiempo real en el proceso de perforación de un pozo de petróleo. Durante el proceso de perforación de pozos se producen grandes cantidades de aguas. La producción excesiva de agua en los pozos petroleros puede dañar el petróleo o el contexto geológico. Se entiende por contexto geológico, el yacimiento, la capa y el pozo donde se extrajo una determinada muestra de agua. Estas aguas se pueden clasificar teniendo en cuenta criterios hidrológicos, en dependencia de su composición química, empleando varios métodos abordados en el epígrafe 1.2.1. Existen otras clasificaciones operativas que las dividen en agua de capa o agua tecnológica y cuando no es ninguna de estas dos, se pueden clasificar en agua de mezcla o agua de transición.

El *agua de capa*, es aquella que se encuentra en las rocas y está presente antes de la perforación de un pozo. También se le conoce como agua de formación y en ocasiones se le llama agua fósil u otra sub-clasificación en dependencia de su asociación en el yacimiento; por ejemplo: agua de capa cálcica, agua de capa magnésica, agua de capa sulfatada, etc.

El *agua tecnológica* es aquella inyectada al pozo durante la perforación. Su composición química varía mucho respecto a la del agua de capa, porque puede haber sido extraída de cualquier tipo de fuente; ejemplo un lago, una presa, del mar, del acueducto o incluso de algún otro pozo de petróleo que esté

devolviendo agua. Este tipo de agua es vital en el proceso de producción de petróleo. Si se inyecta agua tecnológica en uno de cada dos pozos, puede mantener o incluso incrementar la presión del yacimiento. Al inyectar esta también se aumenta el ritmo de producción de crudo y la eficiencia de recuperación del mismo, porque desplaza físicamente al petróleo a través de los poros del yacimiento.

El *agua de mezcla* es aquella que tiene varias características coincidentes con las de un agua de capa y el resto de las características se encuentran alteradas, coincidiendo con las de un agua tecnológica.

El *agua de transición* es aquella que prácticamente todas sus características coinciden con las de un agua de capa, excepto una o algunas que estén ligeramente por debajo del valor correcto, pero se encuentra ubicada en un entorno geológico que con el paso de los años, puede ayudar a que se convierta totalmente en un agua de capa.

1.2.1. Clasificaciones atendiendo a la composición química del agua

El agua se puede clasificar en diversas categorías, teniendo en cuenta su composición química, en dependencia, del método que se utilice (salinización, SULIN, PH e iones predominantes) y de las propiedades (físicas o químicas) o características de la muestra de agua que se analice.

1.2.1.1. Clasificación según la salinidad

La salinidad del agua viene dado por la concentración de sales disueltas en la misma. Es una propiedad que se analiza para obtener la clasificación que se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación	Salinidad (mg/l)
Dulce o fresca	< 1
Salobre	$1 < x < 25$
Salada o de mar	$25 < x < 50$
Salmuera	> 50
Salmuera dura o fuerte	> 150

Tabla 1.1. Clasificación del agua por la salinidad.

La salinidad se mide en miligramos por litro (mg/l).

1.2.1.2. Clasificación según V.A. SULIN

La clasificación por SULIN depende de la relación de los elementos químicos, sodio (Na) y cloruro (Cl) concentrados en una muestra de agua. Los valores para la realización de este tipo de análisis se expresan en miliequivalentes por litro (meq/l).

Este análisis se realiza de la siguiente forma: si la relación entre el sodio y el cloruro (Na/Cl), es mayor que 1, entonces se halla la relación entre la diferencia de estos dos compuestos y el sulfato (SO₄) presente en la muestra, en el caso que Na/Cl sea menor que 1, se usa en vez del sulfato, el magnesio presente en la muestra. En la siguiente tabla se muestra explícitamente la manera de interpretar los resultados de las fórmulas.

Na/Cl	(Na - Cl) / SO ₄	(Na - Cl) / Mg	Clasificación
> 1	< 1	-	Sulfato sódica
> 1	> 1	-	Hidrocarbonatada sódica
< 1	-	> 1	Clorocálcica
< 1	-	< 1	Cloromagnesiana

Tabla 1.2. Clasificación del agua por el método de SULIN

Si el valor obtenido de la relación (Na/Cl) está entre 0.95 y 1.05 se está en presencia de un agua de transición o de mezcla.

1.2.1.3. Clasificación según el PH

El PH de una muestra de agua proporciona otra clasificación de la misma, este no es más que la concentración de iones hidronio (H₃O⁺) presente en la muestra.

Clasificación	Nivel del PH
Fuertemente ácida	< 3.5
Ácida	3.5 < x < 5.5
Débilmente ácida	5.5 < x < 6.8
Neutra	6.8 < x < 7.2
Débilmente básica	7.2 < x < 8.5
Básica	> 8.5

Tabla 1.3. Clasificación del agua por el PH.

1.2.1.4. Clasificación según iones predominantes

Otra clasificación de las aguas es atendiendo a los iones predominantes en la muestra. Es una de las clasificaciones más usada en la industria del petróleo para identificar modelos de aguas.

En este método como primer paso, se separan los aniones y cationes con sus respectivos valores, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Aniones	Cationes
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Sodio (Na ⁺)
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	Calcio (Ca ²⁺)
Cloruros (Cl ⁻)	Potasio (K ⁺)
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Magnesio (Mg ⁺)
Nitratos (NO ₃ ⁻)	

Tabla 1.4. Ejemplo de distribución de aniones y cationes para realizar la clasificación por el método de iones predominantes.

Los pasos que siguen son los mismos descritos en el **epígrafe 1.5.5.**, correspondiente al diagrama de Stiff.

1.2.2. Métodos de Validación y/o corrección de los datos de las muestras de aguas

La precisión de los datos del análisis químico realizado en el laboratorio se controla mediante métodos de validación y/o corrección de los mismos. Estos métodos se aplican antes de clasificar una muestra de agua. Al analizar una muestra de agua en el laboratorio, donde se introduzca una mala práctica, por

ejemplo, el uso de un tubo de ensayo mal esterilizado para realizar el análisis de una muestra de agua, puede alterar los resultados del análisis químico. Precisamente los métodos de validación y/o corrección se emplean para detectar cuando los resultados del análisis químico de una muestra de agua devuelto por el laboratorio, están alterados.

1.2.2.1. Validación por análisis de aniones – cationes

El método análisis de anión-cación se usa para validar y/o corregir los resultados de una muestra de agua. Este método consiste en hallar la relación entre: la diferencia de las sumatoria de los cationes y la sumatoria de los aniones y la suma de la sumatoria de los cationes y la sumatoria de los aniones, como se muestra en la ecuación de balance:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^n \text{cationes} - \sum_{i=1}^n \text{Aniones}}{\sum_{i=1}^n \text{cationes} + \sum_{i=1}^n \text{Aniones}}$$

Donde, e es el error obtenido. El error se analiza en porciento (%), multiplicando por 100. Los valores de los datos con los que se trabaja, se expresan en la unidad de medida meq/l (miliequivalentes por litros).

El resultado de la ecuación de balance expresado en porciento; o sea; el valor del error e , se interpreta de la siguiente manera: si el porciento del error calculado es superior al 5%, se debe repetir el análisis de la muestra de agua en el laboratorio o desecharla.

1.2.2.2. Validación por proporcionalidad de conductividad – resistividad

Los valores de la resistividad y la conductividad deber ser siempre inversamente proporcionales. En el sistema, dado el valor de la conductividad para una muestra de agua este calcula el valor correspondiente a la resistividad mediante la fórmula: $R = 1 / C$, donde R es la resistividad y C la conductividad determinada por el laboratorio en el análisis químico. La resistividad se trabaja en ohm-m y la conductividad en $\mu\text{s/cm}$.

1.2.2.3. Validación por proporcionalidad de densidad – salinidad

Los valores de la densidad y la salinidad están estrechamente relacionados. Estos valores presentan una correspondencia que puede ser calculada de acuerdo a una temperatura, dicha temperatura es la

utilizada por el laboratorio para realizar el análisis químico a una muestra de agua y está dada por estándares internacionales.

La salinidad de una muestra de agua está conformada por la suma total de todas las sales disueltas en la muestra y se expresa en mg/l o PPM (partes por millón), 1 PPM es aproximadamente equivalente a 1 mg/l.

La fórmula para calcular esta correspondencia está dada por la ecuación $S = X * D - Y$, donde S es la salinidad de la muestra de agua y D la densidad de la misma, los valores de X y Y varían con respecto a la temperatura con que se realizó el análisis. En el CEINPET, los análisis químicos se realizan mayormente a 25°C de acuerdo a las normas internacionales pero en ocasiones se utiliza otra, a continuación se muestra una tabla donde se expresan los valores de X y Y para cada temperatura utilizada por los químicos del CEINPET.

Temperatura	Valor de X	Valor de Y
20°C	1532.7	1532.3
25°C	1521.6	1517
28°C	1538.5	1530.8
32°C	1541.3	1529.9
36°C	1544	1529.1

Tabla 1.5: Relación de los valores entre densidad-salinidad-temperatura.

1.3. Descripción actual del dominio del problema

Todo el estudio y análisis de las aguas encontradas en los pozos petroleros es realizado por el CEINPET, centro avalado por una alta calificación y experiencia en el trabajo que realiza. Además se encarga de dar respuesta de forma integral a toda la actividad petrolera, desde la exploración hasta la refinación, estas actividades están divididas en dos áreas: área de exploración - producción y área industrial.

En el área de exploración – producción se brindan varios servicios, entre los que se encuentran: estudio sedimentológico de pozos o cuencas, análisis petrofísicos de pozos, análisis de petróleo, gas y agua en ensayo y explotación. En esta área es donde será explotado el sistema implementado. En el área industrial se realiza el análisis de agua y productos inorgánicos, entre otras actividades, pero

como lo indica el nombre del área, este análisis se realiza desde el punto de vista industrial. Un ejemplo es el agua mineral que se analiza para ser comercializada.

Para realizar una parte de la identificación de las aguas en pozos petroleros, los investigadores del CEINPET utilizaban el SACAN, que es un sistema automatizado para la caracterización de las aguas naturales mediante un sistema de reconocimiento de patrones basado en las normas de calidad para distintos usos: potabilidad, agua mineral envasada, agua mineral para uso terapéutico. Permite teclear los datos del tipo de norma o patrón de referencia y representa los datos mediante diagramas de Stiff y de DeFrancesco. [1]

Para utilizar el SACAN era necesario tener la licencia proporcionada por el mismo centro que lo desarrolló. Dicha licencia se venció y el centro que desarrolló el sistema no siguió dándole mantenimiento. Por esta razón el SACAN no puede ser usado actualmente. En sí, el SACAN solo permitía hacer comparaciones a partir de la apreciación visual de las gráficas, de una muestra de agua y un patrón seleccionado. De esta forma se determinaba si eran similares o no; o sea; decir si se parecían las gráficas de las dos muestras de aguas. SACAN realizaba además validaciones y/o correcciones (ver epígrafe 1.4), llamado análisis de estabilidad iónica. El análisis de estabilidad iónica se refiere al estudio del comportamiento de los aniones y cationes presentes en una muestra de agua, para mantener un equilibrio de sus valores en el tiempo.

SACAN solo se limitaba a realizar una parte del proceso de identificación de las aguas extraídas de pozos petroleros. La parte de correlacionar mediante gráficas. El resto del proceso de identificación de las aguas, se realiza mediante cálculos manuales, siendo un proceso engorroso y lento, en el que se introducían errores afectando el resultado final.

1.4. Análisis de otras soluciones existentes

SACAN y otros sistemas similares que se mencionarán a continuación, se emplean desde la década de 1980 cuando se creó el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) y el Centro Nacional de Termalismo “Víctor Santamarina” (CENTERVISA), en Cuba. Estos han empleado softwares específicos basados en principios de la termodinámica, la cinética química, así como en modelos de reconocimientos de patrones y de balance de masas y mezcla de aguas, con el objetivo de caracterizar y monitorear la calidad de las aguas en acuíferos cárcicos. [1]

El CNIC es una institución perteneciente al Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba, con un alto desarrollo en las áreas de las ciencias naturales, biomédicas y tecnológicas. En el Centro se realiza la investigación, producción y comercialización de sus principales productos, pues su misión es resolver con calidad y rigor científico, problemas biomédicos y tecnológicos de importancia económica y/o social para el país y crear productos científicos de avanzada con capacidad competitiva en el mercado mundial. El centro fue creado por Resolución Presidencial el 1ro de julio de 1965 y ratificado por la ley 1323 del 30 de noviembre de 1976 y por el Decreto Ley 67 de 1982. [3]

El CENTERVISA es una unidad de ciencia y técnica del Ministerio de Salud Pública de Cuba, que entre sus líneas de trabajo fundamentales tiene la investigación científica. Tiene como objetivos principales propiciar el desarrollo científico-técnico del termalismo cubano, organizar, coordinar, controlar y dirigir metodológicamente el trabajo de los centros termales, desarrollar investigaciones, entre otros. Entre sus principales líneas de desarrollos se encuentran investigaciones de los recursos hidrominerales y termales. [4]

1.4.1. Principales sistemas desarrollados por el CNIC y el CENTERVISA

Sistema automatizado para el procesamiento de datos hidroquímicos (HIDROGEOQUIM)

HIDROGEOQUIM es un sistema informático que da continuidad a la versión anterior de Sistema Automatizado para el Procesamiento de datos Hidroquímicos (SAPHIQ). El objetivo del sistema es procesar datos hidroquímicos con vistas a encontrar propiedades químico-físicas de las aguas que permitan su caracterización espacial desde el punto de vista hidroquímico y obtener relaciones o índices geoquímicos que faciliten la interpretación de los procesos de interacción de las aguas con el medio físico-geográfico y geológico por donde se mueven; obtener información de carácter hidrológico e hidrogeológico y por último, evaluar la variación temporal de diferentes variables. [1]

Sistema automatizado para el monitoreo de la calidad las aguas (SAMA)

SAMA es un sistema automatizado para el monitoreo de las aguas, determina ecuaciones de dependencia matemática entre la concentración iónica y la conductividad eléctrica. Se estima la composición química a partir de valores de conductividad, comparándose los resultados reales con los obtenidos por correlación matemática mediante un índice de similitud y diagramas hidroquímicos de Stiff. [1]

Sistema informático para el procesamiento de datos geoquímicos basado en modelos estadísticos (GEOQUIM)

GEOQUIM es un sistema para el procesamiento de datos geoquímicos y de calidad de aguas, es un sistema de procesamiento estadístico, con el objetivo de correlacionar los diferentes indicadores geoquímicos y de calidad de las aguas. Calcula la matriz de correlación de todos los datos, la frecuencia de distribución y los principales estadígrafos de cada variable, así como las ecuaciones de correlación de cada pareja seleccionada. Permite encontrar relaciones recíprocas entre las variables que expresan las propiedades químico-físicas de las aguas (temperatura, pH, conductividad eléctrica, macro y microcomponentes, gases disueltos), así como otros indicadores de calidad de las mismas (turbiedad, color, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y los componentes del ciclo de nitrógeno). También permite determinar la distribución de frecuencia de esas magnitudes, así como las ecuaciones de regresión correspondientes. [1]

Sistema para el monitoreo de la calidad de las aguas en acuíferos costeros (BATOMET)

BATOMET es un sistema automatizado que agrupa los datos por patrones hidrogeoquímicos (determinados mediante relaciones iónicas) y luego, para cada patrón, determina las relaciones entre la concentración de cada ión y la conductividad eléctrica. Programando los rangos de conductividad eléctrica correspondientes a los diferentes patrones se estiman entonces las concentraciones. [1]

Sistema Automatizado para el procesamiento de datos hidroquímicos obtenidos en la simulación de los procesos cinéticos de interacción agua – roca (SIMUCIN)

SIMUCIN es un sistema automatizado para la simulación de los procesos cinéticos de disolución de minerales y para la simulación matemática: fue diseñado para realizar los cálculos que requiere la cinética de los procesos de interacción agua-roca en experimentos de laboratorio. Mediante varias opciones gráficas, el sistema representa la evolución temporal de la composición química de las aguas, la variación en el tiempo de la constante de velocidad y los resultados de la simulación matemática de los experimentos cinéticos. Utilizando este sistema se puede evaluar con rigor científico el papel del medio rocoso del acuífero en la calidad de las aguas. [1]

Modelo para la determinación del origen de la composición química de las aguas naturales (MODELAGUA)

MODELAGUA es un sistema automatizado para la modelación hidrogeoquímica de las aguas. Determina el origen de la composición química de las aguas mediante modelos de balance de masa y mezcla de aguas; así como los procesos geoquímicos que originan dicha composición. Posibilita el cálculo de los patrones hidrogeoquímicos y grafica tanto los datos reales como los patrones mediante diagramas de Stiff. [1]

1.4.2. Sistemas internacionales analizados

Sistema automático de análisis del agua (MATi)

MATi 1 (Metrohm Automated Titration System), es un sistema automatizado para el análisis de agua. Dentro de las funcionalidades que realiza, tiene en común con el sistema que se desea desarrollar que analiza algunas propiedades físicas y químicas del agua, por ejemplo: mide la conductividad del agua, en dependencia de la medida del ph, determina la alcalinidad y la dureza de la misma.

Sistema Automatizado de Información de Calidad de las Aguas (SAICA)

SAICA, es un sistema de gestión para asegurar la calidad de las aguas. Con este sistema se obtienen diagnósticos sobre tramos de ríos, controlando especialmente las aguas para el abastecimiento. Para garantizar la calidad del agua mide su dureza, salinidad, ph y composición iónica. En estas mismas propiedades se basan los métodos de clasificación y validación y/o corrección que se implementarán en el nuevo sistema.

MIDAS 7.5

MIDAS 7.5, es un modelo que permite evaluar el comportamiento de pozos inyectores de agua. Simula la exportación de tablas y gráficos a Microsoft Excel, incluye nuevos métodos de calibración de las propiedades físicas del agua, el sistema a implementar no incluye métodos de calibración, pero en una próxima versión se le puede incluir. La calibración es la fase de análisis de los datos donde un modelo es ajustado a los datos disponibles, para que describa los datos tan bien como sea posible. Ejemplo de un método de calibración es la Regresión por Componentes Principales, abordado en el epígrafe 1.6.

Modelo Conceptual de Cuencas Hidrográficas (MODELO HBV)

MODELO HBV es un modelo computarizado para cuencas. Forma parte del HBV/IHMS (Sistema Integrado de Modelización Hidrológica). Versiones especiales del modelo (HBV-N y PULSE) pueden ser empleadas para la simulación de la calidad del agua, por ejemplo, su contenido de nitrógeno, pH, y alcalinidad. El sistema de modelización incluye opciones de representación gráfica, igual que el SACAN y el sistema a construir.

1.5. Principales diagramas hidroquímicos para graficar modelos de aguas

Los diferentes softwares que se usan para el trabajo con modelos de aguas, emplean diversos diagramas hidroquímicos para la correcta identificación de las mismas. La representación gráfica de los datos hidroquímicos constituye una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades de un agua, así como para hacer comparaciones o correlaciones. También permite ver con facilidad el comportamiento y evolución de un agua en un territorio determinado y a través del tiempo. [1]

1.5.1. Diagramas de Piper

Los diagramas triangulares de Hill y Piper permiten representar un gran número de muestras en un sólo gráfico. En éstos, los triángulos de aniones y cationes ocupan los ángulos inferiores izquierdo y derecho con sus bases alineadas. La parte central del diagrama posee forma de rombo y sobre éste se proyectan los puntos de cada uno de los triángulos por medio de una recta paralela al borde superior del rombo. La intersección de estas dos rectas representa la composición del agua con respecto a una determinada agrupación de aniones y cationes.

Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama según el siguiente esquema:

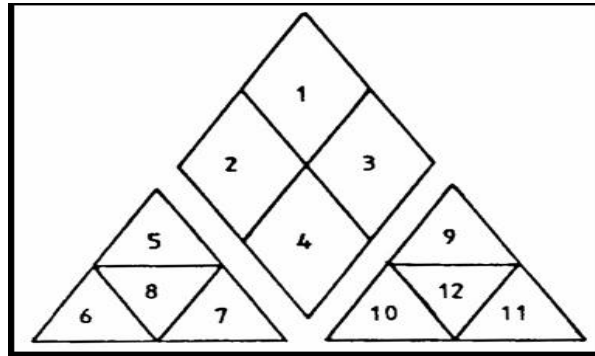


Fig. 1.1: Diagrama de Piper.

1. Aguas sulfatadas y/o cloruradas, cálcicas y/o magnésicas.
2. Aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
3. Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.
4. Aguas bicarbonatadas sódicas.
5. Aguas magnésicas.
6. Aguas cálcicas.
7. Aguas sódicas.
8. Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas.
9. Aguas sulfatadas.
10. Aguas bicarbonatadas.
11. Aguas cloruradas.
12. Aguas sulfatadas, bicarbonatadas y cloruradas.

Para interpretar el diagrama con más detalle, debe considerarse que para su construcción es necesario que los iones estén reducidos a porcentaje de miliequivalentes por litro (meq/l). A cada vértice de un triángulo le corresponde el 100% de un catión o un anión. [8]

1.5.2. Diagramas de Schoeller

En los Diagramas de Schoeller o de Columnas Verticales se representa el valor en miliequivalentes por litro (meq/l) de distintos aniones, cationes o una suma de ellos, utilizando una escala logarítmica, y uniendo los puntos mediante una secuencia de líneas. Este tipo de diagrama de columnas se conoce también como diagramas de Schoeller – Berkaloff.

Si bien la escala logarítmica no es apropiada para observar pequeñas diferencias en la concentración de cada ion entre distintas Muestras de Agua, sí es útil para representar en un mismo diagrama aguas de baja y de alta salinidad, y observar la relación entre iones asociada con la inclinación de las líneas. [8]

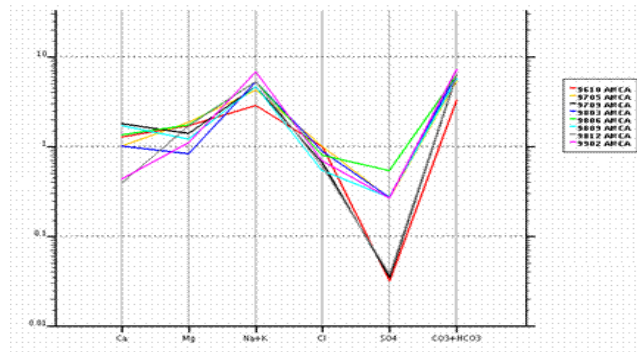


Fig. 1.2: Diagrama de Schoeller.

1.5.3. Diagramas de Collins

En los Diagramas de Collins o Columnares se representan la concentración de aniones (a la derecha) y cationes (a la izquierda) en dos columnas adosadas.

El valor de concentración se expresa en miliequivalentes por litro (meq/l), por lo que la altura de ambas columnas son teóricamente iguales. En la práctica pueden hallarse ligeras diferencias debido a errores analíticos, o por no representar algún ión que se encuentre en concentraciones más altas que lo normal. [8]

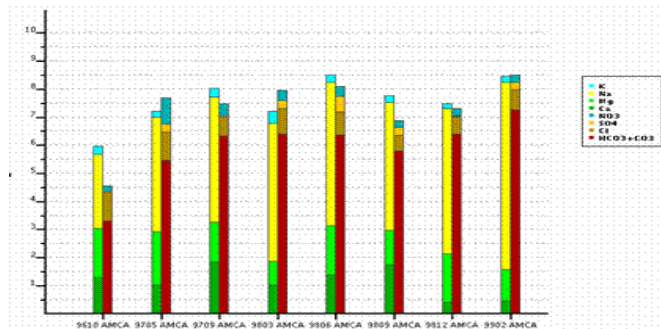


Fig. 1.3: Diagrama de Collins.

1.5.4. Diagramas de Deffrancesco

Es un tipo de diagrama circular en el cual se representa en una escala logarítmica los componentes tanto macro como microconstituyentes y en la misma gráfica se representa la composición de la muestra estudiada y la del patrón de agua escogido. [8]

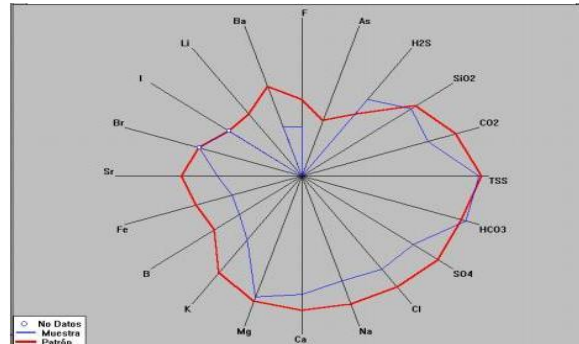


Fig. 1.4: Diagrama de Deffrancesco.

La principal ventaja de este diagrama es que se pueden representar tantos ejes como se desee. Cada eje representa un compuesto químico y donde la gráfica corta al eje representa el valor de dicho compuesto para la muestra de agua que se esté analizando.

1.5.5. Diagramas de Stiff

En los Diagramas de Stiff o Poligonales se representan en escala logarítmica la concentración de aniones (hacia la derecha) y cationes (hacia la izquierda) en semirrectas paralelas, uniendo los extremos generando un polígono. Sobre cada semirrecta se toma un solo ion.

La forma de las figuras resultantes da idea del tipo de agua, se presta a comparaciones, y resulta fácilmente demostrativa al insertarlas en mapas hidroquímicos. El valor de concentración se expresa en miliequivalentes por litro (meq/l) [8].

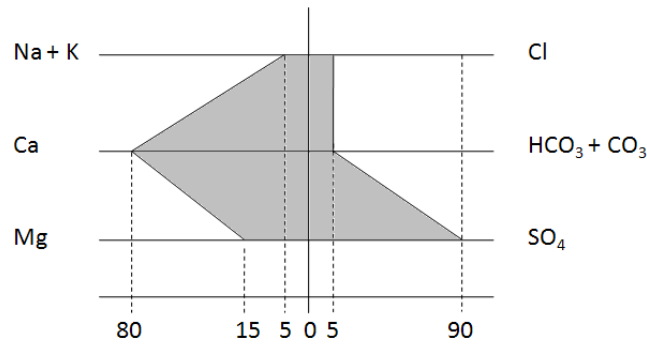


Fig. 1.5: Diagrama de Stiff.

Para construir este tipo de gráfica se toman los valores en mg/l correspondiente a los aniones y cationes dados por el análisis químico realizado a la muestra en el laboratorio. Para hallar los miliequivalentes (meq) se dividen cada uno de los valores del compuesto entre la multiplicación del peso atómico del compuesto por la valencia del mismo, la siguiente tabla muestra los pesos atómicos de los compuestos requeridos para realizar el diagrama de Stiff.

Nombre	Símbolo	Peso atómico
Cationes		
Sodio	Na ⁺	23
Potasio	K ⁺	39
Calcio	Ca ²⁺	10 * 2 (2 cationes)
Magnesio	Mg ⁺	12
Aniones		
Cloro	Cl	35.45
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	30
Carbonato	CO ₃ ²⁻	15 * 2 (2 aniones)
Sulfato	SO ₄ ²⁻	24 * 2 (2 aniones)
Nitrato	NO ₃ ⁻	62

Tabla 1.6. Distribución de aniones y cationes para realizar el diagrama de Stiff.

Luego que se obtienen los datos en miliequivalentes, se halla el por ciento de cada uno de ellos y se representan gráficamente, (Ver Fig. 1.5.).

En la gráfica mostrada en la Fig. 1.5, se interpreta la siguiente distribución de los valores: para los cationes: la unión del sodio y el potasio ocupan el 5%, el calcio el 80% y el magnesio 15% y para los aniones: el cloro ocupa el 5%, la unión de los bicarbonatos y carbonatos ocupan el 5% y los sulfatos el 90% de la muestra total. Para expresar el tipo de agua analizada se tomarán aquellos valores por encima del 10% y se nombran comenzando por los aniones y de mayor a menor. En el ejemplo tomado, la muestra sería del tipo “agua de capa sulfatada cálcica magnésica”.

Además de estos diagramas mencionados anteriormente, son muy empleados igualmente los de barra, de punto, de pastel y otros que por su sencillez y entendimiento no se abordan en esta investigación.

En el sistema desarrollado se utilizaron los diagramas de Defrancesco y de Stiff. El diagrama de Stiff es uno de los más utilizados para analizar la composición química del agua [8] y el diagrama de Defrancesco ofrece una gráfica más vistosa y cómoda de interpretar. Diferente a los demás diagramas en el diagrama de Stiff siempre se va a mostrar la gráfica con los mismos elementos y compuestos químicos.

1.6. Reconocimiento de patrones

El objetivo fundamental del Reconocimiento de Patrones en este sistema es facilitar el proceso de identificación de aguas encontradas en los pozos petroleros. Partiendo de que el agua es un compuesto químico, para identificar las muestras que son extraídas de pozos petroleros se utilizará el enfoque estadístico del reconocimiento de patrones. Este enfoque se basa en la teoría de probabilidad y estadística, supone que se tiene un conjunto de medidas numéricas con distribuciones de probabilidad conocidas y a partir de ellas se hace el reconocimiento. Existen otros tres enfoques (sintáctico, lógica combinatoria y redes neuronales), los cuales en un futuro con el avance científico podrían ser usados en el área de la química, para la realización de este proceso.

En los cuatro enfoques del Reconocimiento de Patrones puede estar presente cualquiera de los tres tipos de problemas del mismo (Selección de Variable, Clasificación Supervisada y Clasificación no Supervisada). Los problemas más comunes son los de clasificación no supervisada, también conocidos como clasificación sin aprendizaje, en estos problemas no existe ninguna clasificación previa de objetos y en algunas ocasiones ni siquiera se han definido las clases. Dentro de este tipo de problema entra el análisis de clúster o agrupamiento de datos, el cual se aborda más adelante (Ver epígrafe 1.6.2.1.).

Como se plantea anteriormente, para trabajar con datos químicos, como es el agua, se usa principalmente el enfoque estadístico de reconocimiento de patrones, donde se aplica el análisis multivariante que es la rama de la estadística que estudia las relaciones entre conjuntos de variables dependientes y los individuos para los cuales se han medido dichas variables, esta rama agrupa un conjunto de técnicas para el análisis exploratorio de los datos. Sus métodos analizan conjuntamente p variables, medidas sobre un conjunto de n individuos u objetos. Existen tres grupos de técnicas multivariante: los métodos de dependencia, los métodos de interdependencia y los métodos estructurales.

1.6.1. Métodos de dependencia

Explica las relaciones entre grupos de variables, donde se supone que unas pueden ser causas de otras. Un tipo interesante del análisis de dependencia consiste en buscar un criterio que permita separar o discriminar entre objetos pertenecientes a priori a grupos diferentes. Dicho criterio es una función de las variables originales. En último término, se trata de usar los resultados en el futuro para predecir a qué grupo pertenecen nuevos objetos que no formaban parte de la información original y para los cuales se han medido las p variables. El Análisis Discriminante y la Regresión Logística son métodos que persiguen este objetivo. [20] Es decir, inicialmente se tiene una base de conocimientos, con las clases que representan a los objetos o patrones y sus características representadas por variables. Estos métodos analizan cuáles son las características que diferencian a estas clases y a partir de esto identifican a que clase pertenecen nuevos objetos.

Los métodos de dependencia, se pueden clasificar en dos subgrupos: uno si la variable dependiente es cuantitativa y el otro si la variable dependiente es cualitativa. En el caso de que la variable dependiente sea cuantitativa, o sea que se pueda expresar numéricamente, se pueden aplicar las siguientes técnicas: Análisis de Regresión, Análisis de Supervivencia, Análisis de Varianza o Correlación Canónica, seguidamente se explica brevemente cada una de ellas.

Análisis de Regresión: Es la técnica adecuada si en el análisis hay una o varias variables dependientes cuantitativas cuyo valor depende de una o varias variables independientes cuantitativas [20]. Por ejemplo, intentar predecir el gasto anual en perforación de pozos a partir de la cantidad de petróleo que se ha extraído o de la antigüedad de las rocas.

Análisis de Supervivencia: Es similar al análisis de regresión pero con la diferencia de que la variable independiente es el tiempo de supervivencia de un individuo u objeto [20]. Por ejemplo, intentar predecir el tiempo de perforación de un pozo a partir de la antigüedad de las rocas.

Análisis de la varianza: Se utilizan en situaciones en las que la muestra total está dividida en varios grupos basados en una o varias variables independientes cualitativas y las variables dependientes analizadas son cuantitativas. Su objetivo es averiguar si hay diferencias significativas entre dichos grupos en cuanto a las variables dependientes se refiere [20]. Por ejemplo, ¿Hay diferencias en la cantidad de agua encontrada en un pozo de petróleo por su clasificación?

Correlación Canónica: Su objetivo es relacionar simultáneamente varias variables cuantitativas dependientes e independientes calculando combinaciones lineales de cada conjunto de variables que maximicen la correlación existente entre los dos conjuntos de variables [20]. Por ejemplo, analizar cómo está relacionado el tiempo de perforación de un pozo y el tiempo de producción de petróleo con el nivel de ingresos de los perforadores, sus edades y su nivel de educación.

Cuando la variable dependiente es cualitativa; o sea que nos e puede expresar numéricamente, se pueden usar las técnicas: análisis discriminante, modelos de regresión logística, análisis Conjoint, a continuación se explican brevemente.

Análisis Discriminante: Esta técnica proporciona reglas de clasificación óptimas de nuevas observaciones de las que se desconoce su grupo de procedencia basándose en la información proporcionada los valores que en ella toman las variables independientes [20]. Por ejemplo, determinar los indicadores petroleros que mejor permiten discriminar entre los pozos rentables y poco rentables.

Modelos de regresión logística: Son modelos de regresión en los que la variable dependiente es cualitativa. Se utilizan como una alternativa al análisis discriminante cuando no hay normalidad . [20]

Análisis Conjoint: Es una técnica que analiza el efecto de variables independientes cualitativas sobre variables cuantitativas o cualitativas. La diferencia con el Análisis de la Varianza radica en dos hechos: las variables dependientes pueden ser cualitativas y los valores de las variables independientes cualitativas son fijadas por el analista. En otras disciplinas se conoce con el nombre de Diseño de Experimentos [20]. Por ejemplo, se quiere obtener un nuevo derivado del petróleo y para ello necesita especificar la forma del envase, su precio, el contenido por envase y su composición química. Presenta

diversas composiciones de estos cuatro factores. 100 clientes proporcionan un ranking de las combinaciones que se le presentan. Se quiere determinar los valores óptimos de estos cuatro factores.

1.6.2. Métodos de interdependencia

Se trata de buscar la interdependencia entre grupos de variables, sin que a priori se suponga relación de causalidad entre ellas. El método más conocido es el Análisis de Correspondencia, que es una generalización del Análisis de Correspondencia Bivalente. [20]

Los métodos de interdependencia se pueden clasificar en dos grupos según que, el tipo de datos que analicen sean métricos o no métricos (otra forma de expresar que los valores de las variables sean cuantitativos o cualitativos). Si los datos son métricos se pueden utilizar las técnicas siguientes: Análisis factorial y análisis de componentes principales, escalas multidimensionales y análisis de clúster (Ver epígrafe 1.6.2.1.).

Análisis Factorial y Análisis de Componentes Principales: Se utiliza para analizar interrelaciones entre un número elevado de variables explicando dichas interrelaciones en términos de un número menor de variables denominadas factores (si son inobservables) o componentes principales (si son observables). [20]

Escalas Multidimensionales: Su objetivo es transformar juicios de semejanza o preferencia en distancias representadas en un espacio multidimensional. Como consecuencia se construye un mapa en el que se dibujan las posiciones de los objetos comparados de forma que aquéllos percibidos como similares están cercanos unos de otros y alejados de objetos percibidos como distintos [20]. Por ejemplo, analizar, en el mercado de refrescos, las percepciones que un grupo de consumidores tiene acerca de una lista de refrescos y marcas con el fin de estudiar qué factores subjetivos utiliza un consumidor a la hora de clasificar dichos productos.

Si los datos son no métricos se pueden utilizar además de las escalas multidimensionales y el análisis de clúster, las técnicas de análisis de correspondencia y modelos log-lineales.

Análisis de Correspondencias: Se aplica a tablas de contingencia multidimensionales y persigue un objetivo similar al de las escalas multidimensionales pero representando simultáneamente las filas y columnas de las tablas de contingencia [20].

Modelos log-lineales: Se aplican a tablas de contingencias multidimensionales y modelan relaciones de dependencia multidimensional de las variables observadas que buscan explicar las frecuencias observadas. [20]

1.6.2.1. Análisis de clúster

Su objetivo es clasificar un conjunto de muestras en un número pequeño de grupos de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy similares entre sí y muy disimilares del resto de los grupos. A diferencia del Análisis Discriminante se desconoce el número y la composición de dichos grupos. Los objetos se agrupan y se halla su similitud mediante el cálculo de la distancia entre ellos. [20] Este método tiene dos variantes: análisis de clúster jerárquico (aglomerativos, divisivos) y análisis de clúster no jerárquico, la variante más utilizada y la empleada en el sistema es la primera.

Atendiendo a esto, dos muestras serán similares solo si la distancia entre ellas es lo suficientemente pequeña en comparación con la distancia entre el resto de los compuestos. La eficiencia al usar este tipo de algoritmo depende de si se sabe hasta dónde llegar; o sea, hasta donde agrupar, porque en principio el análisis de clúster va agrupando hasta obtener un solo clúster. Lo anterior no tiene sentido si lo que se desea es obtener a partir del conjunto de muestras de aguas existentes en la base de datos varios pequeños subgrupos.

El algoritmo funciona tomando la muestra x y calculando la distancia que hay entre ella y todas las demás. Luego se seleccionan las dos muestras que hayan arrojado la distancia más pequeña y se conforma un nuevo clúster al cual se le haya el punto medio, este punto medio será una nueva muestra con la cual se repetiría todo el proceso hasta llegar al punto de parada. Para realizar el análisis de clúster se pueden emplear las siguientes fórmulas de cálculo de distancia. La más sencilla y la que más de conoce es la siguiente:

$$d: (x_1, x_2) \geq 0$$

$$d: (x_1, x_1) \text{ y } d: (x_2, x_2) = 0$$

$$d: (x_1, x_2) = d: (x_2, x_1)$$

$$d: (x_1, x_2) \leq d: (x_1, x_p) + d: (x_p, x_2) \text{ [10]; [11]}$$

Pero esta no es la apropiada porque en el análisis de clúster se trabaja con vectores de más de dos variables. A continuación se explican otras que sí se pueden emplear:

1.6.2.1.1. Distancia Euclidiana

Dado 2 puntos A y B medidos según las variables X y Y la distancia euclidiana sería:

$$d_{A-B} = \sqrt{(A_x - B_x)^2 + (A_y - B_y)^2}$$

Cuando A y B estén medidas con un número n de dimensiones y no solo X y Y la formula sería la siguiente:

$$d_{A-B} = \sqrt{\sum_1^n (A_n - B_n)^2} \quad [10]$$

1.6.2.1.2. Distancia de Minkowski

$$d_{ab} = \left[\sum_i^m (x_{aj} - x_{bj})^m \right]^{1/m}$$

Donde $m \in \mathbb{N}$. Si $m = 1$, se tiene la distancia en valor absoluto y si $m > 1$, la euclídea. [10]

1.6.2.1.3. Distancia de Mahalanobis

En esta distancia a diferencia de la euclidiana se tiene en cuenta la correlación entre las variables aleatorias. Se define como:

$$d_{A-B} = \sqrt{(A-B)^T W^{-1} (A-B)}$$

Donde W es la matriz de covarianzas ($X^T X$) entre las variables. De este modo, las variables se ponderan según el grado de relación que exista entre ellas, es decir, si están más o menos correlacionadas. Si la correlación es nula y las variables están estandarizadas, se obtiene la distancia euclídea.

Se denomina matriz A de dimensión $m \times n$ a un juego de $m * n$ números. [12]

La matriz de covarianza es una matriz que contiene la covarianza entre los elementos de un vector. Para entender mejor cómo funciona la distancia de Mahalanobis, ver Anexo 4. En este anexo se muestra un ejemplo detallado del funcionamiento de este cálculo.

1.6.3. Métodos estructurales

Suponen que las variables están divididas en dos grupos: el de las variables dependientes y el de las independientes. El objetivo de estos métodos es analizar, no sólo como las variables independientes afectan a las variables dependientes, sino también cómo están relacionadas las variables de los dos grupos entre sí. [20]

1.7. Conclusiones

En este capítulo quedaron reflejados los conceptos y la teoría necesaria para comprender todo lo relacionado con la identificación de modelos de aguas encontradas en pozos petroleros. Se realizó un estudio de las técnicas o métodos de reconocimiento de patrones. Decidiendo utilizar en el sistema a implementar la técnica de análisis de clúster. Se obtuvo un mayor conocimiento acerca del proceso a automatizar. Además se expuso otras soluciones existentes para este tipo de problema, tanto en Cuba como en el mundo. Demostrando de esta forma la necesidad de implementar un nuevo sistema que solucione el problema existente. A partir del resultado del estudio expresado en este capítulo, se puede proceder a seleccionar las tecnologías necesarias para el desarrollo del sistema.

Capítulo 2: Tecnologías utilizadas para la confección del sistema

2.1. Introducción

En este capítulo se fundamentan las tecnologías utilizadas para la construcción del sistema que dará solución al problema existente en el CEINPET. Este grupo de tecnologías lo conforman: la metodología para guiar el proceso de desarrollo del sistema; el lenguaje de modelado, capaz de proporcionar el entendimiento del proceso de desarrollo a través de diagramas; las herramientas CASEs que soporten dicho modelado; el gestor de base de datos escogido; el lenguaje de programación; el entorno de desarrollo y el Framework que soportará la aplicación.

2.2. Metodologías de desarrollo. Agile Unified Process (AUP)

Existen metodologías ágiles y robustas. Las metodologías ágiles son apropiadas para guiar proyectos de poco volumen que requieran una rápida implementación, un ejemplo es Extreme Programming (XP). Las metodologías robustas pueden ser empleadas para guiar el proceso de desarrollo de proyectos grandes o pequeños, aunque son más apropiadas para proyectos grandes que por su importancia requieren una fuerte planificación, ejemplo RUP.

El sistema a implementar es un proyecto de poco volumen. Se dice que el sistema es de poco volumen porque se estimó a partir de los casos de uso, que el mismo puede ser desarrollado, por dos personas trabajando doce horas diarias, treinta días mensuales, en cinco meses y siete días más menos (ver capítulo 5).

Hay que tener en cuenta, además que es necesario implementarlo en un corto y limitado tiempo, por la necesidad existente actualmente en el CEINPET. Por otra parte, este proyecto tiene gran importancia para la toma de decisiones en la rama petrolera, por lo que se requiere una metodología capaz de guiar el proceso con precisión, que contribuya a obtener un software fiable, sin errores. Un error provocaría tomar falsas decisiones afectando económicamente al país. Atendiendo a lo antes expresado, para guiar el proceso de desarrollo del nuevo sistema, se necesita una metodología que combine fortaleza y rapidez.

Agile Unified Process es la metodología que se ajusta a la necesidad del proyecto porque combina características de la metodología ágil XP con los artefactos de RUP. No se podría elegir XP, porque el

equipo de desarrollo no tiene experiencia en el trabajo con esta metodología y la misma precisamente se basa en la capacidad y madurez de los miembros del equipo. La metodología RUP serviría si se dispusiera de más tiempo para el desarrollo del sistema. Según Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh, en el libro “El Proceso Unificado de Desarrollo”, Capítulo 1, el ciclo de vida de ésta metodología es iterativo e incremental, que supone un gran esfuerzo que puede durar entre varios meses hasta posiblemente un año o más.

Dentro de las características particulares de AUP, se tiene que es una versión simplificada de la metodología RUP. La Fig. 2.1 muestra el ciclo de vida de esta metodología. AUP abarca siete flujos de trabajos, cuatro ingenieriles y tres de apoyo: Modelado, Implementación, Prueba, Despliegue, Gestión de configuración, Gestión de proyectos y Ambiente. El modelado agrupa los tres primeros flujos de RUP (Modelamiento del negocio, Requerimientos y Análisis y Diseño). Dispone de cuatro fases igual que RUP: Creación, Elaboración, Construcción y Transición.

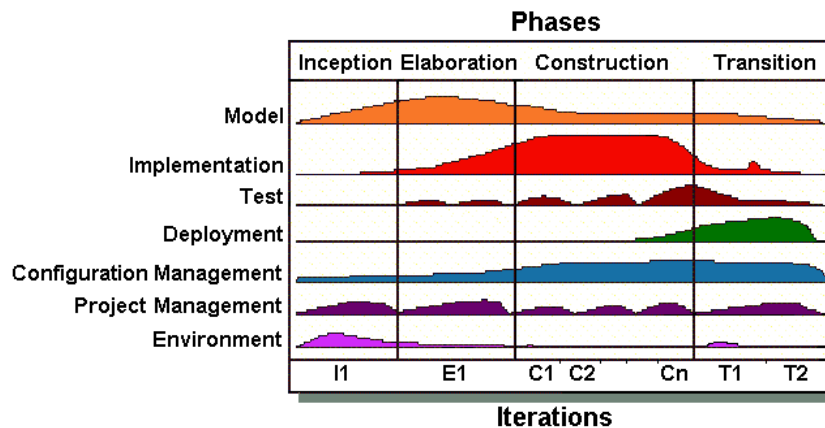


Fig. 2.1. Esquema que muestra los flujos de trabajo y las fases de AUP.

El *Modelado* es el flujo de trabajo que tiene el objetivo de entender el negocio de la organización, el problema de dominio que se aborda en el proyecto y determinar una solución viable para resolver el problema de dominio. El flujo de trabajo *Implementación* tiene como objetivo transformar su (s) modelo (s) en código ejecutable y realizar un nivel básico de las pruebas, en particular, la unidad de pruebas. El flujo de trabajo de *Prueba* tiene como objetivo realizar una evaluación objetiva para garantizar la calidad. Esto incluye la búsqueda de defectos, validar que el sistema funciona tal como está

establecido, verificando que se cumplan los requerimientos. Por último dentro de los flujos de trabajo ingenieriles se tiene el *Despliegue*, cuyo objetivo es el plan para la prestación del sistema y la ejecución de dicho plan, para que el sistema quede a disposición de los usuarios finales.

Esta versión ágil de la metodología RUP se basa en los siguientes principios:

Simplicidad: Todo se describe concisamente utilizando poca documentación, no miles de ellas.

Agilidad: El ajuste a los valores y principios de la Alianza Ágil.

Centrarse en actividades de alto valor: La atención se centra en las actividades que en realidad lo requieren, no en todo el proyecto.

Herramienta de la independencia: Usted puede usar cualquier conjunto de herramientas que desea con el AUP. Se sugiere utilizar las herramientas más adecuadas para el trabajo, que a menudo son las herramientas simples o incluso herramientas de código abierto.

Usted querrá adaptar este producto para satisfacer sus propias necesidades: La metodología AUP es un producto de fácil uso utilizando cualquier herramienta. No es necesario comprar una herramienta especial, o tomar un curso, para adaptar esta metodología.

2.3. Lenguaje de Modelado. UML v1.0

UML (Lenguaje Unificado de Modelado) en su versión 1.0, es el lenguaje de modelado utilizado para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos generados en el desarrollo del sistema. La visualización, especificación, construcción y documentación de los artefactos generados se realiza a través de diagramas exponiendo el significado de los mismos, así como las relaciones entre los diferentes componentes y objetos de manera estandarizada. Como dijeron Booch, Rumbaugh, y Jacobson en el libro “El Lenguaje Unificado de Modelado”, “*UML es un lenguaje visual de modelado para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema software*”.

Éste lenguaje es necesario para el desarrollo del sistema. No sólo los programadores y analistas, sino también los clientes y cualquier otra persona deben ser capaces de entender en un lenguaje visual y común el funcionamiento del mismo a partir de los esquemas. Además permite la documentación de todo el ciclo de desarrollo del sistema, con vista a facilitar el desarrollo de futuras versiones o mejoras. Este lenguaje de modelado permite visualizar de manera abstracta las funciones del sistema, los procesos de negocio del mismo, los esquemas de bases de datos con los cuales el sistema interactúa.

2.4. Herramienta CASE. Visual Paradigm for UML

Visual Paradigm for UML es una herramienta CASE que soporta hasta la versión 2.1 de UML. Permite modelar tanto los procesos del negocio, la base de datos y las clases del sistema de manera visual. Soporta patrones de diseño para lograr mejores prácticas. Permite la conexión a repositorios como el CVS y el Subversion. Presenta gran usabilidad, porque los diagramas se agrupan por categorías, permitiendo al usuario una rápida localización de la información. Permite la configuración de los estilos y formatos de los diagramas incorporando imágenes y estereotipos. Así como la exportación de los diagramas en formato de imagen. Además es una herramienta multiplataforma, característica que favorece al desarrollo de un producto que no se limita a ejecutarse sobre un sólo Sistema Operativa. Por las características expuestas se usó Visual Paradigm for UML como herramienta CASE para el modelado visual de los diagramas UML del sistema que se desarrolla para dar solución al problema existente.

2.5. Lenguaje de programación. Csharp

Para programar el sistema se quiso buscar un lenguaje que los desarrolladores conocieran y fuera bien aceptado. Csharp es un lenguaje robusto, potente, sencillo; además es un lenguaje de programación orientado a objetos. Su sintaxis básica deriva de C/C++. Éste lenguaje de programación es independiente, diseñado para generar programas sobre el Framework. NET. Actualmente existe un compilador implementado que provee el Framework de DotGNU – Mono. El Framework Mono genera programas para distintas plataformas como Win32, UNIX y Linux. [33]

2.5.1. Framework MONO 2.4, IDE MonoDevelop 2.0

MONO es un framework de código abierto desarrollado para el Sistema Operativo Linux. Surge como alternativa de .NET, porque entre las librerías y componentes de .NET que son libres no figuran: Windows Forms, ADO.NET y ASP.NET.

Entre los componentes básicos de MONO se encuentra el compilador de C#, la biblioteca de clases y una máquina virtual CLI (Common Language Infrastructure) que trae integrado la recolección de basura, el sistema gestor de base de datos SQLite y el entorno de desarrollo MonoDevelop, versión 2.0. MONO trae un driver muy bien implementado, que soporta el Standard ADO.NET 2.0, que es Mono.Data.Sqlite. A pesar de que los componentes Windows Forms, ADO.NET y ASP.NET no existen

como código abierto, MONO los trae integrado, lo que permite la ejecución de programas realizados desde Windows. Además soporta varios estándares de arquitecturas de computadoras.

MonoDevelop es el IDE GNOME, nativo para trabajar sobre el framework MONO utilizando el lenguaje de programación C#. Este IDE no depende de la Windows Forms que es una librería privativa como se explicaba anteriormente, sino, que utiliza la librería GTK#, la cual es equivalente a la Windows Forms. Las principales características del mismo son:

Terminación de código: completa el tipo, los métodos y nombres de campos tecleados con anterioridad.

Gestión de clase: tiene un visor que permite ver la lista de clases del proyecto, sus métodos y propiedades.

Ayuda incluida: brinda la documentación de .NET y de la librería Gtk#, monodoc, para facilitar el trabajo con el mismo, la misma se puede encontrar tanto en los repositorios de Linux, cuando se instala mono o en la red.

Las aplicaciones construidas usando Gtk# se pueden ejecutar en muchas plataformas, incluyendo Linux, Windows y MacOS X. Gtk# es nativa para herramientas de escritorio en Linux ejecutando GNOME.

2.6. Gestor de BD SQLite

La base de datos del sistema a construir será usada por una sola persona, la misma es mediana y con un nivel relativamente medio de complejidad. Se dice que la base de datos es mediana y sin muchas complejidades, porque la misma solo cuenta con ocho tablas y dos de ellas son producto de relaciones de mucho a mucho; además las tablas tienen pocos campos, solo una tiene diecinueve campos, otra solo cinco, otra tres y las restantes tienen solo dos campos cada una.

En un futuro puede que la empresa para la que se realiza el software, emigre todos sus sistemas a software libre o se conecte a una base de datos centralizada a la que se tenga acceso desde varios sistemas. Por esta razón se necesita una base de datos portable, la cual se pueda cambiar fácilmente a PostgreSQL, MySQL u ORACLE sin tener que modificarla completamente. El gestor de base de datos que cumple con estas especificaciones es SQLite.

SQLite es una base de datos relacional y de código abierto bajo la licencia GPL, portable, fácil de usar, compacta, eficiente y fiable. Es multiplataforma y no precisa configuración, permite usar un conjunto

amplio de funciones SQL, su sintaxis y forma de uso es muy fácil de aprender. Es ideal para trabajar con volúmenes medianos o pequeños de información, de manera ágil y eficiente. Aunque su versión 3 (versión que será usada en el sistema) puede manejar bases de datos de hasta 2 TeraBytes sin mayores inconvenientes. Combina el motor y el interfaz de la base de datos en una única biblioteca y almacena los datos en un único archivo de texto plano. Al tener todos los datos en un único fichero permite grandemente la portabilidad de los mismos, siendo el único inconveniente el espacio en disco duro disponible.

2.7. Conclusiones

Después de haber definido las tecnologías y herramientas para desarrollar el sistema, se puede llegar a la conclusión que se obtendrá un producto multiplataforma y totalmente libre. Para el mismo se definió AUP como metodología de desarrollo, UML v1.0 como lenguaje de modelado, Visual Paradigm como herramienta CASE, Csharp como lenguaje de programación, utilizando el Framework MONO, el IDE MonoDevelop y el sistema gestor de base de datos portable SQLite.

Capítulo 3: Modelado del SIAPP

3.1. Introducción

En éste capítulo se exponen los artefactos generados correspondientes al flujo de trabajo de modelado. Estos artefactos son: diagramas de casos de uso del negocio y diagrama de casos de uso del sistema. Relación de los requerimientos funcionales y no funcionales. Se expone una pequeña descripción de los requerimientos funcionales más importantes, así como la descripción de los requerimientos no funcionales del SIAPP. Se explica la razón por la que se realiza el modelo de negocio, además de la respectiva introducción y conclusiones parciales de este capítulo.

3.2. Modelado

Como parte del modelado del sistema se decidió realizar el modelo de negocio, porque se logró determinar el proceso de negocio con las fronteras bien establecidas, donde se logran ver claramente, quiénes son las personas que lo inician, quiénes son los beneficiados con cada uno de estos procesos, quiénes son las personas que desarrollan las actividades en cada uno de estos procesos. Además se hace necesario describir esos procesos y derivar los requerimientos del sistema de información. Al estar visibles todos los procesos de negocio, se puede evaluar fácilmente el estado de la organización. Para ello se identificó un solo caso de uso del negocio.

El caso de uso del negocio identificado *“representa el proceso dentro del negocio que se estudia, por lo que se corresponde con una secuencia de acciones con un orden lógico y que producen un resultado observable para ciertos actores del negocio”* [14]. Se identificaron cuatro entidades de negocio. Las entidades del negocio *“representan contenedores de información, algo físico que se utilice en el proceso del negocio y que sirva para obtener información o para actualizar información”* [14]. Con el caso de uso identificado interactúa un único actor del negocio. Este actor del negocio puede ser *“cualquier individuo, grupo, organización o máquina que interactúa con el negocio”*[14]. Y se identificaron dos trabajadores del negocio. Los trabajadores del negocio *“representan a personas, o sistemas (software) dentro del negocio que son las que realizan las actividades que están comprendidas dentro de un caso de uso”*. [14]

Actor del negocio. *Cliente*: el cliente es el encargado de solicitar al especialista un informe de una muestra de agua extraída de un pozo petrolero y enviar la muestra de agua al laboratorio.

Trabajador del negocio. *Especialista*: el especialista es el encargado de elaborar el informe a partir de los resultados del análisis químico de la muestra de agua y enviárselo al cliente.

Trabajador del negocio. *Laboratorio*: el laboratorio es el encargado realizar el análisis químico de la muestra de agua y enviarle el resultado al especialista.

La *solicitud de informe* (envía el cliente y recibe el especialista), el *resultado del análisis químico* (envía el laboratorio y recibe el especialista), el *informe* (envía el especialista y recibe el cliente) y la *muestra de agua* (envía el cliente y recibe el laboratorio) son las cuatro entidades de negocio identificadas. Las entidades de negocio antes mencionadas, “representan a los objetos que los trabajadores del negocio toman, inspeccionan, manipulan, producen o utilizan durante la realización de los casos de uso de negocio. Comúnmente representan un documento o una parte esencial de un producto”. [14]

En un proceso de negocio existen reglas de negocio. “Las reglas de negocio describen políticas que deben cumplirse o condiciones que deben satisfacerse, por lo que regulan algún aspecto del negocio. El proceso de especificación implica que hay que “identificarlas” dentro del negocio, “evaluar” si son relevantes dentro del campo de acción que se está modelando e “implementarlas” en la propuesta de solución” [14]. En el proceso de negocio actual se definieron las siguientes reglas:

1. La muestra de agua debe de ser enviada al laboratorio por el cliente, para su análisis químico.
2. El cliente debe enviar la solicitud de informe sobre una muestra de agua al especialista.
3. Los datos arrojados en el análisis químico de la muestra de agua, serán entregados solo al especialista encargado de identificar una muestra de agua enviada por un cliente.
4. El especialista es el único que puede enviar un informe al cliente sobre el tipo de agua encontrada.

A continuación se muestra el diagrama y una descripción en forma de párrafo, del caso de uso del negocio “Conformar informe tipo de agua”.

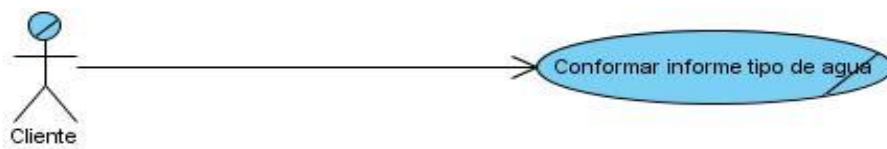


Fig. 3.1. Diagrama de Caso de Uso del Negocio: “Conformar Informe tipo de agua”.

Este caso de uso se inicia cuando un cliente desea saber el tipo de agua encontrada durante el proceso de perforación de un pozo petrolero. Primeramente el cliente envía la solicitud de informe

sobre tipo de agua al especialista y la muestra de la misma al laboratorio. En el laboratorio se realiza el análisis químico de la muestra y se le envía el resultado al especialista. El especialista conforma el informe y lo envía al cliente. Para ver mas en detalle la secuencia de pasos consultar el anexo 3.

3.3. Requerimientos

Como parte del modelado, luego de entender el proceso de negocio de la organización, se definieron los requerimientos, entiéndase por requerimientos: *“condición o capacidad que necesita un usuario para resolver un problema o lograr un objetivo”* [14]. Los requerimientos se clasifican en funcionales y no funcionales: los requerimientos funcionales *“son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir, se mantienen invariables sin importar con que propiedades o cualidades se relacionen por lo que no alteran la funcionalidad del producto”* [14]. Y los requerimientos no funcionales *“son las propiedades o cualidades que el sistema debe tener”* [14]. Los requerimientos no funcionales son aquellos requisitos que hacen que el sistema sea usable, rápido, confiable y agradable para los usuarios.

3.3.1. Requerimientos funcionales

A través de los requerimientos funcionales, se puede expresar una especificación más detallada de las responsabilidades del sistema. Con ellos, se pretende determinar de manera clara y concisa lo que debe hacer el sistema siguiendo un enfoque funcional.

A partir del modelo de negocio representado anteriormente, se alcanzó una amplia visión del objeto a automatizar y quedaron determinadas las funcionalidades que desarrolla el sistema. Se definieron 42 requerimientos funcionales que quedaron expresados como funcionalidades del sistema. Estos se recogen en la siguiente tabla:

RF 1.	El sistema debe validar los datos de una muestra de agua.
RF 1.1.	El sistema debe validar los datos de una muestra de agua por relación de aniones-cationes.
RF 1.2.	El sistema debe validar los datos de una muestra de agua por relación de densidad-salinidad.
RF 1.3.	El sistema debe validar los datos de una muestra de agua por relación de densidad-salinidad.
RF 2.	El sistema debe permitir guardar los datos de una muestra de agua en la base de datos.
RF 3.	El sistema debe permitir clasificar los datos de una muestra de agua.
RF 3.1.	El sistema debe clasificar los datos de una muestra de agua por el método de V.A. SULIN.

RF 3.2.	El sistema debe clasificar los datos de una muestra de agua por el método de iones predominantes.
RF 3.3.	El sistema debe clasificar los datos de una muestra de agua por el grado de salinidad.
RF 3.4.	El sistema debe clasificar los datos de una muestra de agua por el grado de dureza.
RF 3.5.	El sistema debe clasificar los datos de una muestra de agua por nivel de ph.
RF 4.	El sistema debe permitir obtener lista de clasificadores de una muestra de agua.
RF 5.	El sistema debe permitir obtener lista de validadores de una muestra de agua.
RF 6.	El sistema debe permitir cargar una muestra de agua de la base de datos en memoria.
RF 7.	El sistema debe permitir obtener los datos de la muestra de agua cargada en memoria.
RF 8.	El sistema debe permitir mostrar informe con los datos, clasificaciones y validaciones de la muestra de agua cargada en memoria.
RF 9.	El sistema debe permitir mostrar una lista de las muestras de agua de la base de datos dado unos parámetros de filtrado.
RF 10.	El sistema debe permitir dar categoría a una muestra de agua de la base de datos.
RF 11.	El sistema debe permitir modificar los datos de una muestra de agua de la base de datos.
RF 12.	El sistema debe permitir guardar los datos de un nuevo elemento químico en la base de datos.
RF 13.	El sistema debe permitir gestionar los datos de un contexto geológico
RF 13.1.	El sistema debe permitir guardar los datos de un nuevo yacimiento en la base de datos.
RF 13.2.	El sistema debe permitir guardar los datos de una nueva capa en la base de datos.
RF 13.3.	El sistema debe permitir guardar los datos de un nuevo pozo en la base de datos.
RF 13.4.	El sistema debe permitir obtener los datos de un elemento químico de la base de datos.
RF 13.5.	El sistema debe permitir obtener los datos de un yacimiento de la base de datos.
RF 13.6.	El sistema debe permitir obtener los datos de la base de datos de las capa dado el yacimiento en que se encuentran.
RF 13.7.	El sistema debe permitir obtener los datos de la base de datos de los pozos dada la capa en que se encuentran.
RF 13.8.	El sistema debe permitir obtener los datos de la base de datos de las capa dado el pozo que las atraviesa.
RF 14.	El sistema debe permitir agrupar las muestras de aguas de la base de datos en patrones.
RF 14.1.	El sistema debe permitir obtener dado una lista de elementos químicos los elementos validos para realizar el agrupamiento.
RF 14.2.	El sistema debe permitir conformar un clúster con los datos de los elementos y el id de la muestra de agua.
RF 14.3.	El sistema debe permitir obtener la distancia entre dos clúster.
RF 14.4.	El sistema debe permitir obtener un clúster procedente de la unión de dos clúster.
RF 14.5.	El sistema debe permitir obtener el valor mínimo de una matriz de reales.

RF 15.	El sistema debe permitir tomar las muestras de aguas de la base de datos marcada como patrones tanto por el especialista como por el mismo sistema.
RF 16.	El sistema debe permitir tomar las muestras de aguas de la base de datos marcada como patrones reales determinados por el especialista
RF 17.	El sistema debe permitir mostrar la grafica de una lista de muestras de agua.
RF 17.1.	El sistema debe permitir mostrar la grafica de Stiff de una lista de muestras de agua.
RF 17.2.	El sistema debe permitir mostrar la grafica de Defrancesco de una lista de muestras de agua.
RF 18.	El sistema debe permitir autenticar al usuario.
RF 19.	El sistema debe permitir cambiar la contraseña de uso de la aplicación.

Tabla 3.1. Listado de los requerimientos funcionales del SIAPP.

3.3.1.1. Descripción de los requerimientos funcionales

A continuación se describen los requerimientos funcionales más importantes y complejos del SIAPP. Sus descripciones tienen gran importancia porque ayudan a comprender el funcionamiento total del sistema.

El sistema debe permitir validar los datos de una muestra de agua

Este requerimiento permite validar los datos de una muestra de agua de acuerdo a los parámetros introducidos por el especialista. La funcionalidad de los requerimientos específicos de él se encuentra explicada con más detalles en la sección 1.2.2.

El sistema debe permitir clasificar los datos de una muestra de agua

Este requerimiento permite clasificar los datos de una muestra de agua de acuerdo a serie de métodos. La funcionalidad de los requerimientos específicos de él, se encuentra explicada con más detalles en la sección 1.2.1.

El sistema debe permitir mostrar informe con los datos, clasificaciones y validaciones de la muestra de agua cargada en memoria

Este requerimiento permite visualizar un resumen con todos los datos de la muestra de agua, así como el resultado de las diferentes clasificaciones y de los métodos de validación y/o corrección.

El sistema debe permitir agrupar las muestras de aguas de la base de datos en patrones

Este requerimiento permitirá agrupar las muestras de agua de la base de datos, para hallar los patrones de muestras de agua de cada yacimiento similares a la muestra de agua cargada.

El sistema debe permitir obtener dado una lista de compuestos químicos los compuestos validos para realizar el agrupamiento

Este requerimiento permite, dado una lista de compuestos químicos de una muestra de agua, obtener una lista con solo los compuestos que se tendrán en cuenta para realizar el agrupamiento, desechando aquellos que no sean válidos para la agrupación.

El sistema debe agrupar en clústers según los datos de los compuestos y el id de la muestra de agua

Este requerimiento permite dado una muestra de agua convertirla en un clúster, para aplicar el método de análisis de clúster. Se toma el id de la muestra de agua y la lista de compuestos, a la cual le fueron quitados aquellos que no son válidos y se conforma el clúster.

El sistema debe permitir obtener la distancia entre dos clúster

Este requerimiento es el que permitirá obtener la distancia entre dos clústeres dada una fórmula de distancia específica (la euclidiana).

El sistema debe permitir obtener un clúster procedente de la unión de dos clúster

Este requerimiento es el que dado dos clústeres los unirá y devolverá un nuevo clúster, para esto se toman los dos clústeres y se halla el punto medio entre estos, el nuevo cluster formado será el devuelto.

El sistema debe permitir obtener los clústeres más similares a cada uno de los patrones obtenidos

Este requerimiento permitirá luego de haberse realizado el agrupamiento, devolver de cada conjunto el patrón representativo del mismo, para esto se busca la distancia mínima de todos los clúster del conjunto al patrón hallado y el más cercano se devuelve como patrón representativo del grupo.

3.3.2. Requerimientos no funcionales

En muchos casos los requerimientos no funcionales son fundamentales en el éxito del producto debido a que forman una parte significativa de la especificación.

3.3.2.1. Apariencia y usabilidad

El producto será fácil de usar, teniendo en cuenta las características de los usuarios a los que va dirigido (usuarios no necesariamente entrenados en el uso de computadoras). La estructura de las interfaces será clara y bien distribuidas para que los usuarios sepan en cada momento qué acción realizar, a través de controles que puedan ser fácilmente identificados con cada una de las acciones previstas en el sistema y del empleo de mensajes con alertas, cada vez que sea requerido. Además se dice que el sistema será de fácil uso, porque las interfaces se parecen mucho a las del sistema que empleaban anteriormente, el SACAN.

Se prevé que la usabilidad de este producto sea elevada; o sea; que cuente con un alto nivel de aceptación por los usuarios finales, porque será sencillo, agradable y atractivo. Además con el sistema propuesto se logrará mayor eficiencia en la búsqueda del petróleo, puesto que se podrá llevar a cabo el proceso completo mencionado anteriormente. Siendo este proceso fundamental para realizar la búsqueda de petróleo a partir de criterios hidrológicos. Las técnicas empleadas en su confección permiten que el sistema sea utilizado por usuarios con conocimientos mínimos de computación. Los obliga a realizar una funcionalidad y después otra, siguiendo una secuencia, de esta forma se evita que tengan mucha información para manipular y no se pierdan en la navegación por el sistema. Se desarrolló una interfaz de fácil uso y manejo que combina colores claros, como el blanco, gris y marrón en tonalidades claras, agradables a la vista del usuario y donde se manipulan los conceptos de una manera asequible sin dejar que se pierda la seriedad y profesionalidad del sistema.

Al usuario le fue presentado el prototipo no funcional, y a partir de sus impresiones se llegó a la conclusión de que solo se necesitará una hora para capacitar al usuario que usará el sistema implementado. Las interfaces se diseñaron muy parecidas a las interfaces del SACAN, sistema que el usuario empleaba anteriormente.

Para usar el sistema el usuario deberá tener conocimientos básicos sobre la hidrogeología y un conocimiento mínimo de computación, que les permitan realizar las funciones requeridas como parte

del proceso de negocio realizado en la empresa. Además siguiendo los estándares de usabilidad establecidos, el sistema:

- Usa imágenes y gráficos claros.
- Usa botones y formularios de un tamaño adecuado para la vista del usuario.
- No hace uso de alertas complejas (con muchos textos).
- Proporciona un diseño ordenado.
- Informa al usuario la respuesta de salida cada vez que se ejecute una acción.

3.3.2.2. Eficiencia

El sistema será capaz de brindar una respuesta en el menor tiempo posible, excepto para el requerimiento RF 14, en este caso la respuesta es directamente proporcional al número de muestras almacenadas en la base de datos. Aunque la velocidad no es lo más importante de este sistema, sino la calidad de la respuesta, porque de la respuesta se derivan las decisiones que toman los especialistas, sobre continuar o no con la perforación de un pozo de petróleo.

3.3.2.3. Fiabilidad

El sistema informa la presencia de algún error de forma inmediata luego de haberse producido. De esta manera se fortalece la confiabilidad del mismo.

3.3.2.4. Soporte

El sistema tiene garantía de prueba e instalación. Debe correr en máquinas que tengan instalado el Framework MONO 2.4 en la dirección que trae por defecto. El paquete de instalación no ocupa gran espacio y puede ser distribuido fácilmente.

En caso de que se instale el Framework MONO 2.4 en otra dirección se deberá proceder a editar el fichero SIAPP.bat del sistema cambiando la dirección "C:\ARCHIV~1\Mono-2.4\bin\mono.exe" por aquella en la que se haya usado para instalar el framework.

La memoria física dependerá de la cantidad de datos introducida por el especialista ya que la base de datos es un fichero que se irá llenado con el tiempo, (ver sección 2.6).

3.3.2.5. Seguridad

Disponibilidad, Integridad y Confidencialidad

La información procesada por el sistema estará disponible todos los días y horas laborables. Esto se garantiza porque existe un servidor central del CEINPET, donde periódicamente todos los especialistas guardan la información que han ido recaudando, ésta misma información es guardada en un disco duro externo de 40 GB que posee el técnico en informática de la empresa y además cada tres meses toda la información se guarda en discos compactos. Al servidor de la empresa, sólo tienen acceso, el director general, los dos administradores de redes de la empresa y el técnico en informática. Además el sistema garantiza la seguridad mínima obligando a que el usuario que lo utilice se autentique primero mediante una clave para poder acceder a las funcionalidades del mismo.

3.3.2.6. Software

Para la ejecución del sistema es necesario tener instalado el sistema operativo Linux o Windows 2000 o superior y el framework MONO, en su versión 2.4.

3.3.2.7. Hardware

Para determinar los requerimientos de Hardware se partió de los requerimientos mínimo que necesita el framework MONO 2.4 para su ejecución. Se recomienda un espacio de 1 GB para la instalación del mismo, aunque su instalación solo consume 350 MB de espacio. La PC donde se instalaría el framework, como requerimientos mínimos debe tener una memoria RAM de 64 MB, aunque se recomienda una memoria RAM de 128 MB, para un funcionamiento óptimo del SO y el CPU, este SO es compatible con Pentium de 133 MHz de velocidad o superior.

Si se trabaja con la aplicación sobre el sistema operativo Windows, como requerimiento mínimo debe ser la versión 2000 o superior de Windows, se necesita al menos 2 GB para instalar el SO, agregándole el espacio que ocupara la base de datos. La base de datos ocupará más o menos 21 MB, éste cálculo fue hecho teniendo en cuenta que en la base de datos se guardará solo textos (letras y números), analizando la cantidad de campos que existen por cada tabla y la cantidad de muestras de aguas, yacimientos, capas y pozos que puede ser almacenadas en veinte años más.

Si se trabaja con la aplicación sobre el sistema operativo Linux: se necesita una memoria RAM de 128 MB, se recomienda una memoria RAM de 256 MB para un funcionamiento óptimo, se necesita un procesador de 500 MHz de velocidad y como mínimo 2 GB de espacio en disco duro para su instalación, además de una placa de video GeForce de 64 a 128 MB. Por lo que para que el sistema funcione correctamente sólo es necesario un disco duro de 4 GB, aunque se recomienda uno mayor.

3.4. Diagrama de casos de uso del sistema

Luego de determinados los requerimientos funcionales, éstos se agruparon en casos de uso del sistema. Los casos de uso del sistema se definen como: *“fragmentos de funcionalidad del sistema que proporciona al usuario un resultado importante”*. [14]

El especialista que era uno de los trabajadores del negocio, ahora se convierte en el actor del sistema, encargándose de inicializar los casos de uso: “AutenticarUsuario”, “CambiarContraseña”, “IngresarDatosMuestraAgua”, “MostrarInformeMuestraAgua”, “ActualizardatosMuestraAgua”, “CorrelacionarMuestrasAguas” “GraficarMuestraAgua”, “AdicionarNuevoCompuestoQuimico” “GestionarContexto” y “CategorizarMuestraAgua”, como se muestra en el siguiente diagrama.

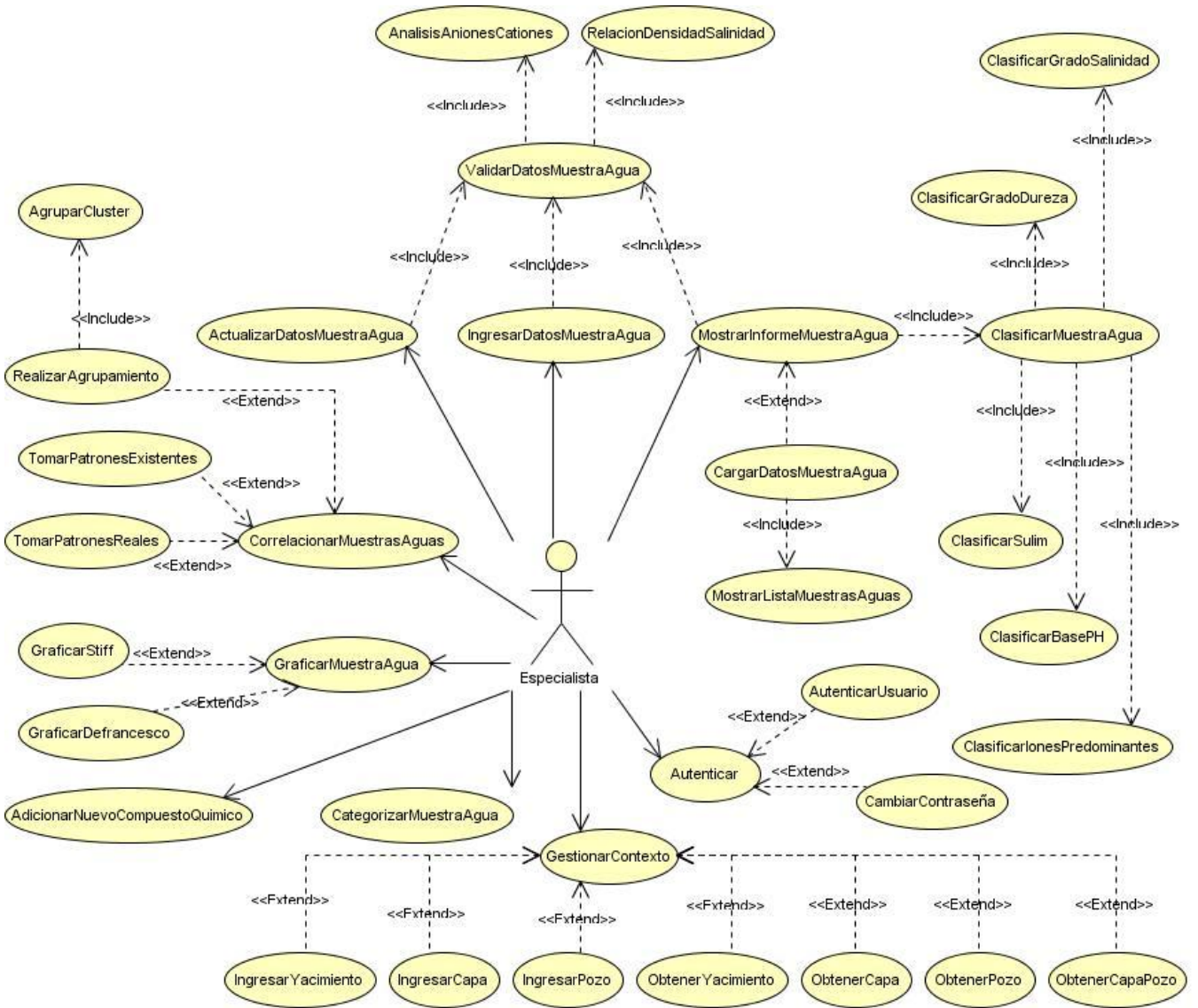


Fig. 3.2. Diagrama de Casos de Uso del Sistema.

De los casos de uso del sistema, se definieron como críticos: “CategorizarMuestraAgua”, “MostrarInformeMuestraAgua”, “IngresarDatosMuestraAgua”, “ValidarDatosMuestraAgua”, “CorrelacionarMuestrasAguas”, “GraficarMuestraAgua” y “ClasificarMuestraAgua”. Los casos de uso críticos “son los más importantes para los usuarios porque cubren las principales tareas o funciones que el sistema ha de realizar y definen la arquitectura básica” [14]. De los casos de uso críticos se consideran arquitectónicamente significativos los siguientes: “MostrarInformeMuestraAgua”, “IngresarDatosMuestraAgua”, “ValidarDatosMuestraAgua” y “ClasificarMuestraAgua”.

Los casos de uso arquitectónicamente significativos son: “aquellos que nos ayudan a mitigar los riesgos más importantes, deben ser los más importantes para los usuarios del sistema y nos ayudan a cubrir las funcionalidades significativas” [14]. Para determinar los casos de uso arquitectónicamente significativos, aquellos que como se plantea en su definición, son necesarios desarrollar en las primeras iteraciones, se tuvo en cuenta que cumplieran con los siguientes criterios:

- Casos de uso con dificultad de desarrollo.
- Casos de uso imprescindibles para la puesta en marcha del sistema.
- Organización del desarrollo incremental.
- Disponibilidad de equipo de desarrollo.

Como casos de uso secundarios se definieron: “GestionarContexto”, “AdicionarNuevoCompuestoQuimico”, “ActualizardatosMuestraAgua” y “RealizarAgrupamiento”. Los casos de uso secundarios “son aquellos que sirven de apoyo a los casos de uso críticos, involucran funciones secundarias y tienen un impacto más modesto sobre la arquitectura, pero deben implementarse pronto porque responden a requerimientos de interés para los usuarios”. El resto de los casos de uso mostrados en el diagrama anterior, se consideran casos de uso auxiliares. Los casos de uso auxiliares “no son claves para la arquitectura y completan casos de uso críticos o secundarios”. No se identificó ningún caso de uso opcional. Los casos de uso opcionales son aquellos que “responden a funcionalidades que pueden o no estar en la aplicación, pero que no son imprescindibles en las primeras versiones” [14].

3.4.1. Descripción de los CUS arquitectónicamente significativos

En éste epígrafe solo se presenta una descripción sencilla, en forma de párrafo de los casos de uso del sistema crítico y que además son arquitectónicamente significativos. El resto de los casos de uso del sistema se describen en forma de plantilla en los anexos (ver Anexo 4).

3.4.1.1. Descripción del CUS “IngresarDatosMuestraAgua”

El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de una nueva muestra de agua. El mismo selecciona la opción de “Nueva muestra de agua” en el menú principal de la aplicación. Luego el sistema visualiza el formulario para introducir los valores de los datos de la muestra de agua y activa la opción “Guardar datos” del menú principal. Seguidamente el especialista llena los campos y

da clic en la opción “Guardar datos” del menú principal. Luego verifica que los campos hayan sido llenados correctamente. Si hay algún campo no válido el sistema informa al especialista y se realiza todo el proceso nuevamente. Si todos los campos han sido llenados correctamente, el sistema valida o corrige los datos de la muestra de agua por los diferentes métodos de validación implementados en el mismo. Si algún validador da error, el especialista puede escoger la opción guardar o no. Si no desea guardar el especialista revisa los campos, arregla aquellos que estén mal y luego es que guarda los datos.

Compuesto	Valor (mg/l)	Yacimientos	Capas	Pozos
Ca	0	Guanabo		
Mg	0	Canasi		
Na	0	Tarara		
K	0	Yumuri		
HCO3	0	Cojimar		
CO3	0	Bacuranao		
SO4	0			
NO3	0			
Cl	0			
OH	0			
NO2	0			
Fe	0			

Fig. 3.3. Interface visual del sistema correspondiente al caso de uso "IngresarDatosMuestraAgua".

3.4.1.2. Descripción del CUS "ValidarDatosMuestraAgua"

El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del CU "IngresarDatosMuestraAgua". Este caso de uso es el que permite validar los datos de una muestra de agua de acuerdo a varios análisis con el objetivo de validar los datos del laboratorio correspondiente al análisis químico realizado. Los datos deben de haber sido pasados en los campos correspondientes mostrador como parte del caso de uso base. El sistema toma los datos pasados por el especialista en el caso de uso base y crea una instancia de cada uno de los validadores correspondiente a:

- Aniones - Cationes. (Anexo 4.3)
- Densidad - Salinidad. (Anexo 4.4)

Luego devuelve una lista con los Validadores, los cuales tienen la información correspondiente a cada análisis.

3.4.1.3. Descripción del CUS “ClasificarMuestraAgua”

El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del CU “MostrarInformeMuestraAgua”. Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo a los métodos de clasificación empleados. Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua. El sistema Crea una instancia de cada uno de los clasificadores correspondiente a:

- ClasificacionSulin. (Anexo 4.9).
- ClasificacionGradoSalinidad. (Anexo 4.10).
- ClasificacionPh. (Anexo 4.11).
- ClasificacionGradoDureza. (Anexo 4.12).
- ClasificacionIonesPredominantes. (Anexo 4.13).

Luego devuelve una lista con los Validadores, los cuales tienen la información correspondiente a cada análisis.

3.4.1.4. Descripción del CUS “MostrarInformeMuestraAgua”

El caso de uso se inicia cuando el especialista desea visualizar la información correspondiente a una muestra de agua cargada en memoria. Como precondition para ejecutar el caso de uso se tiene que, la muestra de agua debe estar cargada previamente. Lo primero que realiza el sistema es verificar que haya una muestra cargada en memoria. Si hay una muestra de agua cargada, el sistema activa la opción “Mostrar informe”, el especialista selecciona esta opción en el menú principal. Luego el sistema toma los datos de la muestra de agua, de las validaciones de los distintos validadores, (ver Anexo 4.2) y toma además las clasificaciones de los distintos clasificadores (ver Anexo 4.7) y los muestra, terminando de esta forma el caso de uso. En el caso que no haya una muestra de agua cargada, el sistema no activa la opción “Mostrar informe” y termina el caso de uso.

3.5. Conclusiones

Siguiendo la metodología AUP, se presentó la descripción de parte del SIAPP, correspondiente al flujo de trabajo de modelado. Se describió el modelo de negocio. Se definieron los principales requerimientos funcionales y los no funcionales. Se presentó los diagramas de casos de uso del negocio y de casos de uso del sistema. Con los elementos expuestos en este capítulo, se puede proceder a realizar el diseño y la construcción del SIAPP, controlando que se cumplan todas las funcionalidades anteriormente analizadas.

Capítulo 4. Construcción del SIAPP

4.1. Introducción

Luego de un completo entendimiento de las funcionalidades y procesos del sistema, como parte del flujo de trabajo de modelado de la metodología de desarrollo AUP, se puede realizar el diseño y como parte del flujo de trabajo de implementación, la construcción del SIAPP. Para lograrlo, se realiza una descripción de la construcción del SIAPP. En esta descripción se ha utilizado el diagrama de clases de diseño, un artefacto necesario porque ofrece una idea de cómo fue la concepción de la arquitectura del futuro sistema. Además del diseño de la base de datos como otro artefacto fundamental. En este capítulo se fundamenta el patrón arquitectónico aplicado al SIAPP. Además de la respectiva introducción y conclusiones parciales del capítulo.

4.2. Patrón arquitectónico

Definir una buena arquitectura ofrece los beneficios de tomar decisiones tempranas. Según Barry Boehm, 1995: *“Si un proyecto no ha logrado una arquitectura del sistema, incluyendo su justificación, el proyecto no debe empezar el desarrollo en gran escala. Si se especifica la arquitectura como un elemento a entregar, se la puede usar a lo largo de los procesos de desarrollo y mantenimiento”*. Otro beneficio es que permite el análisis de consistencia antes de elaborar el diseño y escribir el código.

La arquitectura es una vista estructural de alto nivel, que define estilo o combinación de estilos para una solución. Se puede decir que la arquitectura es esencial para éxito o fracaso de un proyecto. Además la arquitectura de un software es necesaria para comprender el sistema, organizar el desarrollo del mismo, fomentar la reutilización y controlar la evolución del proyecto. [16]

Los estilos arquitectónicos, sirven para sintetizar estructuras de soluciones. Pocos estilos abstractos encapsulan una enorme variedad de configuraciones concretas, definen los patrones posibles de las aplicaciones y permiten evaluar arquitecturas alternativas con ventajas y desventajas conocidas ante diferentes conjuntos de requerimientos no funcionales.

Para este sistema se definió usar el estilo arquitectónico de llamada-retorno, dentro de éste estilo el patrón arquitectónico en capas. Los sistemas basados en capas, están organizados jerárquicamente como lo indica su nombre, en una o varias capas, donde cada capa provee servicios a la capa superior

y es servida por la capa inferior. Los componentes son cada una de las capas. Las ventajas de los sistemas basados en capas son: facilita la descomposición del problema en varios niveles de abstracción. Soporta fácilmente la evolución del sistema; los cambios sólo afectan a la capa en cuestión.

Según Pressman, en su libro "Ingeniería de Software. Un enfoque práctico": *"la arquitectura de tres capas permite aislar a la tecnología que implementa la base de datos, de forma que sea fácil cambiar esta tecnología. Utiliza mucho código lejos del cliente y los cambios de mantenimiento ocurren de forma centralizada. La idea de las tres capas encaja con las prácticas orientadas a objetos de hoy en día: todo el procesamiento tiene lugar por medio de los mensajes que se envían a los objetos y no mediante trozos de código asociados a cada objeto."*

4.3. Diagrama de clases del diseño

A continuación se muestra el diagrama de clase de diseño como parte del modelado del SIAPP. Donde se observa claramente, el uso del estilo arquitectónico de llamada-retorno, específicamente el patrón arquitectónico en capas, dividido en tres capas (Presentación, Lógica de Negocio y Acceso a Datos). En la capa de negocio se aplican los cinco patrones de diseño de asignación de responsabilidades más importantes (Controlador, Experto, Creador, Alta Cohesión y Bajo Acoplamiento). Los patrones de asignación de responsabilidades constituyen buenas prácticas del diseño. En la capa de acceso a datos se emplea el patrón Data Access Object (DAO). El DAO permite abstraer y encapsular todos los accesos a la fuente de datos. Permite además manejar la conexión con la fuente de datos para obtener y almacenar los mismos. En la capa de presentación se emplea el patrón fachada, donde todas las interfaces heredan de una general y le enmascara el código al usuario del sistema.

interactuar con él. Es por ello que se necesitan definir ciertos principios sobre la interfaz de usuario, los estándares de codificación y la concepción de la ayuda.

4.4.1. Interfaz de usuario

El diseño de interfaz de usuario es una tarea que ha adquirido relevancia en el desarrollo de un sistema. La calidad de la interfaz de usuario al igual que la arquitectura del software, puede ser uno de los motivos que conduzca al éxito o al fracaso del sistema. Una interfaz donde se apliquen los principios del diseño, se considera una interfaz efectiva, visualmente comprensible. Las interfaces efectivas ocultan al usuario el funcionamiento interno del sistema. Existen tres puntos de vistas distintos para diseñar una interfaz de usuario: el punto de vista del usuario, el punto de vista del programador, y el punto de vista del diseñador.

Para diseñar la interfaz de este sistema se tuvo en cuenta el punto de vista del usuario, al que se le hizo una entrevista basada en el prototipo no funcional del sistema. Además se tuvo en cuenta el punto de vista de los desarrolladores del sistema, teniendo presente la programación y como mostrar el acceso a las diferentes funcionalidades de forma sencilla.

Se ha propuesto para el sistema una interfaz sencilla, formal y uniforme, sin mucha carga de imágenes, proporcionando una vista agradable y a la vez informativa, con el objetivo de que el usuario pueda interpretar de forma eficiente y cómoda toda la información brindada por el sistema. Para lograr esto se tuvieron en cuenta algunos elementos como las propiedades de los colores y de la tipografía. Se utilizaron los colores estándares de Linux: gris, blanco y marrón en tonalidades claras, de forma que brinde una interfaz profesional y familiar para los usuarios.

Conforme a lo expresado anteriormente se diseño una interface principal desde la cual el usuario puede navegar hacia las distintas interfaces que dan solución a los casos de uso realizados por el sistema.

El sistema posee una barra de menú que permite el acceso rápido a las funcionalidades brindadas por el mismo. Las funcionalidades utilizan un ícono delante que ofrece mayor comprensión de lo que hace cada una de las funcionalidades y la fuente utilizada para las letras es sans 10 Pts.

A continuación se presenta una vista de la interface principal del sistema.



Fig. 4.2. Interface visual principal del sistema.

4.4.2. Concepción general de la ayuda del sistema

Una parte importante de todo sistema es la ayuda brindada al usuario, para proporcionarle un mayor entendimiento del software. El SIAPP brinda la ayuda en un fichero .chm; este fichero se encuentra ubicado en la carpeta de nombre "Help", en la raíz del sistema. La ayuda cuenta con una descripción de las funcionalidades del software. Cada funcionalidad responde a un epígrafe, de esta forma se logra una localización rápida y una comprensión clara y sencilla. En cada tópico como parte de la explicación de cada una de las funcionalidades del sistema, se especifican, cuales son los datos con los que trabaja y los resultados que devuelve cada método, conjuntamente de los errores trabajados en la aplicación. En los casos que la explicación textual sea insuficiente, se brindan gráficas y diagramas con una explicación simplificada de la funcionalidad.

Además se brinda una serie de documentos encaminados a describir los procesos de negocio para los cuales fue diseñada la aplicación.

4.5. Diagrama entidad-relación de la base de datos

A continuación se muestra el diagrama entidad-relación de las tablas de la base de datos, donde se puede ver que la base de datos está normalizada porque se encuentra en tercera forma normal. La

tercera forma normal plantea según Rosa María: que “Ocurre cuando una tabla está en segunda forma normal y además ningún atributo que no sea clave depende transitivamente de las claves de la tabla.

Es decir no ocurre cuando algún atributo depende funcionalmente de atributos que no son clave.” La misma autora plantea que la segunda forma normal “Ocurre si una tabla está en primera forma normal y además cada atributo que no sea clave, depende de forma funcional completa respecto de cualquiera de las claves”. Y que la primera forma normal “ocurre si impide que un atributo de una tupla pueda tomar más de un valor”.

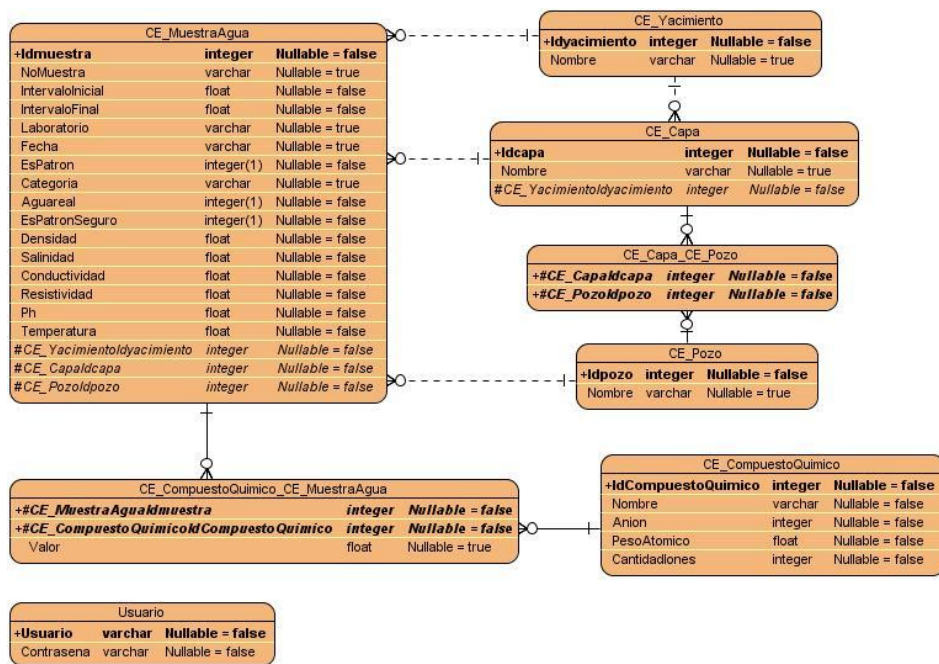


Fig. 4.3. Diagrama entidad-relación de la base de datos.

4.6. Descripción de las tablas de la base de datos

4.6.1. Descripción de la tabla “MuestraAgua”

Nombre	MuestraAgua	
Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a las muestras de aguas, información que es importante que persista para el buen funcionamiento del sistema.	
Atributos	Tipo	Descripción
idmuestra	INTEGER (autoincrement)	Es el campo identificativo de una muestra de agua, la llave primaria de la tabla.
NoMuestra	VARCHAR	Es el campo que guarda el número que le da el laboratorio al análisis

		realizado a una muestra de agua.
IntervaloInicial	FLOAT	Es el campo que guarda el intervalo inicial de donde se tomo la muestra de agua en un pozo.
IntervaloFinal	FLOAT	Es el campo que guarda el intervalo final de donde se tomo la muestra de agua en un pozo.
Laboratorio	VARCHAR	Es el campo que guarda el laboratorio que realizó el análisis de la muestra de agua
Fecha	VARCHAR	Es el campo que guarda la fecha en que se realizó el análisis a la muestra de agua
EsPatron	CHAR	Es el campo que identifica cuando un agua es un patrón determinado por el análisis de clúster, guarda valor 0 si la muestra no es patrón y 1 si lo es.
Categoría	VARCHAR	Es el campo que guarda la categoría que tendrá una muestra de agua
Aguareal	INTEGER	Identifica cuando es un agua real de la base de datos, o si es un agua producto del agrupamiento de dos clúster.
ESPatronSeguro	CHAR	Es el campo que identifica cuando un agua es un patrón determinado por el especialista, guarda valor 0 si la muestra no es patrón y 1 si lo es.
Densidad	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente a la densidad de la muestra de agua analizada.
Salinidad	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente a la salinidad de la muestra de agua analizada.
Conductividad	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente a la conductividad de la muestra de agua analizada.
Resistividad	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente a la resistividad de la muestra de agua analizada.
Ph	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente al ph de la muestra de agua analizada.
Temperatura	FLOAT	Es el campo que guarda la información referente a la temperatura de la muestra de agua analizada.
YacimientoidYacimiento	INTEGER	Es el campo que guarda la llave foránea de la tabla Yacimiento que indica el yacimiento de donde vino la muestra de agua
CapaidCapa	INTEGER	Es el campo que guarda la llave foránea de la tabla Capa que indica la capa de donde vino la muestra de agua
PozoidPozo	INTEGER	Es el campo que guarda la llave foránea de la tabla Pozo que indica el pozo de donde vino la muestra de agua

4.6.2. Descripción de la tabla “CompuestoQuimico”

Nombre	CompuestoQuimico
---------------	------------------

Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a los compuestos químicos de aguas, información que es importante que persista para el buen funcionamiento del sistema.	
Atributos	Tipo	Descripción
idCompuestoQuimico	INTEGER (autoincrement)	Es el campo identificativo de un compuesto químico, la llave primaria de la tabla.
Nombre	VARCHAR	Es el campo que guarda el nombre del compuesto químico.
Anión	INTEGER	Identifica si es un anión o un catión.
PesoAtomico	FLOAT	Es el campo que guarda el peso atómico del compuesto químico
CantidadIones	INTEGER	Es el campo que guarda la cantidad de iones del compuesto químico

4.6.3. Descripción de la tabla “Yacimiento”

Nombre	Yacimiento	
Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a los yacimientos, información que es importante que persista para el buen funcionamiento del sistema.	
Atributos	Tipo	Descripción
idyacimiento	INTEGER (autoincrement)	Es el campo identificativo de un yacimiento, la llave primaria de la tabla.
Nombre	VARCHAR	Es el campo que guarda el nombre del yacimiento.

4.6.4. Descripción de la tabla “Capa”

Nombre	Capa	
Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a las capas, información que es importante que persista para el buen funcionamiento del sistema.	
Atributos	Tipo	Descripción
idcapa	INTEGER (autoincrement)	Es el campo identificativo de una capa, la llave primaria de la tabla.
Nombre	VARCHAR	Es el campo que guarda el nombre de la capa.
Yacimientooid	INTEGER	Es el campo que guarda la llave foránea de la tabla Yacimiento que indica el yacimiento donde se encuentra la capa

4.6.5. Descripción de la tabla “Pozo”

Nombre	Pozo	
Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a los Pozos, información que es importante que persista para el buen funcionamiento del sistema.	
Atributos	Tipo	Descripción
idpozo	INTEGER	Es el campo identificativo de un pozo, la llave primaria de la tabla.

	(autoincrement)	
Nombre	VARCHAR	Es el campo que guarda el nombre del pozo.

4.6.6. Descripción de la tabla “Usuario”

Nombre	Usuario	
Descripción	Esta es la tabla que guarda la información referente a los usuarios que tienen permiso para realizar operaciones en el sistema	
Atributos	Tipo	Descripción
Usuario	VARCHAR	Es el campo identificativo de un usuario.
Contraseña	VARCHAR	Es el campo que guarda la contraseña asociada a un usuario.

4.7. Diagrama de componentes

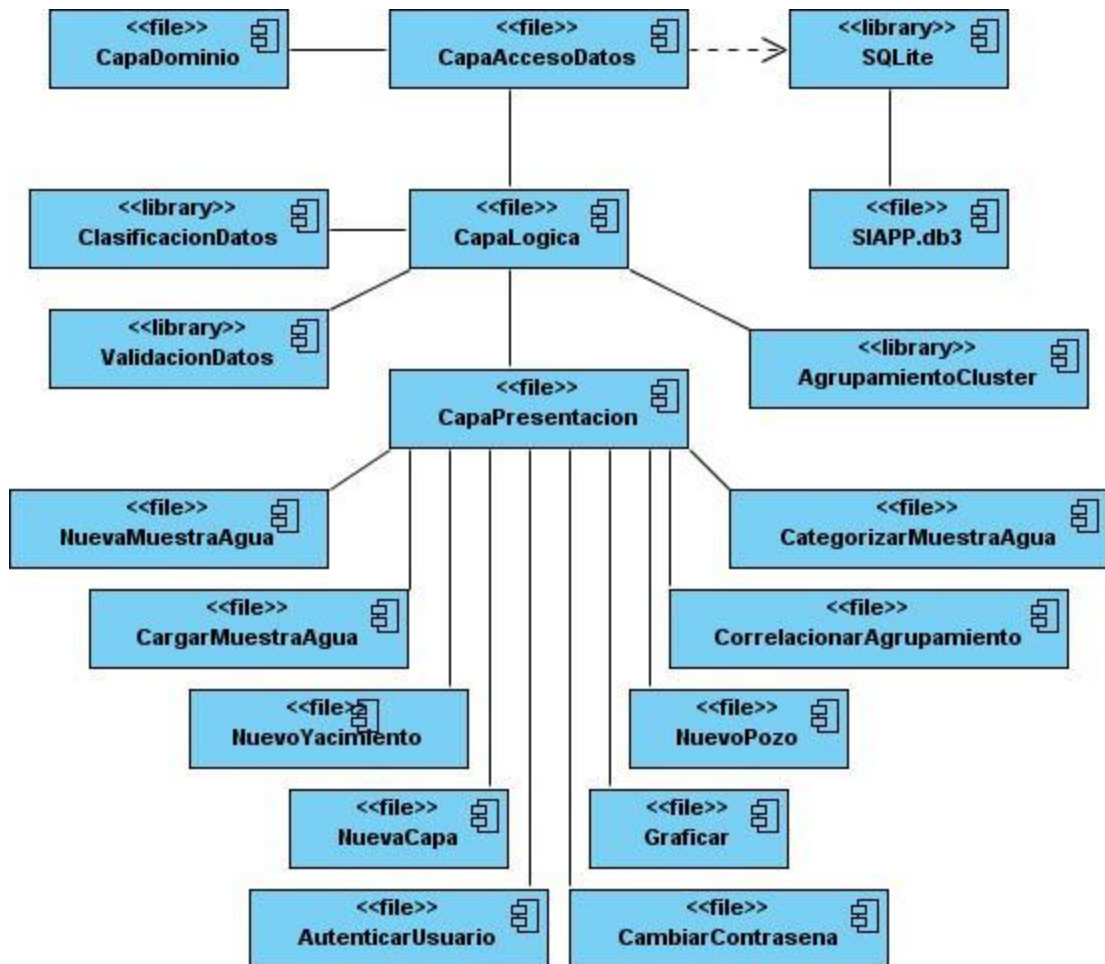


Fig. 4.4. Diagrama de componentes.

En el diagrama de componentes expuesto anteriormente, se muestra la relación entre los diferentes ficheros usados en la implementación del sistema. A continuación se describen los componentes más importantes para el sistema.

CapaPresentacion: Es el componente que contiene la clase controladora principal, la cual es encargada de redireccionar los mensajes proveniente de las interfaces a las clases controladoras correspondiente a cada caso de uso.

CapaLogica: Es el componente que contiene todas las clases de la lógica del negocio, las cuales son las encargadas de realizar las operaciones y solicitudes a la capa inferior para darle respuestas a los mensajes proveniente de la clase controladora principal.

CapaAccesoDato: Es el componente que contiene todas las clases encargada del mapeo a la base de datos, estas clases son las encargadas del manejo de todos los eventos relacionados con la base de datos abstrayendo a los programadores y usuarios del gestor de BD utilizado.

AgrupamientoCluster: Es la librería que se encarga de realizar las operaciones correspondiente al reconocimiento de patrones en el sistema.

ValidacionMuestraAgua: Es la librería que se encarga de realizar las operaciones correspondiente a la validación o corrección de los datos de una muestra de agua de acuerdo a los métodos implementados.

ClasificacionMuestraAgua: Es la librería que se encarga de realizar las operaciones correspondiente a la clasificación de los datos de una muestra de agua de acuerdo a los métodos implementados.

4.8. Pruebas del sistema propuesto

Las pruebas aunque pertenecen al penúltimo flujo de trabajo ingenieril de AUP, no quiere decir que sea lo último que se realiza. Se puede ir realizando pruebas desde la fase de inicio del software hasta la fase de construcción, siendo esta última fase donde tiene mayor volumen el flujo de trabajo de prueba. Las pruebas garantizan la calidad del producto software y se encargan de verificar el cumplimiento de los requisitos que se plantearon inicialmente. Las pruebas fundamentales son denominadas: pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra.

Las pruebas de caja blanca son: el tipo de pruebas de software que se realiza sobre las funciones internas de un módulo. Las pruebas de caja blanca están dirigidas a las funciones internas.

Las pruebas de caja negra son: el tipo de pruebas de software que ejercitan los requisitos funcionales desde el exterior del módulo. En este tipo de prueba solo interesa su forma de interactuar con el medio que le rodea, entendiendo “qué es lo que hace”, pero sin dar importancia a “cómo lo hace”. Por tanto, deben estar muy bien definidas sus entradas y salidas.

Al sistema propuesto, se le realizaron pruebas de caja negra. A continuación se muestra un caso de prueba realizado al caso de uso ingresar los datos de una nueva muestra de agua. Se entiende por caso de prueba, según la Ingeniería del software, al conjunto de condiciones o variables bajo las cuáles el analista determinará si el requisito de una aplicación es parcial o completamente satisfactorio.

Caso de prueba: CUS_IngresarDatosMuestraAgua

Entrada	Resultados	Condiciones
El especialista inserta todos los datos de una muestra de agua correctamente.	El sistema informa si algún validador dio error y pregunta si desea guardar la muestra de agua de todos modos. Si no desea guardar la muestra de agua, se muestra la interfaz principal.	La muestra de agua no ha sido añadida con anterioridad.

Entrada	Resultados	Condiciones
El especialista inserta todos los datos de una muestra incluyendo el identificador.	El sistema informa si algún validador dio error y pregunta si desea guardar la muestra de agua de todos modos. Si escoge que desea guardar el sistema muestra otro mensaje diciendo que ya existe una muestra de agua con ese identificado	Como la muestra de agua ha sido añadida con anterioridad el sistema muestra un mensaje informándolo.

Entrada	Resultados	Condiciones
---------	------------	-------------

El especialista inserta todos los datos de una muestra de agua correctamente.	El sistema informa que debe seleccionar un yacimiento, una capa y un pozo de donde se extrajo la muestra de agua.	La muestra de agua no ha sido añadida con anterioridad. Todos los validadores dieron correctamente.
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

Entrada	Resultados	Condiciones
El especialista inserta todos los datos de una muestra de agua correctamente.	El sistema informa que en el campo de los compuestos químicos solo se aceptan números.	La muestra de agua no ha sido añadida con anterioridad. Todos los validadores dieron correctamente.

Entrada	Resultados	Condiciones
El especialista no inserta ningún dato de la muestra de agua.	El sistema muestra un mensaje, especificando que debe introducir al menos el identificador de la muestra. Si entra solo el identificador le muestra un mensaje diciendo que debe ingresar el laboratorio. Si entra solo el identificador y el laboratorio muestra un cartel especificando que escoja un yacimiento.	La muestra de agua no ha sido añadida con anterioridad.

4.9. Conclusiones

Como resultado de este capítulo se definieron las clases de diseño y se representaron sus relaciones en el diagrama de clases del diseño. Se definieron igualmente las clases persistentes y se describieron como serán almacenadas en los ficheros generados por la aplicación. Se describieron además los principios de diseños seguidos para el sistema propuesto, profundizando específicamente en los temas de estándar de interfaz, concepción general de la ayuda y tratamiento de errores. Con la culminación de este capítulo, se tiene un sistema listo para ser probado, desplegado y realizarle el estudio de factibilidad.

Capítulo 5. Estudio de factibilidad del SIAPP

5.1. Introducción

En el presente capítulo se abordará todo lo relativo al estudio de la factibilidad del producto software que se ha desarrollado. Se ofrecerá una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, los beneficios tangibles e intangibles que reporta su elaboración. Y finalmente se realizará un análisis de los costos y los beneficios para concluir si es o no factible la implantación del sistema.

5.2. Planificación basada en casos de uso

Para la estimación del tamaño de un sistema a partir de sus requerimientos, una de las técnicas más difundidas es el Análisis de Puntos de Función. Esta técnica permite cuantificar el tamaño de un sistema en unidades independientes del lenguaje de programación, las metodologías, plataformas y/o tecnologías utilizadas [35].

Existe una relación natural entre los Puntos de Función y los Casos de Uso. Los Puntos de Función permiten estimar el tamaño del software a partir de sus requerimientos, mientras que los Casos de Uso permiten documentar los requerimientos del software. Ambos tratan de ser independientes de las tecnologías utilizadas para la implementación [35].

En etapas tempranas del desarrollo de un sistema se identifican los actores y los casos de uso, y se documenta cada uno de ellos mediante una breve descripción. Aplicando el Análisis de Puntos de Función a estos casos de uso, se podrá obtener una estimación inicial del tamaño y esfuerzo en el desarrollo del software [35].

Para llevar a cabo la estimación de tiempo y esfuerzo que se requiere para la implementación del sistema, se utilizó la técnica de estimación Análisis por Punto de Casos de Uso. Esta técnica de estimación permitió, teniendo bien definidos los actores y los casos de Uso, determinar el tiempo que se demoraría la creación del sistema. Para ello se calcula en el siguiente sub-epígrafe el UAW en dependencia de la cantidad y la complejidad de los actores.

5.2.1. Complejidad de los actores de acuerdo a su naturaleza.

Actores	Peso	Complejidad
Especialista	3	Complejo

Tabla. 5.1. Actores del sistema.

Tipo de actor	Descripción	Cant. * peso
Simple	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante una interfaz de programación (API, Application Programming Interface)	0*1
Medio	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante un protocolo o una interfaz basada en texto.	0*2
Complejo	Una persona que interactúa con el sistema mediante una interfaz gráfica.	1*3
Total		3

Tabla. 5.2. Complejidad de los actores.

5.2.2. Complejidad de los casos de uso de acuerdo al número de transacciones

En este sub-epígrafe se calcula el UUCW, teniendo en cuenta la complejidad de cada uno de los casos de uso, en dependencia de la cantidad de transacciones que cada uno contiene.

Tipo	Descripción	Peso	Cant. * peso
Simple	El Caso de Uso contiene de 1 a 3 transacciones	5	21*5
Medio	El Caso de Uso contiene de 4 a 7 transacciones	10	4*10
Complejo	El Caso de Uso contiene más de 8 transacciones	15	1*15
Total			160

Tabla. 5.3. Complejidad de los casos de uso.

Posteriormente a realizar las relaciones que anteriormente se detallan se procede a calcular el UUCP utilizando la fórmula **UUCP = UAW + UUCW**.

Donde:

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar

UAW: Factor de Peso de los Actores sin ajustar

UUCW: Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar

$$\mathbf{UUCP = UAW + UUCW = 3 + 160 = 163}$$

5.2.3. Ajustando los puntos de casos de uso

Una vez que tenemos los puntos de casos de uso sin ajustar procedemos a ajustarlo utilizando la fórmula **UCP = UUCP x TCF x EF**.

Donde:

UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar

TCF: Factor de complejidad técnica

EF: Factor de ambiente

Se comienza calculando el TCF. Este coeficiente se calcula mediante la cuantificación de un conjunto de factores que determinan la complejidad técnica del sistema. Cada uno de los factores se cuantifica con un valor de 0 a 5, donde 0 significa un aporte irrelevante y 5 un aporte muy importante. En la siguiente tabla se muestra el significado y peso de cada uno de estos factores.

Para calcular el TCF se utiliza la ecuación que a continuación se relaciona.

$$TCF = 0.6 + 0.01 * \Sigma (\text{Peso}_i * \text{Valor}_i) \text{ (Donde valor es un número entre 0 y 5).}$$

Significado de los valores:

0: No presente o sin influencia,

1: Influencia incidental o presencia incidental

2: Influencia moderada o presencia moderada

3: Influencia media o presencia media

4: Influencia significativa o presencia significativa

5: Fuerte influencia o fuerte presencia

Factor	Descripción	Peso	Valor	Comentario	$\Sigma (\text{Peso}_i * \text{Valor}_i)$
T1	Sistema distribuido	1	1	El sistema estará en una sola PC	1
T2	Objetivos de performance o tiempo de respuesta	2	1	El tiempo de respuesta debe ser el menor posible	2
T3	Eficiencia del usuario final	2	1	El sistema se basa en la eficiencia de las respuestas	2
T4	Procesamiento interno complejo	1	2	Hay pocos cálculos complejos	2
T5	El código debe ser reutilizable	3	1	El ha tratado que el código sea reutilizable	3
T6	Facilidad de instalación	0.5	1	Escasos requerimientos de facilidad de instalación	0.5
T7	Facilidad de uso	0.5	3	Normal	1.5

T8	Portabilidad	2	1	El sistema puede ser portable	2
T9	Facilidad de cambio	1	3	Se requiere un costo moderado de mantenimiento	3
T10	Concurrencia	1	0	No hay concurrencia	0
T11	Incluye objetivos especiales de seguridad	1	0	Seguridad normal	0
T12	Se requieren facilidades especiales de entrenamiento a los usuarios	1	1	Pocos usuarios internos, sistema fácil de usar.	1
Total					18

Tabla. 5.4. Factor de complejidad técnica.

TCF = 0.6 + 0.01 * 18 = 0.78.

A continuación se procede a calcular el EF utilizando la fórmula **EF = 1.4 - 0.03 * Σ (Peso_i * Valor_i)** (Donde Valor es un número del 0 al 5)

Factor	Descripción	Peso	Valor	Comentario	Σ (Peso _i * Valor _i)
E1	Familiaridad con el modelo de proyecto utilizado	1.5	5	El grupo está bastante familiarizado con el modelo	7.5
E2	Experiencia en la aplicación	0.5	5	se ha trabajado lo suficiente en ésta aplicación	2.5
E3	Experiencia en orientación a objetos	1	5	El grupo programa orientado a objetos	5
E4	Capacidad del analista líder	0.5	3	Cuenta con conocimientos medios	1.5
E5	Motivación	1	5	El grupo está altamente motivado	5
E6	Estabilidad de los requerimientos	2	3	Se esperan cambios	6
E7	Personal part-time	1	6	Nadie está a full-time	6
E8	Dificultad del lenguaje de programación	2	0	Se usará lenguaje C#	0
Total					32.5

Tabla. 5.5. Factor de ambiente.

EF = 1.4 - 0.03 * 32.5 = 0.425

Teniendo el valor de UUCP, TCF y EF, se puede calcular UCP.

$$\text{UCP} = 163 * 0.78 * 0.425 = 54.035$$

Calculando el esfuerzo de trabajo del flujo de Implementación, utilizando la fórmula $E = \text{UCP} * \text{CF}$.

Según Karner cada Punto de Casos de Uso requiere 20 horas – hombre. Posteriormente, surgieron otros refinamientos que proponen una granularidad algo más fina, según el siguiente criterio: [35]

- Se contabilizan cuántos factores de los que afectan al Factor de ambiente están por debajo del valor medio (3), para los factores de E1 a E6.
- Se contabilizan cuántos factores de los que afectan al Factor de ambiente están por encima del valor medio (3), para los factores E7 y E8.
- Si el total es 2 o menos, se utiliza el factor de conversión 20 horas – hombre / Puntos de Casos de Uso, es decir un Punto de Casos de Uso toma 20 horas – hombre.
- Si el total es 3 o 4, se utiliza el factor de conversión 28 horas – hombre / Puntos de Casos de Uso, es decir un Punto de Casos de Uso toma 28 horas – hombre.
- Si el total es mayor o igual que 5, se recomienda efectuar cambios en el proyecto, ya que se considera que el riesgo de fracaso del mismo es demasiado alto.

$$\text{Total}_{\text{EF}} = \text{Cant EF} < 3 \text{ (entre E1 –E6)} + \text{Cant EF} > 3 \text{ (entre E7, E8)}$$

$$\text{Total}_{\text{EF}} = 2 + 1$$

$$\text{Total}_{\text{EF}} = 3$$

$$\text{CF} = 28 \text{ horas-hombre}$$

Posteriormente se procede a calcular el Esfuerzo.

$$E = \text{UCP} * \text{CF}$$

$$E = 54.035 * 28 = 1512.98 \text{ horas-hombre}$$

El esfuerzo que se ha calculado hasta el momento es solo para el flujo de trabajo de implementación y a continuación se procede a calcular el esfuerzo para todo el ciclo de desarrollo del proyecto.

Actividad	% Esfuerzo	Valor Esfuerzo
Análisis	20%	756.49 horas-hombre
Diseño	20%	756.49 horas-hombre
Implementación	40%	1512.98 horas-hombre
Prueba	10%	378.245 horas-hombre
Sobrecarga	10%	378.245 horas-hombre

Total	100%	3782.45 horas-hombre
-------	------	----------------------

Tabla. 5.6. Esfuerzo para todo el ciclo de vida del proyecto.

Suponiendo que una persona trabaje 12 horas por día, y un mes tiene como promedio 30 días; la cantidad de horas que puede trabajar una persona en 1 mes es 360 horas.

Si $E_T = 3782.45$ horas-hombre y por cada 360 horas se tiene 1 mes eso daría un $E_T = 10.51$ mes-hombre.

Teniendo en cuenta que el proyecto fue realizado por 2 personas que emplearon el mismo esfuerzo y tiempo, se puede dar por concluido que el sistema se puede desarrollar en un tiempo de 5 meses y 7 días, sin tener en cuenta los inconvenientes que afectan de forma directa el desarrollo del proyecto.

5.3. Beneficios intangibles

Este sistema automatizado proporcionará cuantiosos beneficios al CEINPET y a otros centros que lo puedan utilizar, ejemplo: CUPET y EPEP. En la actualidad, en el CEINPET, no siempre se tomaban las decisiones correctas durante la perforación de un pozo petrolero, porque no existía una herramienta capaz de identificar correctamente las aguas que puede estar devolviendo el pozo. SIAPP contiene un conjunto de funcionalidades que permiten analizar muestras de aguas de diferentes formas, mediante gráficas, o simplemente a partir de los datos generales, físicos y químicas de la muestra. Además aumenta la eficiencia y precisión de los resultados obtenidos, porque ayuda al especialista a llegar a una conclusión o tomar una decisión rápidamente.

También se considera que este sistema conjuntamente con otros desarrollados para el mismo centro es el punto de partida para insertar a Cuba dentro del grupo de los principales países productores de petróleo.

5.4. Beneficios tangibles

El principal beneficio tangible que trae la implementación y puesta en práctica del sistema propuesto es que se pondrá a disposición del CEINPET y de otras empresas o instituciones dedicadas a la rama petrolera, una herramienta capaz de realizar de manera eficiente la identificación de muestras de aguas tomadas en pozos petroleros. Por el momento el sistema será para uso exclusivo de los centros del país, pero en un futuro luego de que se realicen otras versiones mejoradas se podría comercializar, siendo un ingreso económico más para el país.

5.5. Análisis de costos-beneficios

El sistema, en su actual nivel de terminación, ha sido catalogado de forma general como de mediana complejidad y a continuación se muestra un análisis para determinar su factibilidad:

- Los resultados tangibles e intangibles son relevantes.
- En cuanto a las funcionalidades previstas, esta versión contiene muchas características similares a las de sus homólogos a nivel mundial.
- El tiempo de desarrollo no es elevado, dando un estimado de 5.25 meses trabajando dos personas 12 horas diarias.
- Permite que sea comercializado en futuras versiones.

A pesar del costo y el esfuerzo necesarios para el desarrollo del sistema, los beneficios que reporta son superiores. SIAPP tiene gran impacto para el CEINPET, ayudando con sus funcionalidades a mejorar los procesos llevados a cabo en dicho centro, en cuanto a la identificación de las muestras de aguas. Por tanto, al hacer un análisis y comparar las estimaciones de costos y esfuerzo contra los aportes que reporta el sistema, se considera económicamente factible el desarrollo de esta aplicación.

5.6. Conclusiones

En este capítulo se efectuó de manera rigurosa una estimación del esfuerzo y los costos del proyecto, guiada por el análisis por puntos de casos de uso. El sistema se desarrolló, por un grupo de desarrollo de 2 integrantes, en un tiempo de desarrollo de 5 meses y 7 días aproximadamente, según el método de estimación Análisis por Puntos de Casos de Uso. Teniendo un UUCP = 163, un TCF = 0.78, un EF = 0.425, un E = 1512.98 para el FT Implementación y un E = 3782.45 horas-hombres, para el desarrollo del proyecto completo. Además de exponer cuáles son los beneficios tangibles e intangibles de sistema, así como el análisis de costo-beneficio.

Conclusiones generales

Luego de explicados los conceptos y teoría necesarios se facilitó la comprensión de las temáticas tratadas. Se abordaron temas referentes a las técnicas de reconocimiento de patrones, haciendo énfasis en la técnica de análisis de clúster. El empleo de la técnica de análisis de clúster en el sistema, facilitó en gran medida parte del proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros.

Se abordaron los métodos de clasificación de las muestras de agua en cuanto a su composición química. Los métodos de clasificación de muestras de aguas implementados como parte de las funcionalidades del sistema, ayudarán a los especialistas a tener una visión más amplia del proceso de identificación de aguas. Se abordaron además los métodos de validación y/o corrección implementados en el sistema. Estos métodos son las funcionalidades del sistema que permiten controlar que el resultado del análisis químico de una muestra de agua realizado en el laboratorio, sea correcto.

Además de los métodos de clasificación y validación y/o corrección de las muestras de aguas, el sistema permite graficar, como otro elemento clave, a tener en cuenta dentro del proceso de identificación de las aguas. Para escoger las gráficas a emplear en el sistema, se hizo un estudio previo de los principales diagramas hidroquímicos empleados para graficar modelos de aguas. Finalmente el sistema graficará empleando dos tipos de diagramas: el de Stiff y el de DeFrancesco. Esta dos gráficas permitirán a los especialistas tener una mejor visión del tipo de agua analizada y además ayudarán a tomar una decisión certera en cuanto a la búsqueda de petróleo en un determinado pozo.

Se recalca en el presente documento, la importancia que tiene para la industria petrolera en el país, la creación de un sistema automatizado como éste, a través de la explicación detallada del objeto de estudio. Este sistema no solo satisface las necesidades del CEINPET, sino que puede satisfacer las necesidades de EPEP Centro, EPEP Occidente, EPEP Majagua y CUPET. Se hace además un recorrido por los principales sistemas automatizados análogos que existen en Cuba y otros encontrados en el mundo, llegando a la conclusión de que ninguno satisface las necesidades existentes en el CEINPET y demostrando además la necesidad de implementar un nuevo sistema.

Se logró desarrollar un nuevo sistema totalmente libre, que puede ser distribuido fácilmente y soluciona el problema identificado, a partir de la situación problemática existente en el CEINPET. Para la

construcción del sistema se emplearon tecnologías y herramientas, tales como: la metodología AUP, el lenguaje de modelado UML, la herramienta CASE Visual Paradigma, el lenguaje de programación C#, entorno de desarrollo MonoDevelop, framework MONO y gestor de base de datos SQLite. Estas herramientas y tecnologías garantizaron la obtención de un producto software multiplataforma.

Se logró modelar y construir un sistema, amigable, sencillo, de fácil manipulación para los usuarios de mismo. Un sistema de buena apariencia, con estructura de las interfaces claras y bien distribuidas. Un sistema eficiente, capaz de brindar respuestas en el menor tiempo posible y con calidad. Además de ser un sistema fiable, capaz de informar al usuario los errores, inmediatamente que son producidos. Un sistema que estará disponible para los usuarios en todo momento.

Para el diseño y construcción del sistema se tuvo en cuenta el patrón arquitectónico en capas, combinado con patrones de diseño. Esto facilitó una mayor reutilización del código y organización de las funcionalidades del sistema. De esta forma se garantiza mayor tiempo de vida útil del sistema.

Inicialmente se estimó que el sistema se desarrollaría en un tiempo de cinco meses y siete días aproximadamente. Luego de culminado el proyecto se concluye que el mismo fue desarrollado en el tiempo que fue planificado.

Recomendaciones

El sistema propuesto resuelve en gran medida las necesidades existentes en el CEINPET, aunque aún quedan funcionalidades que no se implementaron en esta primera versión, por esta razón se recomienda que se desarrolle una segunda versión, que incluya un sistema experto capaz de proponer una clasificación operativa de la muestra de agua, a partir del análisis de varios parámetros.

Se recomienda que se preparen programadores para que sean capaces de realizar una segunda versión.

Se recomienda que el sistema propuesto se integre con otros sistemas existentes en el CEINPET, a través de una plataforma de servicios, con una base de datos centralizada.

Referencias Bibliográficas

- [1]. J.R. Fagundo Castillo, P. González Hernández, E. Alvarez Varela, G. Tillán, I. Vinardell Granda, J. Fagundo-Sierra, M. Suárez Muñoz, C. Melián Rodríguez, Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional (MINSAP), Centro Nacional de Investigaciones Cient. *SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS*. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/sist._inf._calidad_de_agua.pdf.
- [2]. Definición de análisis de estabilidad. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] <http://www.definicion.org/analisis-de-estabilidad>.
- [3]. Centro Nacional de Investigación Científica. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] <http://www.cnic.edu.cu/>.
- [4]. Centro nacional de termalismo Víctor Santamarina. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://bvs.sld.cu/revistas/res/vol13_1_00/res09100.htm.
- [5]. CEINPET. [En línea] [Consultado el: 13 de enero de 2009.] <http://www.energia.inf.cu/instituciones/ceinpet.html>.
- [6]. Sánchez Rodríguez, Luis, y otros. *Análisis químico y calidad de las aguas minerales*. Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina". [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] <http://fagundojr.com/documentos/Conferencia%205.pdf>.
- [7]. *Sistema Automatizado para el control de la calidad de las aguas*. Informe final del proyecto. Centro nacional de termalismo Víctor Santamarina (CENTERVISA). Centro de hidrología y calidad de las aguas (CENHICA) . [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/informe_final_inrh_1.pdf.
- [8]. *Diagramas Hidroquímicos*. www.bdh.org.ar. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://www.bdh.org.ar/azul/common/themes/azul/help/Diagramas_Hidroqu_micos.htm.
- [9]. Porro Muñoz, Diana y Nuñez Cuadra, Oneisys. junio 2007. *Sistema de Herramientas Quimiométricas para el preprocesamiento y la clasificación de datos químicos espectrales*. (Quimiometrix). Ciudad de La Habana : Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Facultad de Ingeniería Industrial. Centro de Estudios de Ingeniería y Sistemas., junio 2007.
- [10]. *Análisis de Cluster y Multidimensional Scaling*. halweb.uc3m.es. [En línea] [Consultado el: 13 de febrero de 2009.] <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema5am.pdf>.

- [11]. Ramos Álvarez, Manuel Miguel. *Curso de Análisis de investigaciones con programas Informáticos. Análisis de datos procedentes de investigaciones mediante programas informáticos.* [En línea] [Consultado el: 13 de febrero de 2009.] http://www4.ujaen.es/~mramos/Cursos/CSPSS/CSPSS_10_MANOVA.pdf.
- [12]. Krasnov, M. Kiseliyov, A. Makarenko, G. Shikin, E.. *Curso de Matemática Superior para Ingenieros.* Editorial Felix Varela. La Habana, Cuba. 2005. Cap 1, Cap 4.
- [13]. Diccionario de la lengua española. [En línea] [Citado el: 4 de marzo de 2009.] <http://www.wordreference.com/definicion/hidrocarburo>
- [14]. Jacobson, Ivar. Booch, Grady. Rumbaugh, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo.* Vol I, Vol II. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 2004.
- [15]. Larman, Craig. *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos.* Tomo I, tomo II. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 2004.
- [16]. Pressman, Roger. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico.* Vol I, vol II. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 2004.
- [17]. Johnsonbaugh, Richard. *Matemáticas Discretas.* 4ª ed. Prentice Hall. Mexico, 1999. ISBN: 970-17-0253-0. Cap 11.
- [18]. SQLite Latino América. [En línea] [Consultado el: 17 de marzo de 2009] <http://sqlite-latino.blogspot.com/>
- [19]. SQLite. [En línea] [Consultado el: 17 de marzo de 2009] <http://www.sqlite.org/>
- [20]. Los diagramas de UML 2.0. [En línea] [Consultado el: 23 de marzo de 2009] http://www.economicasunp.edu.ar/02-EGrado/materias/trelew/analisis_sistemas%20/info/uml2%20diagrama.pdf
- [21]. Anache, Ilver. Moreno, Joel. *OMG UML 2.0 – Marcando un hito en el desarrollo de software.* AVATAR S:R:L. Lima, 2005. [En línea] [Consultado el: 23 de marzo de 2009] <http://www.avatar-global.com/website/articulos/AVATAR%20-%20Articulo%20OMG%20UML%202.pdf>
- [22]. Fagundo Castillo, Dr. Juan Reynerio. *Contribuciones al desarrollo de la hidrogeoquímica.* [CD] [En línea] [Consultado el: 23 de marzo de 2009] www.fagundojr.com/index.php
- [23]. *The web's most extensive mathematics resource.* Wolfram MathWorld [En línea] [Consultado el: enero - febrero de 2009.] <http://mathworld.wolfram.com/>.
- [24]. 18 AGUAS SUBTERRANEAS. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] <http://www.galeon.com/geologiayastronomia/geo18.pdf>.

- [25]. Övergaard, Gunnar. Palmkvist, Karin. *Use Cases Patterns and Blueprints*. Addison Wesley Professional, November 12, 2004. ISBN: 0-13-145134-0.
- [26]. Ciclo del agua . [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://www.ina.gov.ar/cartillas_edu/cartilla_3.htm.
- [27]. Instituto venezolano de Investigaciones tecnologicas e Industriales. [En línea] [Consultado el: 23 de enero de 2009.] http://www.investi.com.ve/pages/info_corp_02.php.
- [28]. pdvsa. [En línea] [Consultado el: 23 de ENERO de 2009.] http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenuprinc.tpl.html&newsid_temas=21.
- [29]. INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO. Información general. [En línea] [Consultado el: 13 de enero de 2009.] <http://www.smf.mx/Catalogo04/MEXICO/IMP/imp.html>.
- [30]. Introducción al Análisis Multivariante. [En línea] [Citado el: 20 de enero de 2009.] <http://ciberconta.unizar.es/LECCION/anamul/inicio.html>.
- [31]. Fundamentos para el cálculo y diseño de estructuras metálicas de acero laminado [En línea] [Citado el: 19 de Enero de 2009] <http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Acuiferos/Definicion.asp>
- [32]. Definiciones. [En línea] [Citado el: 4 de marzo de 2009.] <http://www.definiciones.com.mx/definicion/A/agua/>.
- [33]. C Sharp. [En línea] [Citado el: 4 de mayo de 2009] http://es.wikipedia.org/wiki/C_Sharp.
- [34]. Ayuda extendida de Rational (Rational Unified Process).
- [35]. Peralta, M. Estimación del esfuerzo basada en casos de uso. \\ceis\clases\pregrado\IngSoftw1\Clases\Conf08 Planificación y Estimación\Estimación del esfuerzo basada en casos de uso.pdf (01/06/2006).

Anexos

Anexo 1. Entrevistas realizadas al Director de Producción del CEINPET.

Anexo 1.1. Entrevista #1

Esta entrevista fue realizada al director de producción del CEINPET con el objetivo de obtener un conocimiento sobre el proceso de identificación de aguas en pozos petroleros.

1. ¿Cómo se realiza actualmente en el CEINPET el proceso de identificación de aguas encontradas en pozos petroleros?
2. ¿Quién es el que solicita la identificación de un tipo de agua?
3. ¿El informe final como es entregado al que solicita la identificación del agua, mediante un documento por correo, teléfono, e-mail u otro medio?
4. ¿En qué categorías se clasifica las aguas encontradas en pozos petroleros, cuántos tipos existen?
5. ¿Quiénes son las personas responsables de realizar esta función en el CEINPET?
6. ¿Cuáles son las dificultades que presentan a la hora de realizar este proceso y que se esperan reducir y/o eliminar con el sistema a desarrollar?
7. ¿Para qué se usa exactamente la herramienta SACAN? ¿Qué ayuda brinda realmente el SACAN al proceso de identificación de aguas?
8. ¿Cuáles son los diagramas con los que se trabaja en este proceso, solo los que ofrece SACAN o existen otros?
9. ¿Cuáles son las funcionalidades que debería tener el sistema, o sea que debería hacer el nuevo sistema?
10. ¿Se tiene conocimiento de alguna otra herramienta que sirva para este tipo de problema?

Anexo 1.2. Entrevista #2

Esta entrevista fue realizada al director de producción del CEINPET con el objetivo de validar las funcionalidades que se implementaron en el sistema. De la misma manera se obtuvo la descripción y algoritmos de los distintos métodos de validación y/o corrección de datos y clasificación de muestras de aguas atendiendo a su composición química.

1. ¿Del prototipo no funcional, cuáles son sus impresiones, qué desea que se cambie o se agregue?
2. En el análisis de iones predominantes se toman los valores por encima del 20%, ¿con cuál valor se trabaja en el CEINPET, es el mismo u otro?
3. A la hora de calcular la dureza de una muestra de agua cuales son los valores que se utilizan, como se realiza el cálculo y que clasificación toma el agua de acuerdo a la interpretación del mismo.
4. La clasificación por PALMER, se desea que este en el sistema, de ser así, como se determina la misma.
5. ¿Qué clasificaciones puede tomar una muestra de agua de acuerdo a la clasificación por SULIN, cuales son los valores que se emplean y como se interpretan los resultados?
6. ¿Qué clasificaciones puede tomar una muestra de agua con respecto a la salinidad, cuales son los valores que se emplean y como se interpretan los resultados?
7. ¿Qué clasificaciones puede tomar una muestra de agua con respecto al grado del ph?
8. Cómo se haya la relación de equivalencia entre la salinidad y densidad de una muestra de agua en el CEINPET.
9. A la hora de realizar el análisis de aniones-cationes se toman los valores por encima del 10 % para que haya error en los datos, ese mismo valor es el utilizado en el CEINPET o es otro, de ser así, diga cuál.
10. Cómo se realiza en análisis de estabilidad iónica en el CEINPET.
11. Cómo se haya la relación de equivalencia entre la conductividad y la resistividad de una muestra de agua en el CEINPET.
12. De las clasificaciones y validaciones planteadas anteriormente, existe alguna que desee eliminar u otra nueva no planteada que quiera incorporar.
13. A cuáles otras empresas además del CEINPET cree usted que le pueda interesar este sistema para su utilización.
14. Qué otras mañas puede usted ofrecernos desde la entrevista anterior que puedan ayudar a la hora del trabajo con las muestras de aguas.

Anexo 1.3. Entrevista #3

Esta entrevista fue realizada con el objetivo de validar el sistema y obtener las impresiones del director de producción del CEINPET, como parte de las pruebas de aceptación.

1. ¿Cuáles son sus impresiones del sistema?
2. ¿Está satisfecho con las funcionalidades entregadas?
3. La información se muestra de la siguiente manera. ¿Desea que se visualice de otra manera?
4. ¿Qué otras funcionalidades desea usted que se tengan en consideración para la segunda versión del producto?

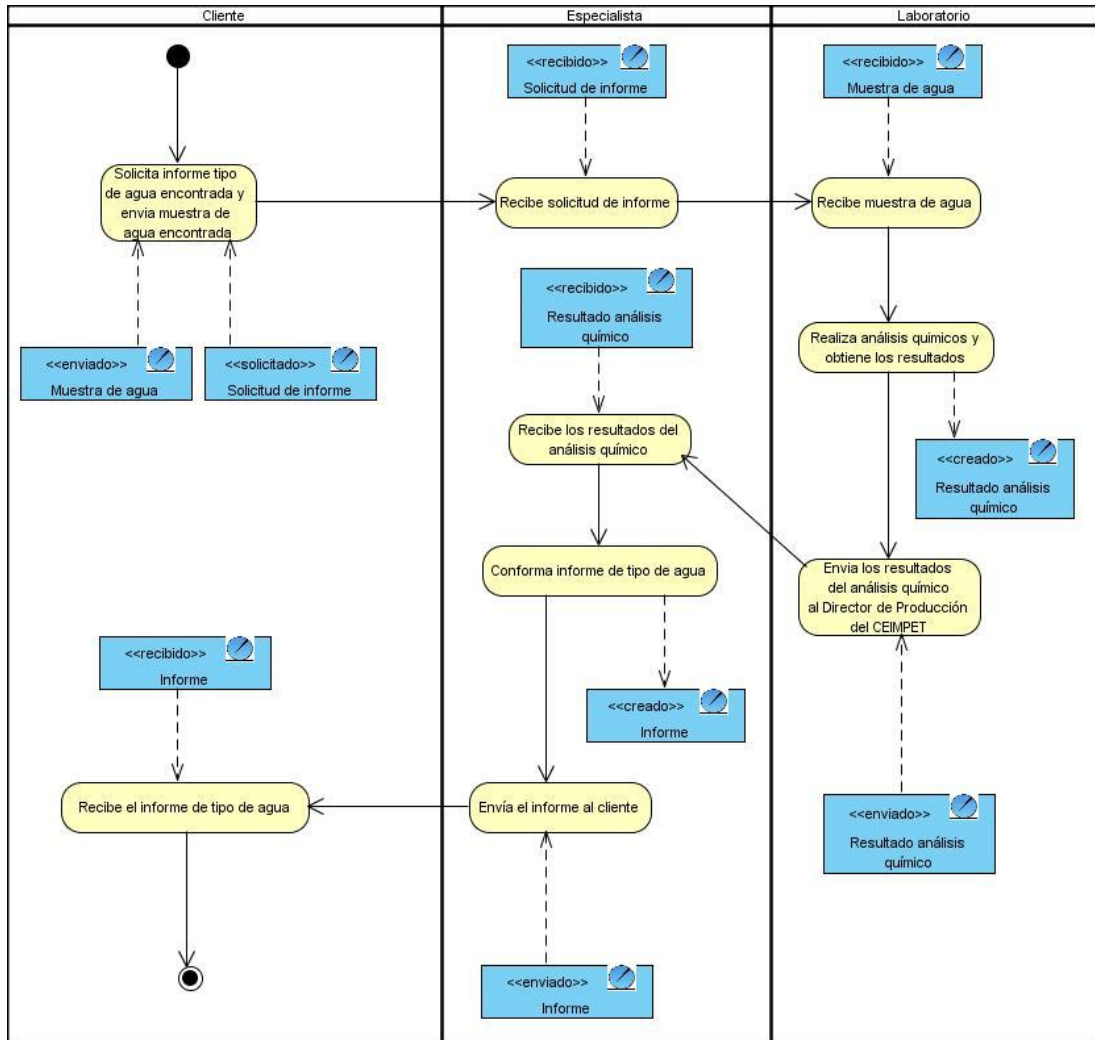
Anexo 2. Ejemplo de cómo calcular la matriz de covarianza

Dadas las entradas del vector-fila: $X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{bmatrix}$ donde X_{11} hasta X_{nn} son variables

aleatorias, la matriz de covarianza Σ es la matriz cuya entrada es la covarianza: $\Sigma_{ij} = E[(X_i - \mu_i)(X_j - \mu_j)]$ donde $\mu_i = E(X_i)$ es el valor esperado de la entrada en esa posición del vector X . En otras palabras la matriz de covarianza sería:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} E[(X_1 - E(X_1))(X_1 - E(X_1))] & E[(X_1 - E(X_1))(X_2 - E(X_2))] & \dots & E[(X_1 - E(X_1))(X_n - E(X_n))] \\ E[(X_2 - E(X_2))(X_1 - E(X_1))] & E[(X_2 - E(X_2))(X_2 - E(X_2))] & \dots & E[(X_2 - E(X_2))(X_n - E(X_n))] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E[(X_n - E(X_n))(X_1 - E(X_1))] & E[(X_n - E(X_n))(X_2 - E(X_2))] & \dots & E[(X_n - E(X_n))(X_n - E(X_n))] \end{bmatrix}$$

Anexo 3. Diagrama de actividades del caso de uso del negocio



Anexo 4. Descripción de los casos de uso del sistema

Anexo 4.1: Descripción del CUS “IngresarDatosMuestraAgua”

Caso de Uso:	IngresarDatosMuestraAgua
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de una nueva muestra de agua
Precondiciones:	-
Referencias	RF1, RF1.1, RF1.2, RF2.

Prioridad	critica	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El especialista selecciona la opción de “Nueva muestra de agua” en el menú principal.	2. El sistema visualiza el formulario para introducir los valores de los datos de la muestra de agua. Y activa la opción “Guardar” del menú principal.	
3. El especialista llena los campos y da clic en “Guardar” del menú principal.	<p>4. El sistema valida que los datos de los campos estén correctos y sean del tipo apropiado.</p> <p>4.1. Si hay 1 campo no valido el sistema informa al especialista. (ir al flujo alterno “ErrorTipoDatos”).</p> <p>5. El sistema invoca al caso de uso “ValidarDatosMuestraAgua” (ver Anexo 4.2).</p> <p>5.1. Si 1 de los validadores da error informa al especialista (ir al flujo alterno “ErrorValidacion”).</p> <p>6. El sistema guarda los datos de la muestra de agua en la base de datos y termina el caso de uso.</p>	
Flujo Alterno “ErrorTipoDatos”		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
	1. El sistema informa al especialista cual campo falta y le pide que lo arregle.	
2. El especialista revisa los campos, arregla aquellos que estén mal y da clic en “Guardar” del menú principal.	3. El sistema continúa con el flujo normal a partir del paso 4.	
Flujo Alterno “ErrorValidacion”		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
	1. El sistema pregunta al especialista cuales validadores dieron error y le pregunta si	

	desea guardar la muestra con los datos actuales.
<ol style="list-style-type: none"> Si el especialista escoge “si”, continúa el flujo normal de los eventos a partir del paso 6. Si el especialista escoge “no” ir al flujo alterno “ArreglarDatos” 	

Flujo Alterno “ArreglarDatos”

Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<ol style="list-style-type: none"> El especialista revisa los campos, arregla aquellos que estén mal y da clic en “Guardar” del menú principal. 	<ol style="list-style-type: none"> El sistema continúa con el flujo normal a partir del paso 5.

Interface

The screenshot shows a software window titled "Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros". The interface includes several input fields and a table:

- # de la muestra:** Text input field.
- Densidad:** Text input field.
- Intervalo:** Two text input fields.
- Laboratorio:** Text input field.
- Fecha muestreo:** Text input field.
- Fecha analisis:** Text input field.
- Ph:** Text input field.
- Conductividad:** Text input field.
- Temperatura:** Text input field.
- Elementos:** A table with two columns: "Elementos" and "Valores". The "Elementos" column lists: CL, HCO3, SO4, CO3, NO3, Na, Ca, Mg, K, Fe, OH, NO2, HS, BO2.
- Yacimiento:** Text input field.
- Capa:** Text input field.
- Pozo:** Text input field.
- Radio buttons:** "Es patrón" and "No es patrón".
- Calendars:** Two calendar widgets for date selection.

Poscondiciones	Los datos quedarán almacenados en la base de datos.
-----------------------	-----------------------------------------------------

Anexo 4.2: Descripción del CUS “ValidarDatosMuestraAgua”

Caso de Uso:	ValidarDatosMuestraAgua
---------------------	-------------------------

Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del caso de uso "IngresarDatosMuestraAgua". Este caso de uso es el que permite validar los datos de una muestra de agua de acuerdo con una serie de análisis con el objetivo de validar los datos del laboratorio correspondiente al análisis químico realizado.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en los campos correspondientes mostrador como parte del caso de uso base.
Referencias	RF1; RF1.1; RF1.2
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toma los datos pasados por el especialista en el caso de uso base 2. Crea una instancia de cada uno de los validadores correspondiente a: <ul style="list-style-type: none"> • AnionesCationes. (ver Anexo 4.3) • DensidadSalinidad. (ver Anexo 4.4) 3. Devuelve una lista con los Validadores, los cuales tienen la información correspondiente a cada análisis.
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondiciones	

Anexo 4.3: Descripción del CUS “AnálisisAnionesCationes”

Caso de Uso:	AnálisisAnionesCationes
Actores:	
Resumen:	El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del caso de uso “ValidarDatosMuestraAgua”. Este caso de uso es el que permite validar los datos de una muestra de agua de acuerdo a la relación de aniones -cationes
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde

	a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua.
Referencias	RF1; RF1.1
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista los campos correspondientes a los aniones y halla la suma total de ellos. 2. El sistema toma de la lista los campos correspondientes a los cationes y halla la suma total de ellos. 3. El sistema halla la relación $((\text{sumCationes} - \text{sumAniones}) / (\text{sumCationes} + \text{sumAniones})) * 100$. 3.1. Si el resultado es mayor que 5, (ir al flujo alternativo "Error"). 4. El sistema devuelve como valor true, indicando que la validación por ese método no tuvo errores
Flujo Alternativo "Error"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como valor false, indicando que la validación por ese método tuvo errores
Poscondiciones	

Anexo 4.4: Descripción del CUS "AnálisisDensidadSalinidad"

Caso de Uso:	AnálisisDensidadSalinidad
Actores:	
Resumen:	El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del caso de uso "ValidarDatosMuestraAgua". Este caso de uso es el que permite validar los datos de

	una muestra de agua de acuerdo a la relación de densidad-salinidad.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua.
Referencias	RF1; RF1.2
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista los campos correspondientes a la densidad, la salinidad y la temperatura. 2. El sistema calcula la relación entre la salinidad y la densidad de acuerdo a la temperatura utilizada. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Si la igualdad entre densidad y salinidad no se cumple, (ir al flujo alterno "Error"). 3. El sistema devuelve como valor true, indicando que la validación por ese método no tuvo errores
Flujo Alternativo "Error"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 2. El sistema devuelve como valor false, indicando que la validación por ese método tuvo errores
Poscondiciones	

Anexo 4.5: Descripción del CUS "MostrarInformeMuestraAgua"

Caso de Uso:	MostrarInformeMuestraAgua
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea visualizar la información correspondiente a una muestra de agua cargada en memoria
Precondiciones:	La muestra de agua debe de estar previamente cargada

Referencias	RF8, RF4, RF5, RF7.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema verifica que haya una muestra cargada en memoria. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si hay una muestra cargada, el sistema activa la opción “Mostrar informe”, ir al paso 2 del flujo normal. 1.2. Si no hay una muestra cargada, el sistema no activa la opción “Mostrar informe”, ir al paso 6 del flujo normal.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista selecciona la opción de “Mostrar informe” en el menú principal. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema toma los datos de la muestra de agua y los muestra. 4. El sistema toma las validaciones de los distintos validadores, (ver Anexo 4.2) y muestra sus resultados. 5. El sistema toma las clasificaciones de los distintos clasificadores, (ver Anexo 4.7) y muestra sus resultados. 6. Termina el caso de uso.
Flujo Alternativo “NoAguaCargada”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza el caso de uso “CargarDatosMuestraAgua”, (ver Anexo 4.6). 2. El sistema continúa con el flujo normal de los eventos a partir del paso 3.
Interface	

poscondiciones	

Anexo 4.6: Descripción del CU “CargarDatosMuestraAgua”

Caso de Uso:	CargarDatosMuestraAgua
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando sistema debe cargar una muestra de agua en memoria para el trabajo con la misma. El mismo muestra una lista de muestras de aguas previamente buscadas de acuerdo a unos parámetros, de dicho listado el especialista selecciona la muestra que desea cargar.
Precondiciones:	-
Referencias	RF6, RF9.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	1. El sistema ejecuta el caso de uso “MostrarListaMuestraAguas” (ver Anexo

	4.8).
2. El especialista selecciona la muestra que desea cargar en memoria y da clic en “Cargar”	3. El sistema carga la muestra de agua en la memoria y termina el caso de uso.
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondiciones	

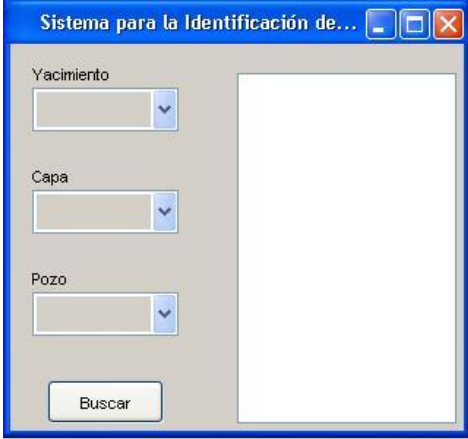
Anexo 4.7: Descripción del CU “ClasificarMuestraAgua”

Caso de Uso:	ClasificarMuestraAgua
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia como caso de uso incluido del caso de uso “MostrarInformeMuestraAgua”. Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo a los métodos de clasificación empleados
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua.
Referencias	RF3.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crea una instancia de cada uno de los clasificadores correspondiente a: <ul style="list-style-type: none"> • ClasificacionSulin. (ver Anexo 4.9). • ClasificacionGradoSalinidad. (ver Anexo 4.10). • ClasificacionPh. (ver Anexo 4.11). • ClasificacionGradoDureza. (ver Anexo 4.12). • ClasificacionIonesPredominantes. (ver Anexo 4.13). 2. Devuelve una lista con los Validadores, los

	cuales tienen la información correspondiente a cada análisis
Flujo Alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondiciones	

Anexo 4.8: Descripción del CU “MostrarListaMuestraAgua”

Caso de Uso:	MostrarListaMuestraAgua
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el sistema debe mostrar un listado con las muestras de aguas obtenidas de la base de datos.
Precondiciones:	Los parámetros de filtrado deben de haber sido pasados desde el caso de uso base
Referencias	RF9.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un formulario para que el usuario escriba el yacimiento, capa y pozo de donde vino la muestra con el objetivo de simplificar la búsqueda.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista introduce los parámetros de filtrado y da clic en “Buscar” 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema obtiene de la base de datos todas las muestras de aguas que cumplan con los parámetros de filtrado introducidos por el especialista. 4. El sistema conforma una lista con las muestras de aguas obtenidas. 5. El sistema muestra en una lista los numero de muestra de las muestras de aguas obtenidas. 6. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno	

Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<p>Interface</p> 	
<p>Poscondiciones</p>	

Anexo 4.9: Descripción del CU “ClasificacionSulin”

Caso de Uso:	ClasificacionSulin
Actores:	-
Resumen:	Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo al método de Sulin.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua más los datos físicos de la misma.
Referencias	RF3; RF3.1
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista los campos correspondientes al valor del sodio y el cloruro. 2. El sistema hace la relación sodio/cloruro. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Si la relación es < 1, ir al flujo alterno “Mayor1Paso1”. 3. El sistema toma de la lista los campos

	<p>correspondientes al valor del magnesio.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. El sistema haya la relación (cloruro-sodio)/magnesio <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Si la relación es < 1, ir al flujo alterno "Menor1Paso1". 5. El sistema devuelve como clasificación "Cloromagnesiana" 6. Si la relación sodio/cloruro está entre 0.95 y 1.05 devuelve además "Agua de transición". 7. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno "Mayor1Paso1"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista los valores correspondientes al sulfato. 2. El sistema haya la relación (sodio-cloruro)/sulfato. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Si la relación < 1, ir al flujo alterno "Mayor1Paso2". 3. El sistema devuelve como clasificación "Hidrocarbonatada sódica" 4. El sistema continúa con el flujo normal de eventos a partir del paso 6.
Flujo Alterno "Mayor1Paso2"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como clasificación "Sulfato sódica" 2. El sistema continúa con el flujo normal de eventos a partir del paso 6.
Flujo Alterno "Menor1Paso1"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como clasificación "Clorocálcica"

	2. El sistema continúa con el flujo normal de eventos a partir del paso 6.
Poscondiciones	

Anexo 4.10: Descripción del CU “ClasificacionGradoSalinidad”

Caso de Uso:	ClasificacionGradoSalinidad
Actores:	-
Resumen:	Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo al método de Grado de salinidad.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua más los datos físicos de la misma.
Referencias	RF3; RF3.3
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista el valor correspondiente a la salinidad. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si la salinidad >1, ir al flujo alterno “1-25” 2. El sistema devuelve como clasificación “Dulce o fresca” 3. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno “1-25”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la salinidad no está entre 1 y 25 ir al flujo alterno “25-50”. 2. El sistema devuelve como clasificación “Salobre”. 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno “25-50”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la salinidad no está entre 25 y 50 ir al flujo alterno "Mayor50". 2. El sistema devuelve como clasificación "Salobre". 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "Mayor50"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como clasificación "Salmuera dura o fuerte". 2. Termina el caso de uso
Poscondiciones	

Anexo 4.11: Descripción del CU "ClasificacionPh"

Caso de Uso:	ClasificacionPh
Actores:	-
Resumen:	Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo al método de Grado de Ph.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua más los datos físicos de la misma.
Referencias	RF3; RF3.5
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista el valor correspondiente al ph. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si $ph > 3.5$, ir al flujo alterno "3.5-5.5". 2. El sistema devuelve como clasificación "Fuertemente ácida" 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "3.5-5.5"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si el ph no está entre 3.5 y 5.5 ir al flujo alterno "5.5-6.8" 2. El sistema devuelve como clasificación "Ácida" 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "5.5-6.8"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si el ph no está entre 5.5 y 6.8 ir al flujo alterno "6.8-7.2" 2. El sistema devuelve como clasificación "Débilmente ácida" 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "6.8-7.2"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si el ph no está entre 6.8 y 7.2 ir al flujo alterno "7.2-8.5" 2. El sistema devuelve como clasificación "Neutra" 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "7.2-8.5"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si el ph no está 7.2 y 8.5 ir al flujo alterno "Mayor8.5" 2. El sistema devuelve como clasificación "Débilmente básica". 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno "Mayor8.5"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como clasificación "Básica". 2. Termina el caso de uso

Poscondiciones	
-----------------------	--

Anexo 4.12: Descripción del CU “ClasificacionGradoDureza”

Caso de Uso:	ClasificacionGradoDureza
Actores:	-
Resumen:	Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo al método de Grado de dureza.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua más los datos físicos de la misma.
Referencias	RF3; RF3.4
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista el valor correspondiente al calcio y al magnesio. 2. El sistema haya la relación de Ca+Mg <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Si la relación > 1.5, ir al flujo alterno “1.5-3”. 3. El sistema devuelve como clasificación “Muy blanda”. 4. Termina el caso de uso
Flujo Alterno “1.5-3”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la relación no está entre 1.5 y 3 ir al flujo alterno “3-6” 2. El sistema devuelve como clasificación “Blanda”. 3. Termina el caso de uso
Flujo Alterno “3-6”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la relación no está entre 3 y 6 ir al flujo alterno “6-10”

	<ol style="list-style-type: none"> 2. El sistema devuelve como clasificación "Media". 3. Termina el caso de uso
Flujo Alternativo "6-10"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la relación no está entre 6 y 10 ir al flujo alternativo "Mayor10" 2. El sistema devuelve como clasificación "Dura". 3. Termina el caso de uso
Flujo Alternativo "Mayor10"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema devuelve como clasificación "Muy dura". 2. Termina el caso de uso
Poscondiciones	

Anexo 4.13: Descripción del CU "Clasificación de Lones Predominantes"

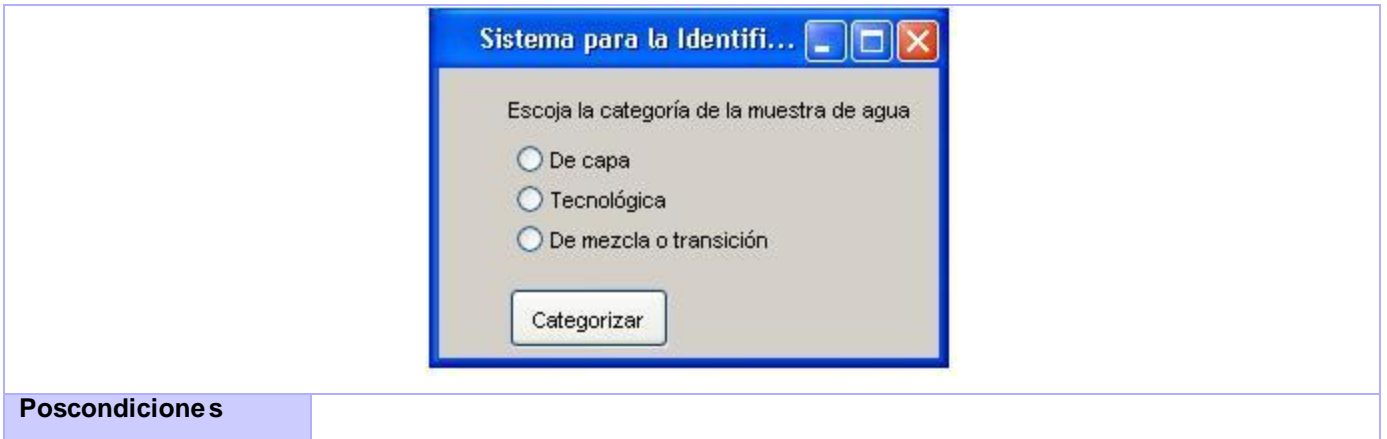
Caso de Uso:	Clasificación de Lones Predominantes
Actores:	-
Resumen:	Este caso de uso es el que se encarga de devolver las clasificaciones de la muestra de aguas de acuerdo al método de lones predominantes.
Precondiciones:	Los datos deben de haber sido pasados en una lista donde cada posición corresponde a un campo correspondiente de los compuestos químicos de una muestra de agua más los datos físicos de la misma.
Referencias	RF3; RF3.2
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la lista el valor correspondiente a los aniones y los cationes.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. El sistema crea una lista con las clasificaciones para cada uno de los aniones y cationes. 3. El sistema convierte los valores de cada uno de los aniones y cationes al por ciento que estos ocupan del total de aniones y el total de cationes. 4. Ordena las lista de mayor a menor comparando con las lista que guardan los valores de los aniones y cationes. 5. Recorre la lista y toma de la lista de las clasificaciones de los aniones aquellas clasificaciones cuyo valor en la lista de valores de aniones este por encima de 10. 6. Recorre la lista y toma de la lista de las clasificaciones de los cationes aquellas clasificaciones cuyo valor en la lista de valores de cationes este por encima de 10. 7. Une las cadenas de caracteres y las devuelve al caso de uso base. 8. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondiciones	

Anexo 4.14: Descripción del CU “CategorizarMuestraAgua”

Caso de Uso:	CategorizarMuestraAgua
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea darle una categoría a la muestra de agua cargada en memoria.
Precondiciones:	La muestra de agua debe de estar previamente cargada.
Referencias	RF10
Prioridad	crítica

Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema verifica que haya una muestra cargada. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si no hay una muestra, ir al flujo alterno "NoHayCargada". 1.2. Si hay una muestra cargada el sistema habilita la opción "Categorizar muestra de agua".
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista selecciona la opción de "Categorizar muestra de agua" en el menú. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema muestra un formulario con las tres categorías que se le puede dar a una muestra de agua para que el usuario seleccione que categoría quiere darle a la muestra de agua.
<ol style="list-style-type: none"> 4. El especialista selecciona la categoría que desea darle a la muestra de agua y da clic en "Categorizar". 	<ol style="list-style-type: none"> 5. El sistema toma la categoría seleccionada por el especialista y agrega este valor a la base de datos a la muestra de agua correspondiente y termina el caso de uso.
Flujo Alterno "NoHayCargada".	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema no habilita la opción de "Categorizar muestra de agua". 2. Termina el caso de uso.
Interface	



Poscondiciones

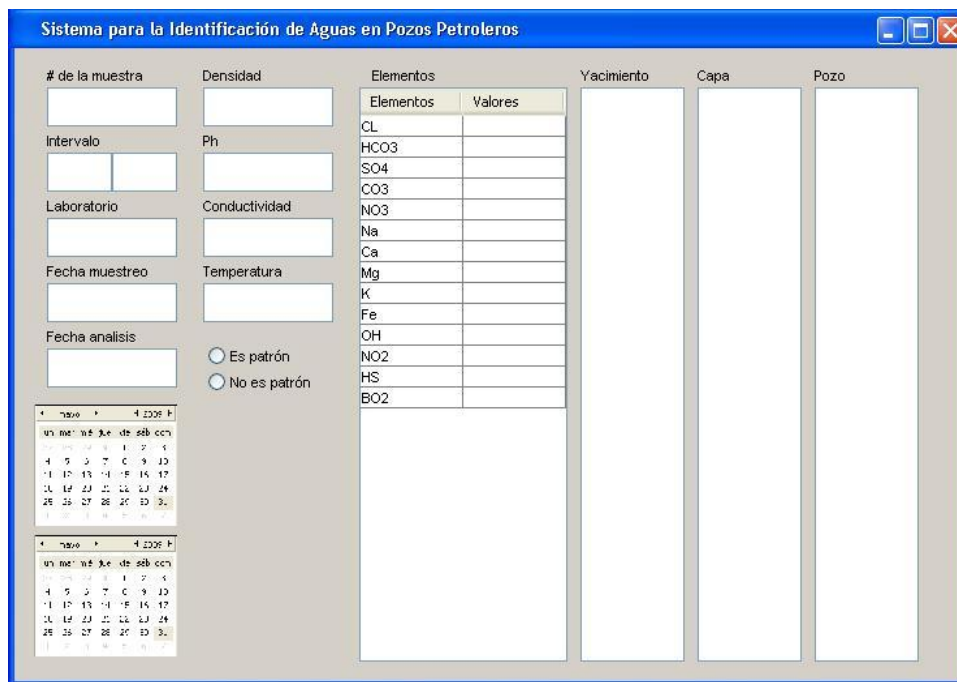
Anexo 4.15: Descripción del CU “ActualizarDatosMuestraAgua”

Caso de Uso:	ActualizarDatosMuestraAgua
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea modificar los datos de una muestra de agua ya existente en la base de datos
Precondiciones:	La muestra tiene que estar previamente cargada en memoria, sección 4.6.
Referencias	RF11, RF7.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema verifica que exista un agua cargada en memoria. 5.1. Si no hay agua cargada en memoria, ir al flujo alternativo “NoCargada”. 5.2. Si hay una muestra cargada en memoria el sistema habilita la opción “Actualizar muestra de agua”.
2. El especialista selecciona la opción de “Actualizar muestra de agua” en el menú principal.	3. El sistema visualiza el formulario y pone los valores de los datos de la muestra de agua cargada. Y activa la opción “Guardar datos” del menú principal.
4. El especialista llena los campos y da clic en	5. El sistema valida que los datos de los

<p>“Guardar datos” del menú principal.</p>	<p>campos estén correctos y sean del tipo apropiado.</p> <p>3.1. Si hay 1 campo no valido el sistema informa al especialista (ir al flujo alterno “ErrorTipoDatos”).</p> <p>6. El sistema invoca al caso de uso “ValidarDatosMuestraAgua” (ver Anexo 4.2).</p> <p>6.1. Si 1 de los validadores da error informa al especialista (ir al flujo alterno “ErrorValidacion”).</p> <p>7. El sistema guarda los datos de la muestra de agua en la base de datos y termina el caso de uso.</p>
<p>Flujo Alterno “NoCargada”</p>	
<p>Acción del Actor</p>	<p>Respuesta del Sistema</p>
	<p>1. El sistema no habilita la opción “Actualizar muestra de agua”.</p> <p>2. Termina el caso de uso.</p>
<p>Flujo Alterno “ErrorTipoDatos”</p>	
<p>Acción del Actor</p>	<p>Respuesta del Sistema</p>
<p>1. El especialista revisa los campos, arregla aquellos que estén mal y da clic en “Guardar datos” del menú principal.</p>	<p>2. El sistema continúa con el flujo normal a partir del paso 4.</p>
<p>Flujo Alterno “ErrorValidacion”</p>	
<p>Acción del Actor</p>	<p>Respuesta del Sistema</p>
	<p>1. El sistema pregunta al especialista si desea guardar la muestra con los datos actuales.</p>
<p>2. Si el especialista escoge “si”, continúa el flujo normal de los eventos a partir del paso 6.</p> <p>3. Si el especialista escoge “no” ir al flujo alterno</p>	

"ArreglarDatos"	
Flujo Alterno "ArreglarDatos"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El especialista revisa los campos, arregla aquellos que estén mal y da clic en "Guardar datos" del menú principal.	2. El sistema continúa con el flujo normal a partir del paso 5.

Interface



Poscondiciones	Los datos de la muestra de agua serán actualizados en la base de datos.
-----------------------	-------------------------------------------------------------------------

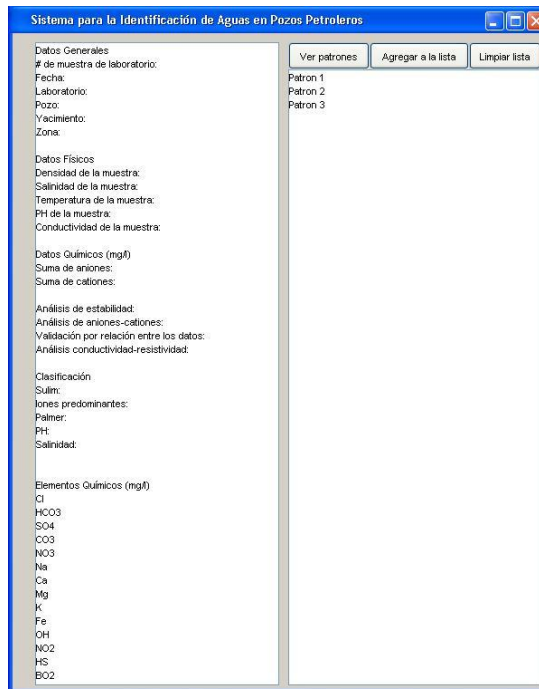
Anexo 4.16: Descripción del CU "CorrelacionarMuestraAgua"

Caso de Uso:	CorrelacionarMuestraAgua
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea correlacionar una muestra de agua con un grupo de patrones obtenido previamente mediante la técnica de reconocimiento de patrones análisis de clúster.
Precondiciones:	La muestra tiene que estar previamente cargada en memoria, sección 4.6.
Referencias	RF14; RF14.1; RF14.2; RF 14.3; RF14.4; RF14.5.
Prioridad	crítica

Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<p>1. El sistema verifica que exista un agua cargada en memoria.</p> <p>2.1. Si no hay agua cargada en memoria, ir al flujo alterno “NoCargada”.</p> <p>2.2. El sistema habilita la opción “Correlacionar” del menú.</p>
<p>2. El especialista selecciona la opción “Buscar patrones” del menú “Correlacionar”.</p> <p>a. El especialista selecciona la opción “Realizar nuevo agrupamiento”. (ver Anexo 4.17).</p> <p>b. El especialista selecciona la opción “Trabajar con los patrones existentes. (ver Anexo 4.18)</p> <p>c. El especialista selecciona la opción “Usar patrones reales determinados por el especialista”. (ver Anexo 4.19)</p>	
<p>3. El especialista selecciona la muestra de agua patrón con el cual quiere correlacionar la muestra de agua por los datos. Ir al flujo alterno “CorrelacionarDatos” y da clic en “Correlacionar Datos”.</p> <p>4. El especialista selecciona las muestras de aguas patrones con las cual quiere correlacionar la muestra de agua por graficas. Ir al flujo alterno “CorrelacionarGraficas”.</p>	
Flujo Alterno “NoCargada”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<p>1. El sistema no habilita la opción</p>

	<p>“Correlacionar”.</p> <p>2. Termina el caso uso.</p>
Flujo Alterno “CorrelacionarDatos”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<p>1. El sistema muestra un informe tanto de la muestra de agua cargada como la del patrón seleccionado, (ver Anexo 4.6) y termina el caso de uso.</p>
Flujo Alterno “CorrelacionarGraficas”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<p>1. El especialista selecciona los patrones con los que quiere correlacionar la muestra de agua y da clic en el botón “Agregar a la lista”.</p>	<p>2. El sistema agrega las muestras de aguas patrones seleccionadas a la lista de patrones por graficar.</p>
<p>3. El especialista inicializa el caso de uso “GraficarMuestraAgua”. (ver Anexo 4.20)</p>	

Interface



Poscondiciones	
-----------------------	--

Anexo 4.17: Descripción del CU “RealizarAgrupamiento”

Caso de Uso:	RealizarAgrupamiento	
Actores:	-	
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el sistema debe mostrar la lista de los patrones de muestra de agua previamente buscado mediante la técnica de reconocimiento de patrones análisis de clúster.	
Precondiciones:	-	
Referencias	RF14.1.	
Prioridad	crítica	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma las muestras de agua de la base de datos y las desmarca como patrones. 2. El sistema realiza el análisis de clúster para determinar nuevos patrones. (ver Anexo 4.21) 3. El sistema marca las muestras de aguas devueltas como patrones como patrones. 4. El sistema devuelve la lista y termina el caso de uso. 	
Poscondiciones		

Anexo 4.18: Descripción del CU “TomarPatronesExistentes”

Caso de Uso:	TomarPatronesExistente
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el sistema debe mostrar la lista de los patrones de muestra de agua existentes en la base de datos.
Precondiciones:	-
Referencias	RF15
Prioridad	crítica

Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma todas las muestras de agua de la base de datos en que al menos uno de los campos que indica si es patrón y si es patrón real sea True. 2. El sistema devuelve la lista y termina el caso de uso.
Poscondiciones	

Anexo 4.19: Descripción del CU “TomarPatronesReales”

Caso de Uso:	TomarPatronesReales
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el sistema debe mostrar solo la lista de los patrones de muestra de agua determinados por el especialista existentes en la base de datos.
Precondiciones:	-
Referencias	RF16
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema toma todas las muestras de agua de la base de datos en que solo el campo que determina si es patrón real sea True. 4. El sistema devuelve la lista y termina el caso de uso.
Poscondiciones	

Anexo 4.20: Descripción del CU “GraficarMuestraAgua”

Caso de Uso:	GraficarMuestraAgua
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea visualizar unas muestras de aguas de acuerdo a una grafica específica.

Precondiciones:	Las muestras de aguas a graficar deben de estar en una lista guardadas.
Referencias	RF15; RF15.1; RF15.2;
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista selecciona el tipo de grafica que desea construir en el menú. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si escoge "Stiff" ir al flujo alterno "Stiff" 1.2. Si escoge "Defrancesco" ir al flujo alterno "Defrancesco". 	
Flujo Alterno "Stiff"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema construye la grafica correspondiente al diagrama de Stiff de las muestras de agua de la lista. 2. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno "Defrancesco"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema construye la grafica correspondiente al diagrama de Defrancesco de las muestras de agua de la lista. 2. Termina el caso de uso.
Poscondiciones	

Anexo 4.21: Descripción del CU "AgruparCluster"

Caso de Uso:	AgruparCluster
Actores:	-
Resumen:	El caso de uso se inicia como caso de uso extendido del caso de uso "RealizarAgrupamiento".
Precondiciones:	Debe de haber sido pasado el parámetro de error que es el que destormará hasta

	cuantas interacciones se hará análisis de clústeres.
Referencias	RF14; RF14.2; RF14.3; RF14.4; RF14.5.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema calcula la distancia todos los clústeres con todos y los pone en una matriz. 2. El sistema busca los clústeres cuya distancia sea la menor en la matriz. 3. El sistema une los dos clústeres en uno nuevo. 4. Realiza todo el proceso desde el paso 1 mientras que la distancia menor de la matriz sea menor que el error. 5. Obtiene los clústeres de cada grupo más cercano al patrón del mismo grupo. 6. Devuelve en una lista estos clústeres. 7. Termina el caso de uso.
Flujo Alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondicione s	

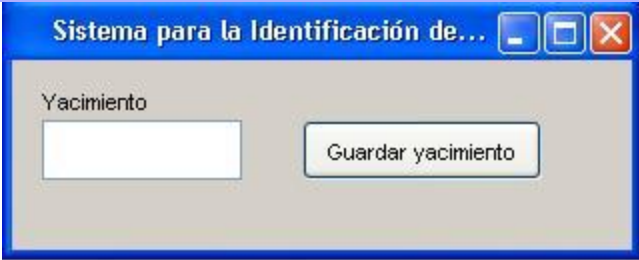
Anexo 4.22: Descripción del CU “GestionarContexto”

Caso de Uso:	GestionarContexto
Actores:	Especialista
Resumen:	Este caso de uso es el que permite gestionar el contexto geológico de donde viene una muestra de agua
Precondiciones:	-
Referencias	RF13; RF13.1; RF13.2; RF13.3; RF13.4; RF13.5; RF13.6; RF13.7; RF13.8.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

<ol style="list-style-type: none"> 1. El especialista selecciona la acción que desea realizar en el menú. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Si escoge “Nuevo Yacimiento”. (ver Anexo 4.23) 1.2. Si escoge “Nueva Capa”. (ver Anexo 4.24) 1.3. Si escoge “Nuevo Pozo”. (ver Anexo 4.25) 	
Flujo Alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Poscondiciones	


Anexo 4.23: Descripción del CU “IngresarYacimiento”

Caso de Uso:	IngresarYacimiento
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de un nuevo yacimiento en la base de datos.
Precondiciones:	-
Referencias	RF13; RF13.1.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema visualiza un formulario para ingresar el nombre del nuevo yacimiento.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista introduce el nombre y da clic en “Guardar yacimiento”. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema guarda en la base de datos el nuevo yacimiento. 4. Termina el caso de uso
Flujo Alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Interface	

	
Poscondiciones	

Anexo 4.24: Descripción del CU “IngresarCapa”

Caso de Uso:	IngresarCapa
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de una nueva capa en la base de datos
Precondiciones:	-
Referencias	RF13; RF13.2; RF13.4.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la base de datos los yacimientos y los visualiza en una lista, junto con el campo para que el usuario introduzca el nombre de la capa.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista selecciona el yacimiento en donde estará la capa e introduce el nombre de la misma en el campo correspondiente y da clic en “Guardar capa”. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. El sistema guarda en la base de datos la nueva capa. 3. Termina el caso de uso
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Interface	

	
Poscondiciones	

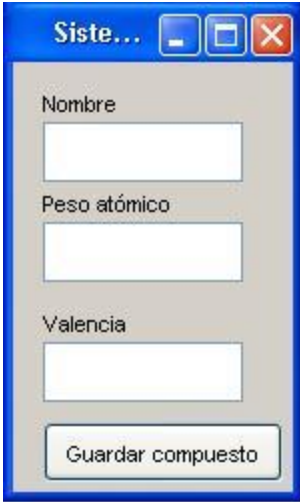
Anexo 4.25: Descripción del CU “IngresarPozo”

Caso de Uso:	IngresarPozo
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de un pozo en la base de datos.
Precondiciones:	-
Referencias	RF13; RF13.3; RF13.6.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema toma de la base de datos los yacimientos y los visualiza en una lista.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista selecciona el yacimiento donde está el pozo. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema toma de la base de datos las capas que corresponden al yacimiento seleccionado por el especialista y las visualiza en una lista, junto con el campo para que el usuario introduzca el nombre del pozo.
<ol style="list-style-type: none"> 4. El especialista selecciona la capa en donde estará el pozo e introduce el nombre del mismo en el campo correspondiente y da clic en “Guardar pozo”. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. El sistema guarda en la base de datos el nuevo pozo. 6. Termina el caso de uso
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

Interface	
Poscondiciones	


Anexo 4.26: Descripción del CU “AdicionarNuevoCompuestoQuimico”

Caso de Uso:	AdicionarNuevoCompuestoQuimico
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea guardar los datos de un nuevo compuesto químico en la base de datos.
Precondiciones:	-
Referencias	RF12.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El especialista selecciona la opción de “Agregar nuevo compuesto químico”, en el menú.	2. El sistema visualiza un formulario para ingresar el nombre del nuevo compuesto, el peso atómico y la cantidad de iones del mismo.
3. El especialista introduce los datos y da clic en “Guardar compuesto”.	4. El sistema valida los datos introducidos 4.1. Si hay error en los datos, ir al flujo alterno “ErrorDatos”. 5. El sistema guarda en la base de datos el nuevo compuesto.

	6. Termina el caso de uso
Flujo Alternativo "ErrorDatos"	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	1. El sistema advierte al especialista que hay error en uno de los datos.
2. El especialista corrige el error y da clic en "Guardar compuesto"	3. El sistema continúa el flujo normal de los eventos a partir del paso 4.
Interface	
	
Poscondiciones	

Anexo 4.27: Descripción del CU "AutenticarUsuario"

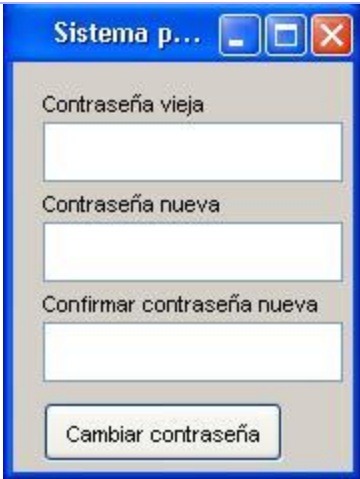
Caso de Uso:	AutenticarUsuario
Actores:	Especialista
Resumen:	El caso de uso se inicia al ejecutarse la aplicación, para poder trabajar las funcionalidades del mismo el usuario debe primero escribir una contraseña para validar que es la persona encargada de trabajar con la aplicación.
Precondiciones:	-
Referencias	RF18.
Prioridad	crítica
Flujo Normal de Eventos	

Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra una interface donde se pide al especialista que introduzca la contraseña. Los caracteres no serán visibles y se mostrará un símbolo “*” para cada carácter de la contraseña.
<ol style="list-style-type: none"> 2. El especialista teclea la contraseña y da clic en el botón “Autenticar” 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema valida que la contraseña sea válida. <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Si no es válida, ir al caso de uso alternativo “ContraseñaNoValida”. 4. El sistema valida las funcionalidades de la aplicación.
Flujo Alterno “ContraseñaNoValida”	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema informa al especialista que la contraseña introducida no es válida. 2. El sistema continúa con el flujo normal de los eventos a partir del paso 2.
<p>Interface</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Poscondiciones	Se validan las funcionalidades de la aplicación.

Anexo 4.28: Descripción del CU “CambiarContraseña”

Caso de Uso:	CambiarContraseña
Actores:	Especialista

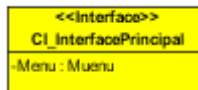
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea actualizar la contraseña existente para el inicio de la aplicación.	
Precondiciones:	El especialista previamente debe haberse autenticado en el sistema	
Referencias	RF19.	
Prioridad	crítica	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El especialista selecciona la opción de “Cambiar contraseña de inicio de uso del sistema” en el menú “Opciones”	2. El sistema muestra una interface donde se pide al especialista que introduzca la contraseña vieja y la nueva. Los caracteres no serán visibles y se pondrá un símbolo “*” para cada carácter de la contraseña. 3. El sistema valida que la contraseña sea válida. 3.1. Si no es válida, ir al caso de uso alterno “ContraseñaNoValida”. 4. El sistema actualiza la contraseña y termina el caso de uso	
Flujo Alterno “ContraseñaNoValida”		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
	1. El sistema informa al especialista que la contraseña introducida no es válida. 2. El sistema continúa con el flujo normal de los eventos a partir del paso 2.	
Interface		

	
Poscondiciones	La contraseña será actualizada en la base de datos.

Anexo 5: Descripción de las clases del diseño

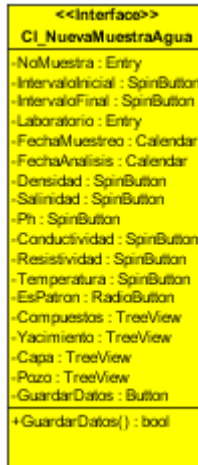
Anexo 5.1: Clases interfaces

Anexo 5.1.1: CI_InterfacePrincipal



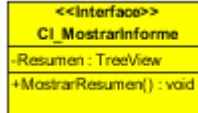
Es la interface que se carga al iniciarse el sistema, presenta una introducción al usuario de las funcionalidades del programa así como ofrecer una vista agradable sobre el tema.

Anexo 5.1.2: CI_MuestraAgua



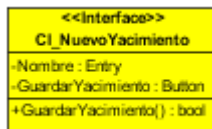
Es la interface que se encarga de visualizar el formulario para que el usuario entre los datos de una muestra de agua, sobre esta misma interface se cargan los datos de la muestra de agua que se quiere modificar.

Anexo 5.1.3: CI_MostrarInforme



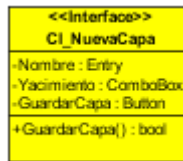
Es la interface que se encarga de mostrar el resumen de los datos de una muestra de agua además de ofrecer el formulario para permitir darle una categoría a la muestra de agua.

Anexo 5.1.4: CI_NuevoYacimiento



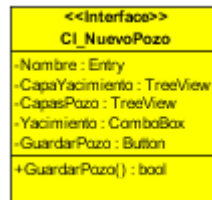
Es la interface que se encarga de visualizar un formulario para que el usuario pueda entrar los datos de un nuevo yacimiento.

Anexo 5.1.5: CI_NuevaCapa



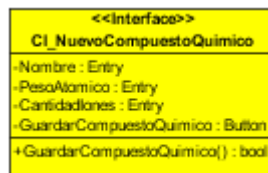
Es la interface que se encarga de visualizar un formulario para que el usuario pueda entrar los datos de una nueva capa.

Anexo 5.1.6: CI_NuevoPozo



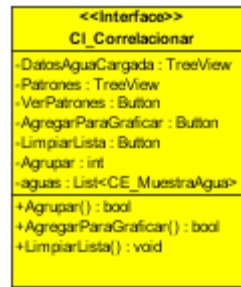
Es la interface que se encarga de visualizar un formulario para que el usuario pueda entrar los datos de un nuevo pozo.

Anexo 5.1.7: CI_NuevoCompuestoQuimico



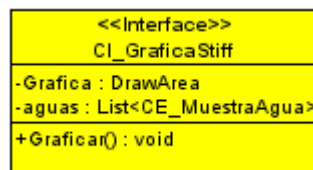
Es la interface que se encarga de visualizar un formulario para que el usuario pueda entrar los datos de un nuevo elemento químico.

Anexo 5.1.8: CI_Correlacionar



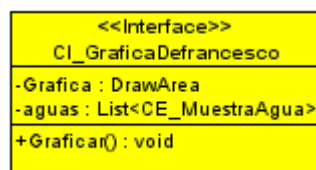
Es la interface que se encarga de mostrar la información referente al agrupamiento, el usuario primero selecciona si quiere realizar un nuevo agrupamiento o no y luego se le muestran los patrones junto con dos formularios, uno para correlacionar por datos muestra de agua – patrón de muestra de agua, y un 2do para correlacionar por gráfica de Stiff o Defrancesco.

Anexo 5.1.9: CI_Stiff



Es la interface que se encarga de visualizar la gráfica correspondiente al diagrama de Stiff

Anexo 5.1.10: CI_Defrancesco



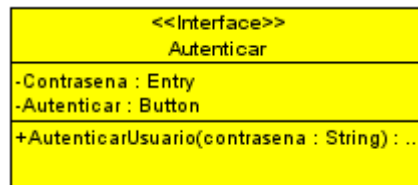
Es la interface que se encarga de visualizar la gráfica correspondiente al diagrama de Defrancesco.

Anexo 5.1.11: CI_ListarMuestraAguas



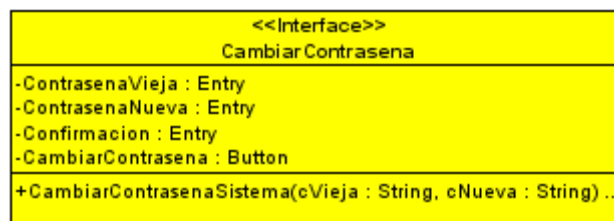
Es la interface que se encarga de mostrar la lista de muestras de aguas de acuerdo a los parámetros de filtrados pasados por el usuario.

Anexo 5.1.12: CI_Autenticar



Es la interface que se encarga de pedir la contraseña para el inicio del trabajo en la aplicación.

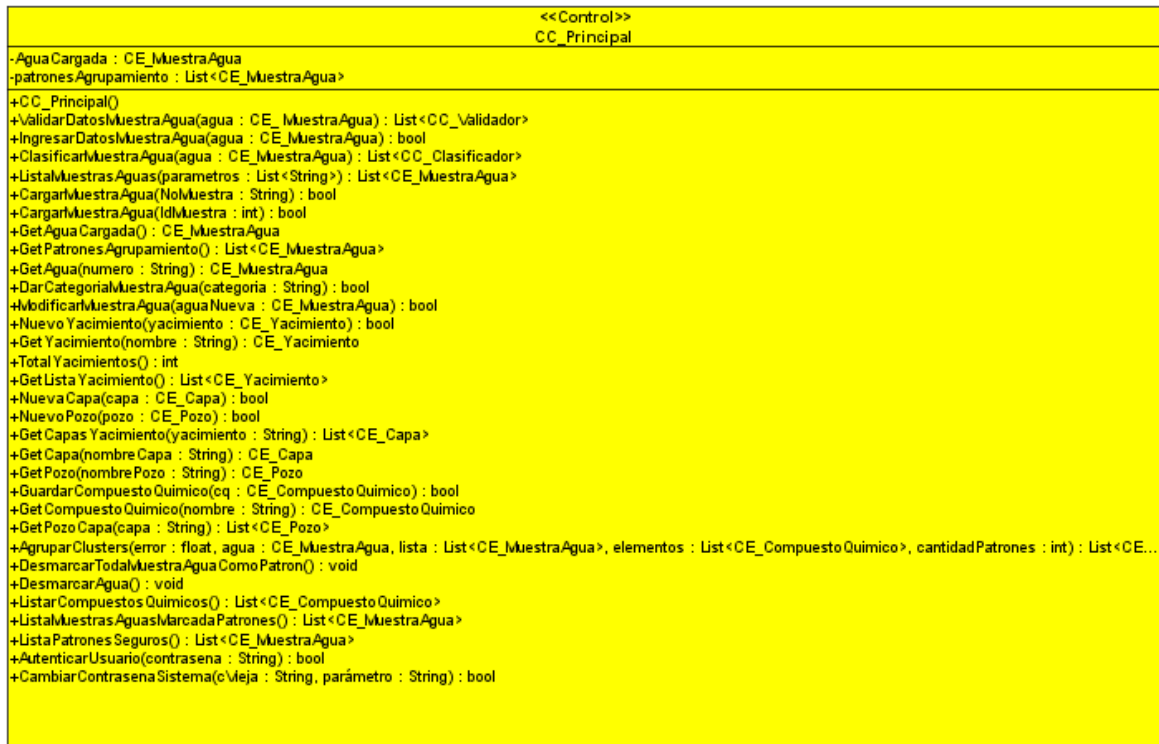
Anexo 5.1.13: CI_CambiarContraseña



Es la interface que se encarga de mostrar el formulario para la actualización de la contraseña de inicio de trabajo del sistema.

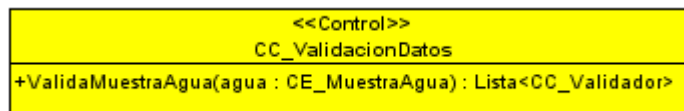
Anexo 5.2: Clases Controladoras

Anexo 5.2.1: CC_Principal



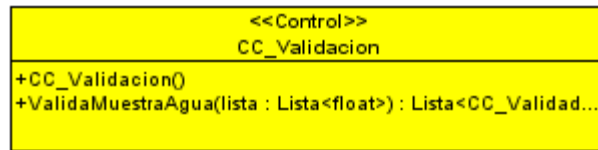
Es la clase controladora que se encarga de realizar el manejo de la información procedente de las interfaces, esta clase conoce que clase controladora es la encargada de realizar qué tarea específica, su función es mandarle un mensaje a esa clase y devolver a la interface correspondiente el resultado obtenido.

Anexo 5.2.2: CC_ValidacionDatos



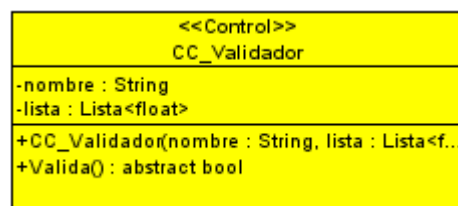
Es la clase controladora encargada de obtener los objetos de tipo CC_Validador correspondiente a una muestra de agua y devolverlos a la clase principal para que estos sean visualizados como parte del caso de uso que los requiera.

Anexo 5.2.3: CC_Validacion



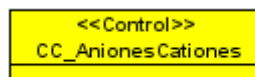
Es la clase controladora encargada de construir los objetos de tipo `CC_Validador` pasándole una lista de reales necesaria para realizar la validación de los datos de una muestra de agua

Anexo 5.2.4: `CC_Validador`



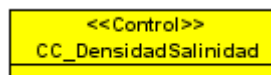
Es la clase padre que contiene todas las funcionalidades similares para los diferentes validadores.

Anexo 5.2.5: `CC_AnionesCationes`



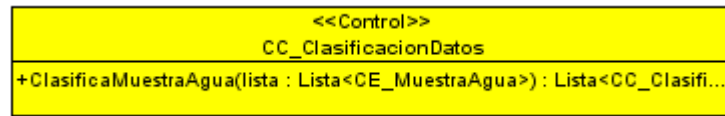
Es una clase hija de la clase padre `CC_Validador`, encargada de realizar la validación de los datos por el método de aniones-cationes.

Anexo 5.2.6: `CC_DensidadSalinidad`



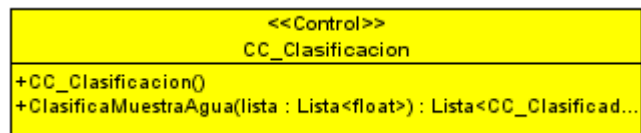
Es una clase hija de la clase padre `CC_Validador`, encargada de realizar la validación de los datos por el método de densidad-salinidad.

Anexo 5.2.7: `CC_ClasificacionDatos`



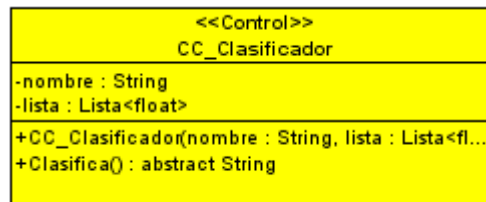
Es la clase controladora encargada de obtener los objetos de tipo CC_Clasificador correspondiente a una muestra de agua y devolverlos a la clase principal para que estos sean visualizados como parte del caso de uso que los requiera.

Anexo 5.2.8: CC_Clasificacion



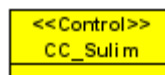
Es la clase controladora encargada de construir los objetos de tipo CC_Clasificador pasándole una lista de reales necesaria para realizar la clasificación de una muestra de agua.

Anexo 5.2.9: CC_Clasificador

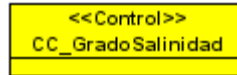


Es una clase, que se comporta como clase padre, contiene todas las funcionalidades similares para los diferentes clasificadores.

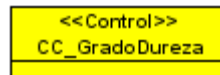
Anexo 5.2.10: CC_Sulin



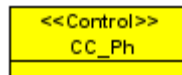
Es una clase hija de la clase padre CC_Clasificador, encargada de dar la clasificación de la muestra de agua por el método de Sulin.

Anexo 5.2.11: CC_GradoSalinidad

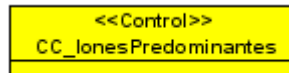
Es una clase hija de la clase padre CC_CLasificador, se encarga de dar la clasificación de la muestra de agua en dependencia del grado de salinidad.

Anexo 5.2.12: CC_GradoDureza

Es una clase hija de la clase padre CC_CLasificador, encargada de dar la clasificación de la muestra de agua atendiendo a la dureza.

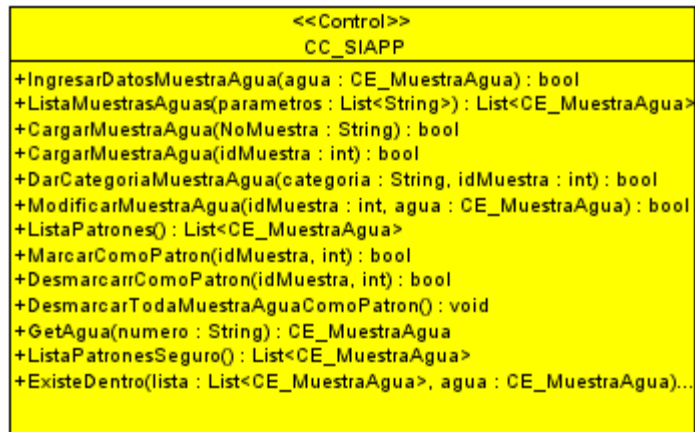
Anexo 5.2.13: CC_Ph

Es una clase hija de la clase padre CC_CLasificador, esta clase es la que se encarga de dar la clasificación de la muestra de agua atendiendo al ph.

Anexo 5.2.14: CC_IonesPredominantes

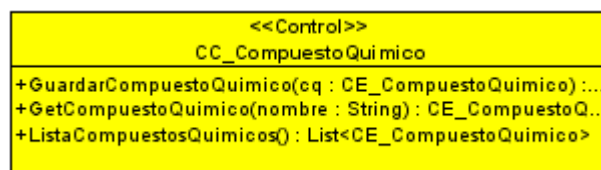
Es una clase hija de la clase padre CC_CLasificador, encargada de dar la clasificación de la muestra de agua por el método de iones predominantes.

Anexo 5.2.15: CC_SIAPP



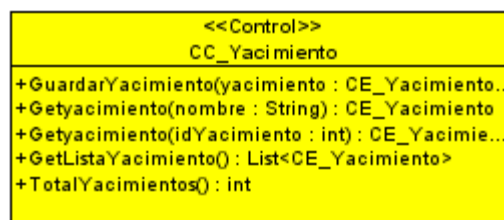
Es la clase controladora de realizar el trabajo con los datos de las muestras de agua que se relaciona con la base de datos. Esta clase es la que se encarga de decirle a la clase DAO_CC_SIAPP cuál es la función que debe realizar con la muestra de agua en la base de datos.

Anexo 5.2.16: CC_CompuestoQuimico



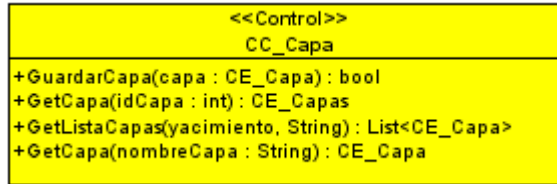
Es la clase encargada de decirle a la clase de acceso a datos AD_DAO_Elemento que guarde un elemento nuevo en la base de datos

Anexo 5.2.17: CC_Yacimiento



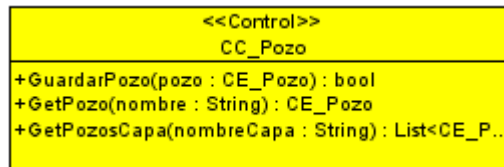
Es la clase encargada de decirle a la clase de acceso a datos AD_DAO_Yacimiento que guarde un yacimiento nuevo en la base de datos

Anexo 5.2.18: CC_Capa



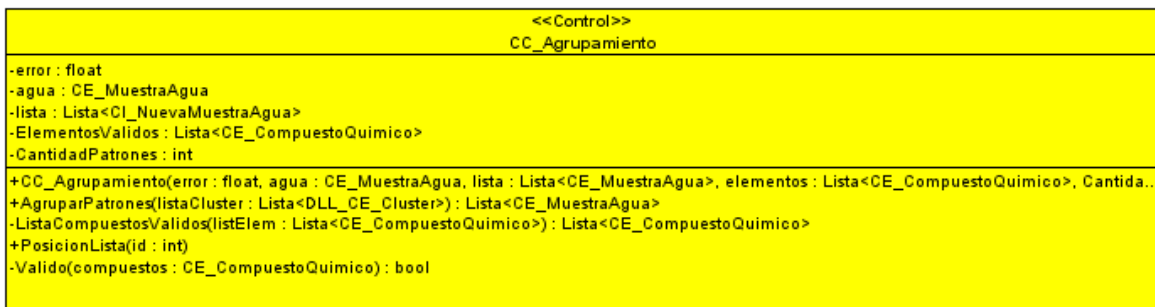
Es la clase encargada de decirle a la clase de acceso a datos AD_DAO_Capa que guarde una capa nuevo en la base de datos

Anexo 5.2.19: CC_Pozo



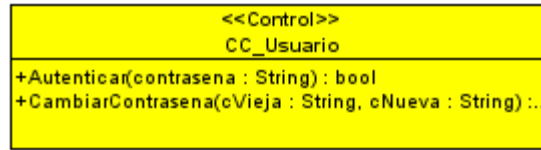
Es la clase encargada de decirle a la clase de acceso a datos AD_DAO_Pozo que guarde un pozo nuevo en la base de datos

Anexo 5.2.20: CC_Agrupamiento



Es la clase controladora que se encarga de preparar las muestras de agua para el agrupamiento, conformar los clústeres a partir de las muestras de aguas y luego obtener los patrones correspondientes a cada clúster como resultado final.

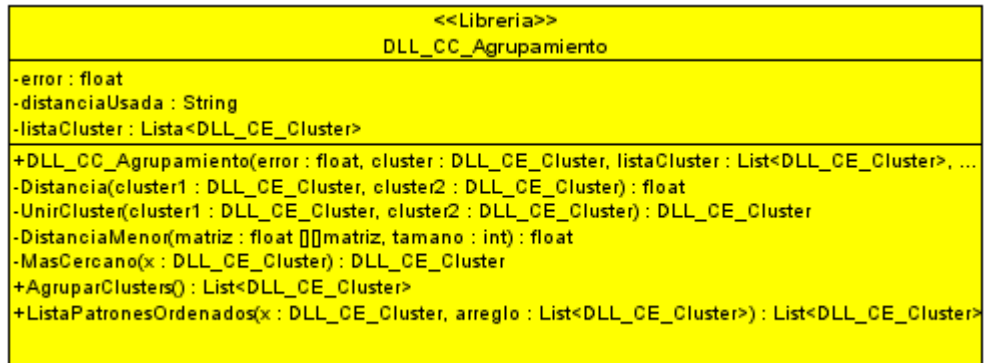
Anexo 5.2.21: CC_Usuario



Es la clase controladora encargada de decirle a la clase AD_DAO_Usuario que autentifique un usuario o cambie la contraseña existente por otra pasada.

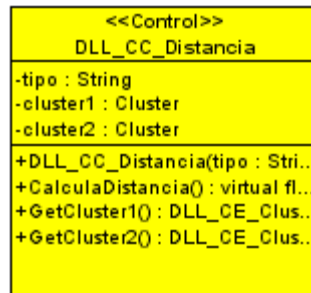
Anexo 5.3: Librería AgrupamientoClusters

Anexo 5.3.1: DLL_CC_Agrupamiento



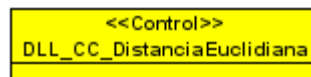
Esta es la clase controladora de preparar las muestras de aguas para el agrupamiento y posteriormente la selección de los patrones. Su función es tomar de las muestras de aguas la lista de elementos químicos y dejar solo aquellos elementos con los que se realizará el análisis de clúster, conformar cada uno de los clúster y decirle a la librería DLL_AgrupamientoCluster que realice su función. Luego obtener cuáles clústeres fueron devueltos como patrones y ver a qué muestras de agua corresponden. Estas muestras serán devueltas a la clase principal como patrones y marcadas en la base de datos como tal.

Anexo 5.3.2: DLL_CC_Distancia



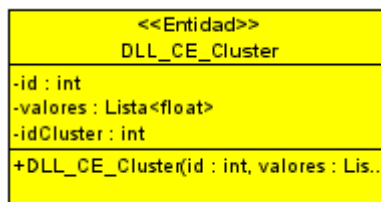
Es una clase padre que contiene todas las funcionalidades similares para las diferentes fórmulas de distancias usadas en el análisis de clúster.

Anexo 5.3.4: DLL_CC_DistanciaEuclidiana



Es una clase hija de la clase padre `DLL_CC_Distancia`, esta clase es la que se encarga de el cálculo de la distancia entre dos clúster por la fórmula de la distancia euclidiana.

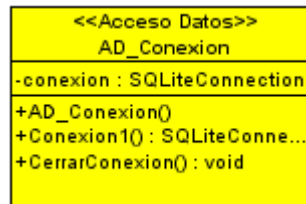
Anexo 5.3.5: DLL_CE_Cluster



Es la clase que contiene toda la información referente a un clúster.

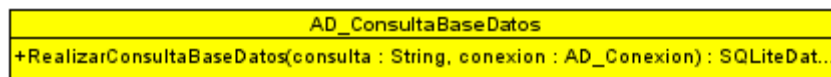
Anexo 5.4: Clases de Acceso a datos

Anexo 5.4.1: AD_Conexion



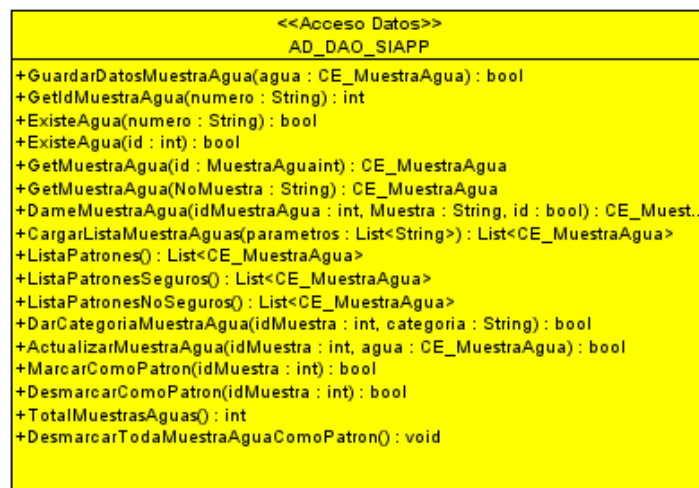
Es la clase que se encarga de crear la conexión con la base de datos.

Anexo 5.4.2: AD_ConultaBase Datos



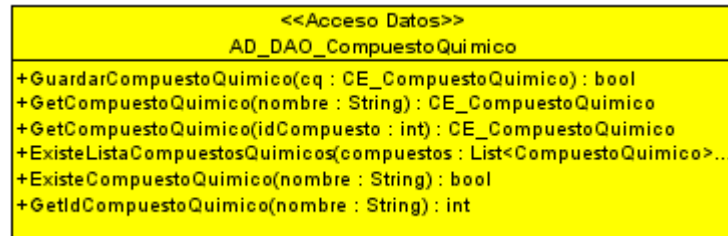
Es la clase que se encarga de realizar una consulta sobre la base de datos y devolver los resultados de dicha consulta.

Anexo 5.4.3: AD_DAO_SIAPP



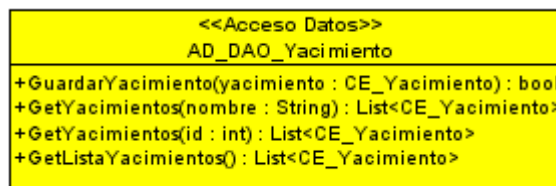
Es la clase que se encarga del trabajo directamente con la base de datos. Recibe un objeto de tipo MuestraAgua y a partir de sus datos construye la consulta que se realiza sobre la base de datos de acuerdo a las acciones requeridas. De acuerdo a los datos obtenidos construye los objetos de tipo MuestraAgua que serán devueltos a la clase base.

Anexo 5.4.5: AD_DAO_CompuestoQuimico



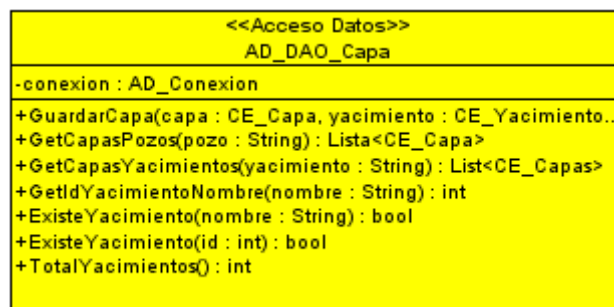
Es la clase que se encarga del trabajo directamente con la base de datos. Recibe un objeto de tipo Elementos y a partir de sus datos construye la consulta que se realiza sobre la base de datos de acuerdo a las acciones requeridas. De acuerdo a los datos obtenidos construye los objetos de tipo Elementos que serán devueltos a la clase base.

Anexo 5.4.6: AD_DAO_Yacimiento



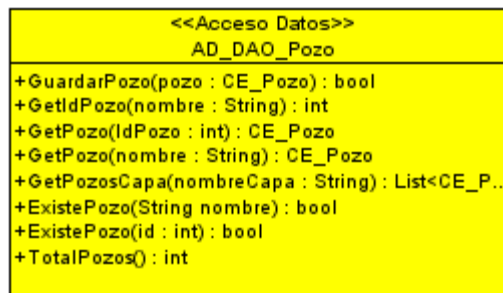
Es la clase que se encarga del trabajo directamente con la base de datos. Recibe un objeto de tipo Yacimiento y a partir de sus datos construye la consulta que se realiza sobre la base de datos de acuerdo a las acciones requeridas. De acuerdo a los datos obtenidos construye los objetos de tipo Yacimiento que serán devueltos a la clase base.

Anexo 5.4.7: AD_DAO_Capa



Es la clase que se encarga del trabajo directamente con la base de datos. Recibe un objeto de tipo Capa y a partir de sus datos construye la consulta que se realiza sobre la base de datos de acuerdo a las acciones requeridas. De acuerdo a los datos obtenidos construye los objetos de tipo Capa que serán devueltos a la clase base.

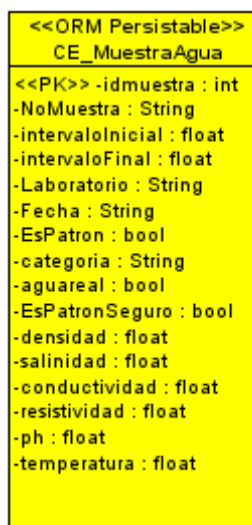
Anexo 5.4.8: AD_DAO_Pozo



Es la clase que se encarga del trabajo directamente con la base de datos. Recibe un objeto de tipo Pozo y a partir de sus datos construye la consulta que se realiza sobre la base de datos de acuerdo a las acciones requeridas. De acuerdo a los datos obtenidos construye los objetos de tipo Pozo que serán devueltos a la clase base.

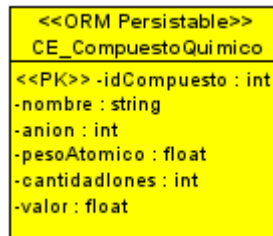
Anexo 5.5: Clases entidades

Anexo 5.5.1: CE_MuestraAgua



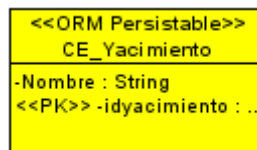
Es la clase que contiene toda la información sobre una muestra de agua.

Anexo 5.5.2: CE_CompuestoQuimico



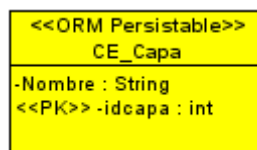
Es la clase que contiene toda la información sobre los elementos químicos presentes en una muestra de agua.

Anexo 5.5.3: CE_Yacimiento



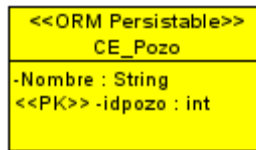
Es la clase que contiene la información necesaria sobre un yacimiento.

Anexo 5.5.4: CE_Capa



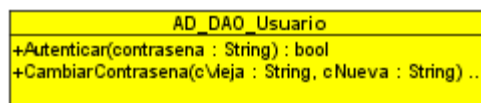
Es la clase que contiene la información necesaria sobre una capa.

Anexo 5.5.5: CE_Pozo



Es la clase que contiene la información necesaria sobre un pozo.

Anexo 5.5.6: AD_DAO_Usuario



Es la clase que se encarga del trabajo con la base de datos referente a los usuarios y sus contraseñas.

Glosario

- API: Interfaz de Programación de Aplicaciones, por sus siglas en inglés (Application Programming Interface).
- BD: Base de datos.
- CASE: Ingeniería de Software Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Aided Software Engineering).
- CEINPET: Centro de Investigaciones del Petróleo.
- CENTERVISA: Centro Nacional de Termalismo “Víctor Santamaría”.
- CNIC: Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
- CPU: Unidad Central de Procesamiento
- CUPET: Empresa petrolera nacional de Cuba. CUBAPETROLEO.
- CU: Caso de uso.
- CUN: Caso de uso del negocio.
- CUS: Caso de uso del sistema.
- DA: Diagrama de actividades.
- EPEP: Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo.
- IDE: Entorno de Desarrollo Integrado.
- Meq: miliequivalentes.
- PC: Computadora Personal
- RAM: Memoria de Acceso Aleatorio, por sus siglas en inglés (Random Access Memory).
- RUP: Proceso Unificado de Desarrollo
- SACAN: Sistema Automatizado para la Caracterización de Aguas Naturales.
- SO: Sistema Operativo.
- UML: Lenguaje Unificado de Modelado.
- VP: Visual Paradigm.