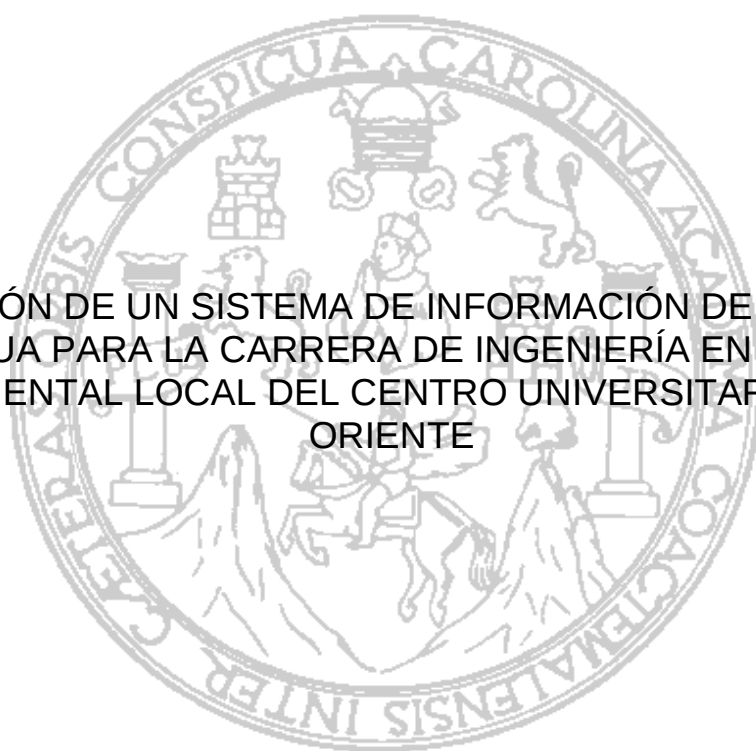


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD
DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE



CÉSAR EMILIO CASASOLA MIRANDA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD
DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN
AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
ORIENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

CÉSAR EMILIO CASASOLA MIRANDA

Al conferírsele el título de

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	PEM. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	Ing. Rolando Darío Chávez Valverth

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	Ing. Rolando Darío Chávez Valverth
Secretario:	MBA. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

Presidente:	MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Secretario:	MBA. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	MBA. Samy Eunice Pinto Castañeda

Chiquimula, marzo de 2020

Señores
Miembros del Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Señores:

De conformidad con los estatutos establecidos por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Centro Universitario de Oriente, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado: **“CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero en Ciencias y Sistemas, en el grado académico de licenciado.

Deferentemente,



César Emilio Casasola Miranda



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



SEPC.01.19
Chiquimula, 11 de octubre de 2019.

MBA. René Estuardo Alvarado González
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-
De la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
CUNORI – USAC

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación titulado: **“CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE”**, presentado por el estudiante **César Emilio Casasola Miranda**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MBA. Samy Eunice Pinto Castañeda
Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSICYS.04.2019

Chiquimula, 4 de noviembre de 2019.

Ingeniero
Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

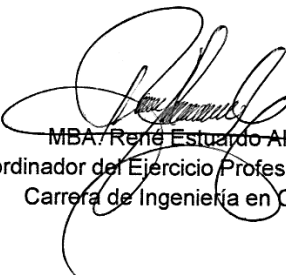
Respetable Ingeniero Aguilar Rosales:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE"**, elaborado por el estudiante César Emilio Casasola Miranda, quien contó la asesoría de la MBA. Samy Eunice Pinto Castañeda.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante César Emilio Casasola Miranda, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



MBA René Estuardo Alvarado González
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

C.c. archivo

FINCA EL ZAPOTILLO ZONA 5, CHIQUIMULA
TEL. 79438442



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.12.19
Chiquimula, 6 de noviembre de 2019.

Ingeniero
Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ing. Aguilar Rosales:

El propósito de la presente es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de investigación titulado **“CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE”**; elaborado por el estudiante **César Emilio Casasola Miranda**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Julio César Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



TGICYS.04-2019

Chiquimula, 7 de noviembre de 2019.

Ingeniero Agrónomo
Edwin Filiberto Coy Cordón
Director
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Agr. Coy Cordón:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del Asesor-revisor la MBA. Samy Eunice Pinto Castañeda y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas el MBA. René Estuardo Alvarado González, y luego de la revisión y aprobación del Licenciado Julio Cesar Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante César Emilio Casasola Miranda, titulado: **"CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomendando la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC



C.c. archivo

-TG-ICS-021/2019

EL INFRASCrito DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **CÉSAR EMILIO CASASOLA MIRANDA** titulado “**CREACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería en Sistemas. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el diecisiete de febrero de dos mil veinte.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI – USAC



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Supremo proveedor. Por la protección, guía y sabiduría recibidas.
Mis padres	Mari Gloria Miranda Moscoso y Emilio Casasola Díaz, por su amor, entrega, sacrificio, orientación y motivación.
Mis abuelos	Por los entrañables momentos que compartimos, su cariño y apoyo.
Mis docentes	Sus enseñanzas me inspiran y motivan a crecer como profesional y como ser humano.
Mis compañeros	Compartimos la aventura de convertirnos en ciudadanos y profesionales valiosos a la sociedad.
Carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas	Los esfuerzos educativos y administrativos de la carrera me permitieron recibir formación profesional de calidad.
Mi asesora	MBA. Samy Eunice Pinto Castañeda, por sus valiosas enseñanzas como docente y el acompañamiento recibido en el proceso de graduación. Sus capacidades técnicas y calidad humana siempre le caracterizaron.

**Carrera de Ingeniería
en Gestión Ambiental
Local**

Por apoyar en todo momento los actividades que permitieron realizar el proyecto. Especialmente a: Ingeniera Dayryn Estéfany Girón y Girón e Ingeniero Fredy Samuel Coronado López; quienes fueron designados para asesorar el proyecto.

**Centro Universitario de
Oriente**

Casa de estudios que abrió sus puertas para que recibiera educación superior de calidad.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Es quien merece el primer y final reconocimiento por el logro alcanzado.
Mis padres	Me dieron amor verdadero, ejemplo digno de imitar, consejos para tomar decisiones, ánimo en las dificultades, valor para enfrentar los problemas, sabiduría para conducir mi vida y su trabajo para mi formación y bienestar. Todo se lo debo a ustedes.
Mis abuelos	Recuerdo siempre, con especial cariño, sus consejos y manifestaciones de amor. Trabajaron incansablemente para que sus familias gozaran de mejores condiciones de vida; sus esfuerzos dieron resultados.
Mi familia	Recibí su apoyo y motivación en todos los momentos de mi vida. Me enseñaron habilidades y cualidades valiosas que ahora forman parte de mi personalidad.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes de la organización	1
1.1.1. Descripción de la organización	1
1.1.1.1. Visión	1
1.1.1.2. Misión	2
1.1.2. Objetivos	2
1.1.2.1. Objetivo general	2
1.1.2.2. Objetivos específicos	3
1.1.3. Productos o servicios que presta	4
1.1.3.1. Política de docencia	4
1.1.3.2. Política de extensión	4
1.1.4. Principales necesidades y oportunidades	6
1.2. Antecedentes del problema	6
1.3. Planteamiento o definición del problema	9
1.4. Delimitación del problema	10
1.4.1. Delimitación geográfica	10

1.4.2.	Delimitación institucional	10
1.4.3.	Delimitación personal	11
1.4.4.	Delimitación temporal	11
1.4.5.	Delimitación teórica	11
1.5.	Inventario inicial de los recursos de tecnología	12
1.6.	Justificación del proyecto	19
2.	FASE TÉCNICO-PROFESIONAL	21
2.1.	Descripción del proyecto	21
2.2.	Beneficios del proyecto	22
2.3.	Fundamentación teórica	23
2.3.1.	Arquitectura cliente servidor	23
2.3.2.	Patrón modelo, vista, controlador	24
2.3.3.	Tecnologías de desarrollo	25
2.3.3.1.	Javascript, ECMAScript 6	25
2.3.3.2.	React Native, versión 0.57	25
2.3.3.3.	PHP, versión 5.6	26
2.3.3.4.	Apache, versión 2.4	27
2.3.3.5.	CMS	28
2.3.3.6.	Joomla, versión 3.9	29
2.3.3.7.	MySQL, versión 5.5	30
2.3.3.8.	HTML5	30
2.3.3.9.	CSS, versión 3	31
2.3.3.10.	Java, versión 8	32
2.3.4.	Proceso Unificado de Rational	32
2.3.5.	Índice de calidad del agua	37
2.4.	Características principales del producto final	43
2.5.	Requerimientos generales del usuario	44
2.6.	Requerimientos funcionales	45

2.7.	Requerimientos no funcionales	47
2.8.	Diagramas de flujo de datos	49
2.8.1.	Diagrama de contexto	49
2.8.2.	Diagrama 0	50
2.8.3.	Diagramas de nivel 1	51
2.8.3.1.	Crear estudio	51
2.8.3.2.	Ingresar datos	52
2.8.3.3.	Calcular ICA	52
2.8.3.4.	Generar reportes	53
2.8.3.5.	Presentar información	54
2.8.3.6.	Administrar usuario	54
2.9.	Organización del equipo de trabajo	55
2.10.	Diagrama de ejecución de las actividades del proyecto	57
2.11.	Desarrollo del plan de trabajo	65
2.11.1.	Modelado del negocio	65
2.11.1.1.	Modelo de procesos del negocio	65
2.11.2.	Requerimientos	67
2.11.2.1.	Modelos de casos de uso	67
2.11.2.1.1.	Aplicación móvil	68
2.11.2.1.2.	Aplicación web, área privada	69
2.11.2.1.3.	Aplicación web, área pública	70
2.11.2.1.4.	Aplicación de escritorio	70
2.11.2.2.	Especificaciones de casos de uso	71
2.11.2.2.1.	Aplicación móvil	72
2.11.2.2.2.	Aplicación web, área privada	83
2.11.2.2.3.	Aplicación web, área pública	92
2.11.2.2.4.	Aplicación de escritorio	94
2.11.3.	Análisis y diseño	96
2.11.3.1.	Modelo de análisis y diseño	96

2.11.3.2.	Diagramas de secuencia	101
2.13.3.2.1.	Aplicación móvil	101
2.11.3.2.2.	Aplicación web, área privada	104
2.11.3.2.3.	Aplicación web, área pública	107
2.11.3.2.4.	Aplicación de escritorio	109
2.11.3.3.	Modelos de datos	109
2.11.4.	Implementación	111
2.11.4.1.	Obtención de datos espaciales	111
2.11.4.2.	Prototipos	113
2.11.4.3.	Modelo de implementación	117
2.11.5.	Pruebas	119
2.11.6.	Despliegue	120
2.12.	Lista de riesgos	122
2.13.	Valoración económica del proyecto	125
2.13.1.	Perfil del recurso humano	126
2.13.2.	Costos directos e indirectos	129
3.	FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	131
3.1.	Capacitación para uso del software	131
3.1.1.	Público objetivo	131
3.1.2.	Estructura del plan de capacitación	131
3.1.3.	Contenidos	133
3.1.4.	Documentación de la capacitación	134
	CONCLUSIONES	135
	RECOMENDACIONES	137
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
	APÉNDICES	145
	ANEXOS	205

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN	PÁGINA
1. Visor geográfico GEOSINA	9
2. Fases y flujos de trabajo iterativos en RUP	36
3. DFD de contexto	49
4. DFD 0	50
5. DFD de nivel 1, crear estudio	51
6. DFD de nivel 1, ingresar datos	52
7. DFD de nivel 1, calcular ICA	53
8. DFD de nivel 1, generar reportes	53
9. DFD de nivel 1, presentar información	54
10. DFD de nivel 1, administrar usuario	55
11. Diagrama BPM del proceso sin el sistema	66
12. Diagrama BPM del proceso con el sistema	67
13. Modelo de casos de uso para la aplicación móvil	68
14. Casos de uso del área privada de la aplicación web.	69
15. Casos de uso del área pública de la aplicación web	70
16. Diagrama de casos de uso para la aplicación de escritorio	71
17. Diagrama de clases de la aplicación móvil	97
18. Diagrama de clases de la parte privada de la aplicación web	98
19. Diagrama de clases de la parte pública de la aplicación web	99
20. Diagrama de clases de la aplicación de escritorio	100
21. Diagrama de secuencia "listar estudios"	101
22. Diagrama de secuencia "registrar muestra"	102
23. Diagrama de secuencia "sincronizar muestras"	103
24. Diagrama de secuencia "crear estudio"	104
25. Diagrama de secuencia "crear muestra"	105

26.	Diagrama de secuencia "generar reporte de las muestras"	106
27.	Diagrama de secuencia "explorar muestras en un mapa"	107
28.	Diagrama de secuencia "buscar información del agua"	108
29.	Diagrama de secuencia "calcular ICA para múltiples muestras"	109
30.	Modelo relacional de la base de datos central	110
31.	Modelo relacional de la base de datos para la aplicación móvil	111
32.	Prototipos de la aplicación móvil	113
33.	Prototipo del formulario de estudio	114
34.	Prototipo del formulario para editar una muestra	115
35.	Prototipo del formulario de creación de estudiante	116
36.	Prototipo del visor geográfico	116
37.	Prototipo de la aplicación móvil	117
38.	Modelo de implementación para la aplicación móvil	118
39.	Modelo de implementación para la aplicación web	118
40.	Modelo de implementación de la aplicación de escritorio	119
41.	Modelo de despliegue	121

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Inventario tecnológico del "Laboratorio Geoambiental"	12
2. Clasificación del ICA propuesto por Brown	38
3. Pesos relativos para cada parámetro del ICA	40
4. Ecuaciones de las curvas de variación de los parámetros de calidad del agua	41
5. Planificación estimada de actividades	57
6. Matriz de riesgo probabilidad-impacto	122
7. Actividades realizadas en el proyecto	127
8. Estructura del plan de capacitación	132

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Características del servidor	19
2. Flujos de trabajo de RUP	35
3. Definición de los roles del proyecto	56
4. Especificación del caso de uso “listar estudios”	72
5. Especificación del caso de uso “ver detalles del estudio”	74
6. Especificación del caso de uso “listar muestras”	75
7. Especificación del caso de uso “registrar nueva muestra”	75
8. Especificación del caso de uso “editar muestra”	78
9. Especificación del caso de uso “sincronizar muestras con la base de datos central”	79
10. Especificación del caso de uso “sincronizar estudios”	81
11. Especificación del caso de uso “crear estudio”	83
12. Especificación del caso de uso “ver lista de muestras”	84
13. Especificación del caso de uso “ver datos de las muestras”	86
14. Especificación del caso de uso “editar datos de las muestras”	87
15. Especificación del caso de uso “crear muestra”	88
16. Especificación del caso de uso “editar perfil”	90
17. Especificación del caso de uso “registrar estudiante”	91
18. Especificación del caso de uso “explorar muestras en un mapa”	92
19. Especificación del caso de uso “buscar información del agua”	93
20. Especificación del caso de uso “calcular el ICA de una muestra”	94
21. Especificación del caso de uso “calcular el ICA para un conjunto de muestras”	95
22. Interpretación de colores de la matriz de riesgo probabilidad-impacto.	123

23.	Riesgo de acceso no autorizado	123
24.	Riesgo de inyección SQL	124
25.	Riesgo de secuestro de la base de datos	125
26.	Descripción de los roles del recurso humano	126
27.	Costo del recurso humano	129
28.	Costo del proyecto	130

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
WCM	Administrador de contenido web, (WCM por sus siglas en inglés).
PDF	Archivo de Documento Portable, (PDF por sus siglas en inglés).
DFD	Diagrama de flujo de datos.
Cgi-bin	Directorio para programas <i>Common Gateway Interface</i> (CGI).
ICA	Índice de calidad del agua.
pH	Medida de concentración de iones de hidrógeno.
mg	Miligramo.
mL	Mililitro.
NMP	Número más probable.
w_i	Peso relativo asignado a parámetro de calidad del agua.

RUP	Proceso Unificado de Rational, (RUP por sus siglas en inglés).
CMS	Sistema de administración de contenido.
SIAM	Sistema de Información Ambiental.
SINTET	Sistema de Información Territorial Trinacional.
SQL	Lenguaje de consulta estructurada, por sus siglas en inglés.
Sub_i	Subíndice para el parámetro de calidad de agua i.
XML	Lenguaje de marcado extensible, (XML por sus siglas en inglés).

GLOSARIO

Base de datos	Conjunto de datos organizados lógicamente y almacenados en un medio digital o físico para su consulta.
Coliforme	Grupo de bacterias con características bioquímicas comunes. Se encuentran con frecuencia en agua y alimentos contaminados.
Fosfato	Sal derivada del ácido fosfórico.
<i>Framework</i>	Entorno o marco de trabajo que provee distintas herramientas para desarrollar software.
Geoambiental	Palabra compuesta por el prefijo “geo” que significa tierra y el término ambiental. Por lo que sugiere la combinación del conocimiento y técnicas para manejar información ambiental y de la superficie de la tierra.
Geolocalización	Capacidad para obtener la ubicación geográfica de una persona u objeto.

Geomática	Ciencia que organiza, manipula e interpreta la información geográfica mediante herramientas digitales.
Hipertexto	Conjunto estructurado de información unido por enlaces y conexiones lógicas.
Multiparadigma	Característica de un lenguaje de programación que soporta diferentes modelos o paradigmas lógicos.
Multiplataforma	Cualidad de una aplicación o lenguaje de programación que le permite funcionar en diferentes plataformas tecnológicas.
Nitrato	Sal derivada del ácido nítrico.
Programación	Actividad de diseñar, producir y mantener programas o aplicaciones informáticas.
Sistema gestor de base de datos	Software que administra el modelo lógico y físico de un conjunto de datos. Además controla los usuarios que pueden acceder a la información y sus permisos para alterarla.
Software	Programa o conjunto de programas que permiten realizar tareas específicas a dispositivos informáticos.

Tipado	Característica referente a la asignación del tipo a las variables en un lenguaje de programación.
Trinacional	Palabra compuesta por el prefijo “tri” que significa tres y el adjetivo nacional, referente al concepto de nación. Por lo que denota la participación de tres naciones. En el contexto de este documento, el término se aplica para referirse a Guatemala, El Salvador y Honduras.

RESUMEN

Para dar solución a la necesidad de manejar eficientemente la información generada por los estudios de calidad del agua realizados por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente, se ejecutó el proyecto: creación de un sistema de información de calidad del agua. El sistema permite administrar los estudios que se realizan, ingresar datos de campo y resultados de laboratorio para calcular el índice de calidad del agua y presenta los resultados de los estudios a través de un sitio web disponible para consulta a la población en general.

El Sistema de Información de Calidad del Agua integra las siguientes aplicaciones de software: una aplicación móvil, una aplicación web y un software de escritorio. La aplicación móvil permite registrar los datos muestrales recolectados en el campo. La aplicación web cuenta con una parte privada y una pública. Las funciones que ejecuta la parte privada de la aplicación web son: administrar los estudios, registrar datos de los análisis de laboratorio, calcular los resultados y generar informes de los estudios. La parte pública de la aplicación web permite a la población en general acceder a la información generada por los estudios. El software de escritorio es una herramienta útil para calcular el índice de calidad del agua a partir de los datos que ingrese el usuario.

Se diseñó e implementó una base de datos central en la que se maneja la información de todos los estudios realizados. Dicha base de datos cuenta con información geográfica que permite contextualizar las muestras y realizar consultas basadas en ubicaciones específicas. La aplicación web depende

completamente de la conexión a la base de datos central, mientras que la aplicación móvil, puede utilizarse fuera de línea porque se instala, en el dispositivo móvil, una réplica limitada de la información necesaria. Cuando el usuario de la aplicación móvil cuenta con acceso a Internet puede sincronizar su información con la base de datos central, habiéndose autenticado previamente.

La implementación del sistema requirió utilizar los lenguajes de programación de alto nivel PHP y Javascript. Además, se empleó el lenguaje de marcado de hipertexto HTML y el lenguaje de diseño gráfico CSS. Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizaró el *framework* React Native y el motor de base de datos SQLite para la réplica de la base de datos central. La aplicación web se implementó con el sistema de gestión de contenido Joomla, empleando su respectivo *framework*. La base de datos central utiliza el sistema gestor de base de datos MySQL. El software de escritorio fue creado con el lenguaje Java. Se utilizó el Proceso Unificado de Rational como metodología de desarrollo de software.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado es un programa de proyección de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual abarca actividades académicas, de investigación y de servicio técnico profesional. Aplicar las tecnologías de información y comunicación a la educación constituye una de las líneas estratégicas de investigación establecidas por la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del Centro Universitario de Oriente, CUNORI. Implementar ambientes virtuales de aprendizaje y procesos de comunicación de conocimiento es una temática general para abordar la línea de acción referida. Con proyectos de aplicación de las tecnologías de información y comunicación a procesos de enseñanza e investigación, la universidad extiende sus servicios al país.

La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNORI, forma profesionales capacitados para desarrollar proyectos, procesos y actividades orientadas a la conservación del medio ambiente. Entre los trabajos de formación que realizan los estudiantes se encuentran: los estudios de calidad del agua en diferentes localidades. Los estudiantes elaboraban formularios para la recolección de datos en el campo y calcular el índice de calidad del agua. Los resultados de los estudios eran almacenados en documentos aislados y con un formato no unificado. Por lo que el proceso de los estudios de calidad del agua no se encontraba estandarizado y la información generada estaba dispersa, resultando difícil acceder a ella.

Con el objetivo de solucionar la necesidad presentada en el párrafo anterior, se ejecutó la creación de un sistema de información de calidad del

agua. Dicho sistema permite apoyar el registro de datos de campo a través de una aplicación móvil, administrar los estudios de calidad del agua, calcular el índice de calidad del agua, generar reportes y publicar los resultados obtenidos en una aplicación web; también se desarrolló un software de escritorio para calcular el índice de calidad del agua, el cual está disponible para la sociedad en general.

El Sistema de Información de Calidad del Agua provee a estudiantes y docentes, herramientas que agilizan los estudios de calidad de agua y establece procedimientos y formatos estandarizados para la representación de los resultados. Centralizar la información en una base de datos permite aprovechar al máximo la utilidad que representa y la parte pública de la aplicación web es el medio por el cual el Centro Universitario divulga la información generada en los estudios de calidad del agua a la sociedad en general.

La ejecución del proyecto empleó la metodología de desarrollo de software denominada Proceso Unificado de Rational la cual se divide en dos dimensiones: la dimensión dinámica y la dimensión estática del proceso.

La fase de investigación presenta y contextualiza el proyecto a través de la definición del problema a tratar, su delimitación y justificación.

En la fase técnico profesional se definen la fundamentación teórica que respalda el proyecto, los requerimientos y la planificación de las actividades

necesarias para cumplir con los objetivos planteados, además se documenta el trabajo realizado durante la creación del sistema.

La fase de enseñanza y aprendizaje, detalla la planificación y ejecución de las capacitaciones a estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, sobre el uso de las aplicaciones desarrolladas.

OBJETIVOS

General

Crear el sistema de información de calidad del agua eficiente para apoyar las actividades de investigación y extensión de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente.

Específicos

1. Implementar la aplicación móvil para realizar el registro de datos de campo en el proceso de recolección de muestras para los estudios de calidad del agua.
2. Producir la aplicación web que permita a usuarios autorizados realizar funciones de gestión de la información de los estudios de calidad del agua y a la sociedad en general consultar los resultados, apoyando a la formulación de investigaciones, políticas y proyectos relacionados a la calidad del agua.
3. Desarrollar el software de escritorio que facilite el cálculo del índice de calidad del agua en estudios independientes a los registrados en el sistema.
4. Capacitar a docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, para el uso del sistema.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la organización

1.1.1. Descripción de la organización

El Ejercicio Profesional Supervisado se realizó para la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente. La mencionada carrera se encarga de la formación superior de profesionales en ciencias ambientales y además implementa actividades para “promover el desarrollo integral a nivel comunitario... por medio de la protección, manejo y desarrollo del medio ambiente” (Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, 2019).

1.1.1.1. Visión

La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local establece como visión, lo que (CUNORI, 2019) indica:

Ser líder en la formación de profesionales en Gestión Ambiental Local, que impacten positivamente en el desarrollo sostenible, mediante la protección, conservación y manejo de los recursos naturales y el ambiente en beneficio de la sociedad nororiental de Guatemala.

1.1.1.2. Misión

La misión de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, según (CUNORI, 2019), es:

Formar profesionales competitivos, con valores éticos, con compromiso social y con base científica y tecnológica; que les permita ser parte del desarrollo sostenible del país, desde el ámbito local, para conservar el medio ambiente en favor de las presentes y futuras generaciones.

1.1.2. Objetivos

Derivado de su misión y visión, la carrera de Gestión Ambiental ha establecido los siguientes objetivos.

1.1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de la carrera es presentado por CUNORI (2019) de la siguiente manera:

Ofrecer formación profesional de excelencia en Gestión Ambiental Local, para graduar profesionales competitivos, con valores, compromiso social y con una base científica y tecnológica sólida, que le permite proteger, conservar y aprovechar los recursos naturales y el medio ambiente, para impactar positivamente en el desarrollo sostenible.

1.1.2.2. Objetivos específicos

Se presentan solamente los objetivos específicos que guardan relación con la temática del proyecto ejecutado en el Ejercicio Profesional Supervisado, los cuales fueron extraídos de CUNORI (2019):

- Formas [sic] profesionales con fundamentos científicos, tecnológicos, humanos y de manejo de la información para desarrollar procesos de gestión ambiental...
- Prepara profesionales en gestión ambiental capaces de manejar sistemas de información e instrumentos de análisis ambiental para la toma de decisiones y desarrollar actividades de administración, formulación de proyectos ambientales, investigación, planificación y producción amigable con el medio ambiente.
- Generar y validar conocimientos y tecnologías que contribuyan a la protección, conservación y aprovechamiento sostenible del ambiente, así como a fortalecer la actividad docente...

1.1.3. Productos o servicios que presta

La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, a través del sitio web del CUNORI, enuncia siete políticas que constituyen criterios para orientar el accionar de la carrera como organización, planteando de esa manera, los servicios que presta a la sociedad. Para fines del proyecto desarrollado resultaron relevantes dos políticas que definen los servicios a los que apoyará la solución construida; dichas políticas se presentan a continuación.

1.1.3.1. Política de docencia

CUNORI (2019) establece como política de docencia de la carrera de Ingeniería Ambiental: “desarrollar la actividad docente con métodos y técnicas innovadoras para formar profesionales competitivos, con valores, sensibilidad social y una base científica y tecnológica que les permita desempeñarse con eficiencia y liderazgo en la gestión ambiental local”.

1.1.3.2. Política de extensión

La política de extensión de la carrera, según CUNORI (2019) es:

Ofrecer servicios de calidad con enfoque social en el ámbito de la gestión ambiental a organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, comunidades, sector privado y personas individuales, para procurar la sostenibilidad de las actividades extensión de la carrera de gestión ambiental local.

La carrera colabora con el Sistema de Información Ambiental –SIAM-, el cual “es un sistema que ofrece información ambiental y socioeconómica para la toma de decisiones en todo lo relacionado con el ambiente y los recursos naturales” (Sistema de Información Ambiental -SIAM-, 2019). El proyecto nació como un “eje estratégico de la Comisión Departamental del Medio Ambiente CODEMA, del departamento de Chiquimula, Guatemala” (SIAM, 2019). La sede del SIAM se encuentra en las instalaciones del Centro Universitario de Oriente. La carrera de Gestión Ambiental aporta al SIAM: estudios, tesis e informes de prácticas profesionales.

El Centro Universitario de Oriente y la Mancomunidad Trinacional Fronteriza del Río Lempa administran el Sistema de Información Territorial Trinacional (Sistema de Información Territorial Trinacional -SINTET-, 2019 a). SINTET se define como un sistema “...que permite tener acceso a información pública de más de 66 municipios de la región trinacional, compartida por El Salvador, Guatemala y Honduras” (SINTET, 2019 b). Describiendo los servicios que presta, SINTET (2019 b) menciona que:

El SINTET facilita información de indicadores organizada por capitales de desarrollo, y estructurado en tres niveles territoriales: Municipal, Intermunicipal o Mancomunado y Trinacional. Cuenta con un centro de documentación digital, mapoteca, mediateca y el estado del tiempo de las principales ciudades de la región. Así mismo, por medio del SINTET se generan reportes (Dossier) de los indicadores para cada uno de los niveles territoriales del sistema.

La carrera de Gestión Ambiental colabora con la coordinación y apoyo de las acciones del SINTET, especialmente en la temática de capital natural.

1.1.4. Principales necesidades y oportunidades

La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental del CUNORI también realiza, aunque con menor frecuencia, estudios de calidad del suelo, por lo que se hace necesario contar con un sistema de información que facilite los procesos del estudio y permita presentar la información generada a la sociedad en general.

Crear un sistema de información que integre diversos indicadores ambientales es otra de las oportunidades para la cual, la aplicación de tecnologías de la información y comunicación puede desempeñar un papel clave.

1.2. Antecedentes del problema

Los estudiantes de la carrera de Gestión Ambiental realizaban, como parte de sus asignaciones académicas, estudios de calidad del agua, utilizando formularios y documentos de elaboración propia para registrar y tabular la información. Además, la aplicación de la fórmula de Brown para el cálculo del índice de calidad del agua requería la determinación manual de los subíndices. Algunos docentes de la carrera, conservan una colección de documentos, en formato físico y digital, con la información generada por algunos estudios de calidad del agua realizados por la carrera.

Anteriormente no se había tratado de solucionar el problema a través de un sistema de información.

Para la región oriental de Guatemala existen algunos informes de estudios de calidad del agua disponibles en Internet. Por citar un ejemplo, Rodas y colaboradores (2010) desarrollaron el proyecto: “Evaluación de la Calidad Fisicoquímica, Bacteriológica y medición del caudal en Agua de Pozos para Consumo Humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula”, en el cual concluyeron que “...el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula se encuentra contaminada con aguas servidas, lo cual la hace no apta para consumo humano” (p. 1). El informe de Rodas y colaboradores se encuentra publicado por la Dirección General de Investigación -DIGI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En Guatemala, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- (2019) afirma que:

Se lleva a cabo la actividad de la observación, análisis, procesamiento y difusión de los recursos hídricos del país tanto superficiales como subterráneos [sic]. La actividad cuenta con una red de 65 puntos de observación o estaciones de control en ríos, lagos y océanos, diseminados en todo el territorio Nacional.

El INSIVUMEH (2019) ofrece, en su sitio web oficial, datos sobre los recursos hídricos del país. Relacionado a la calidad del agua, se ofrece una tabla con los valores de las características generales de los ríos de Guatemala.

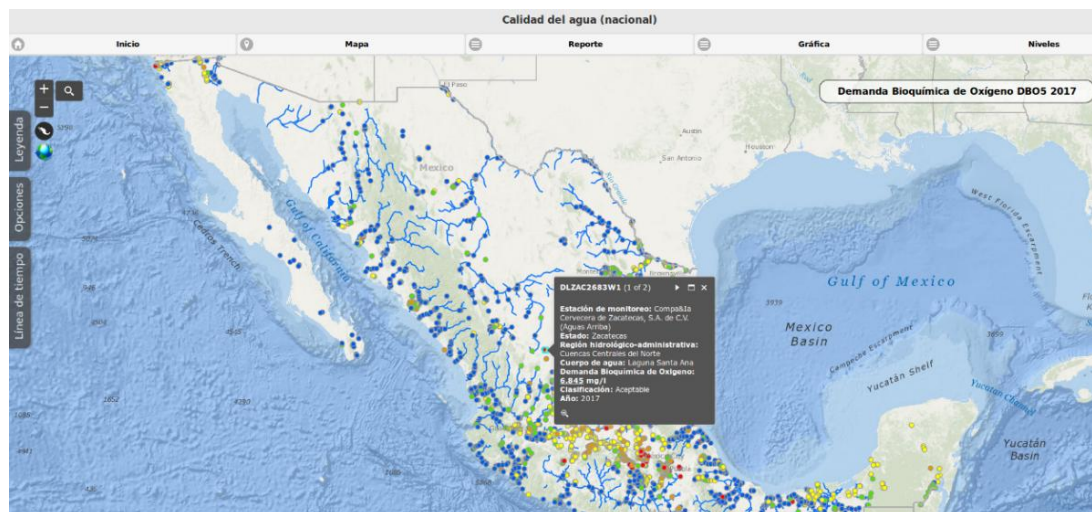
En El Salvador, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales -MARN- (2016) publicó el “Informe de Calidad de Agua de los ríos de El Salvador – 2013” en formato PDF.

Para los Estados Unidos Mexicanos, la Comisión Nacional del Agua ofrece el Sistema Nacional de Información del Agua, acerca del cual afirma lo siguiente:

El Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) es el sistema institucional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a cargo de la Subdirección General de Planeación, a través de la Gerencia de Coordinación Interinstitucional. El SINA integra y publica información estadística y geográfica del sector hídrico con información proveniente de diversas áreas de CONAGUA y de otras instituciones. (Sistema Nacional de Información del Agua, Comisión Nacional del Agua, 2020)

Entre los servicios que ofrece el Sistema Nacional de Información del Agua, se encuentra Geosina, el cual “...es un sencillo visor geográfico que permite visualizar y traslapar diferentes capas (492) de información contenida en el SINA, sin necesidad de tener instalado software específico para ver los mapas” (Sistema Nacional de Información del Agua, Comisión Nacional del Agua, 2020). La figura 1 muestra una captura del visor geográfico Geosina.

Figura 1. Visor geográfico GEOSINA



Fuente: Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), Comisión Nacional del Agua. (2017).

1.3. Planteamiento o definición del problema

La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente realiza constantemente estudios de calidad del agua en diferentes ubicaciones, pero la información generada era manejada de manera ineficiente. Las causas del problema referido podrían ser: el empleo de procedimientos no estandarizados para la recolección de muestras,

calcular el ICA y almacenar resultados; la utilización de distintos formatos de resumen y presentación de la información; falta de personal dedicado exclusivamente a la gestión de los estudios de calidad del agua y la información se encontraba dispersa en diferentes documentos.

Como consecuencia, los estudiantes tenían dificultad para organizar y desarrollar los estudios de calidad de agua, la búsqueda de información generada por los estudios era costosa y la sociedad en general no tenía acceso a dicha información.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Delimitación geográfica

El proyecto se desarrolló en las instalaciones del Centro Universitario de Oriente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en la Finca El Zapotillo, zona 5, CA-10, Chiquimula, Chiquimula, Guatemala.

1.4.2. Delimitación institucional

El proyecto se efectuó en coordinación con la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.4.3. Delimitación personal

El representante de la carrera de Gestión Ambiental, para efectos del proyecto, fue el docente encargado del “Laboratorio Geoambiental”. Dicho catedrático presentó los requerimientos y directrices para la elaboración del proyecto. Se entabló comunicación con la persona encargada del laboratorio químico-biológico donde se realiza el análisis físico-químico, microbiológico y de metales pesados de las muestras. Eventualmente se recibió el apoyo de docentes y coordinación de la carrera.

1.4.4. Delimitación temporal

El proyecto se realizó en un período de seis meses correspondiente a la duración del Ejercicio Profesional Supervisado, abarcando de enero a julio del año 2019.

1.4.5. Delimitación teórica

El proyecto se desarrolló empleando la metodología de desarrollo de software denominada Proceso Unificado de Rational (RUP). Se utilizó el *framework* de Javascript: React Native, el CMS Joomla con su *framework* respectivo y como sistema gestor de base de datos, se empleó MySQL. El software de escritorio se desarrolló con el lenguaje de programación Java.

1.5. Inventario inicial de los recursos de tecnología

El “Laboratorio Geoambiental” de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNORI combina tecnologías e información geomática y de medio ambiente. En la tabla 1 se presenta el inventario de recursos tecnológicos existentes en el laboratorio mencionado.

Tabla 1. **Inventario tecnológico del "Laboratorio Geoambiental"**

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
7	CPU	Computadora	Mega, BIOSTAR GROUP Modelo H55 HD	Funcional
		Cable de poder	1	
		Cable VGA	1	
		Procesador		
		Marca	Intel	
		Modelo	Core i3	
		Velocidad	3.07 GHz	
		Dispositivos de almacenamiento		
		Disco duro interno	300 GB	
		RAM	4 GB	
		Comunicación		
		Vía de conexión a Internet	Gigabit Ethernet	

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
		Puerto RJ-45	1	
		Sistema Operativo		
		Sistema Operativo	Windows 7 <i>Ultimate</i>	
		Idioma	Español	
		Bits	64	
		Puertos para periféricos de salida		
		Puerto VGA	1	
		Puerto DVI	1	
		Puerto HDMI	1	
		Puertos para periféricos de entrada		
		Puerto PS/2 teclado	1	
		Puertos y dispositivos de entrada y salida		
		Puertos USB externos frontales	2	
		Puertos USB externos posteriores	4	
		Línea de salida bocina/micrófono	5	
		Unidad CD/DVD	1	

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
2	CPU	Computadora	Mega, BIOSTAR <i>GROUP</i> Modelo H55 HD	Funcional
		Cable de poder	1	
		Cable VGA	1	
		Procesador		
		Marca	Intel	
		Modelo	Core i3	
		Velocidad	3.07 GHz	
		Dispositivos de almacenamiento		
		Disco duro interno	300 GB	
		RAM	4 GB	
		Comunicación		
		Vía de conexión a Internet	Gigabit Ethernet	
		Puerto RJ-45	1	
		Sistema Operativo		
		Sistema Operativo	Windows 7 <i>Ultimate</i>	
		Idioma	Español	
		Bits	64	
		Puertos para periféricos de salida		
		Puerto VGA	1	
		Puerto DVI	1	
		Puerto HDMI	1	
		Puertos para periféricos de entrada		
		Puerto PS/2 teclado	1	
		Puertos para periféricos de entrada y salida		
		Puertos USB externos posteriores	4	
		Línea de salida bocina/micrófono	3	
1	Impresora	Marca	EPSON Multifuncional Tinta Continua	Funcional
		Serie	L380	
		Conectividad	USB 2.0 <i>High Speed</i>	

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición	
		Descripción	Valor		
		Scanner	Cama plana con sensor de líneas CIS de color		
		Cable de poder	1		
		Cable USB	1		
3	Laptop	Computadora	Acer Aspire 5 A515-75UY	Funcional	
		Cable de poder	1		
		Procesador			
		Marca	Intel		
		Modelo	Core i7 7500 U		
		Velocidad	2.7 GHz con Turbo Boost hasta 3.5 GHz		
		Dispositivos de almacenamiento			
		Disco duro interno	1000 GB HDD		
		RAM	8 GB DDR4		
		Comunicación			
		Vía de conexión a Internet	Gigabit Ethernet, Intel Dual Band Wireless-AC3168		
		Puerto RJ-45	1		
		Sistema Operativo			
		Sistema Operativo	Windows 10 Home		
		Idioma	Español		
		Bits	64		
		Puertos para periféricos de salida			
		Puerto HDMI	1		
		Puertos para periféricos de entrada y salida			
		Línea de salida bocina/micrófono	1		
		Puertos USB externos	3		
		Puerto SD	1		
2	Laptop	Computadora	HP 240 G1 Notebook PC	Funcional	
		Cable de poder	1		
		Procesador			
		Marca	Intel		
		Modelo	Core i5		

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
		Velocidad	2.6 GHz	
		Dispositivos de almacenamiento		
		Disco duro interno	700 GB	
		RAM	4 GB	
		Comunicación		
		Vía de conexión a Internet	Gigabit Ethernet, Ralink RT3290 802.11bgn Wi-Fi Adapter	
		Puerto RJ-45	1	
		Sistema Operativo		
		SO	Windows 7 Professional, Service Pack 1	
		Idioma	Español	
		Bits	64	
		Puertos para periféricos de salida		
		Puerto HDMI	1	
		Puerto VGA	1	
		Puertos y dispositivos de entrada y salida		
		Línea de salida bocina/micrófono	2	
		USB externos	3	
		Unidad CD/DVD	1	
		Puerto SD-Card	1	
8	Monitor	Marca	LG	Funcional
		Modelo	Flatron W1943	
		Color	Negro	
1	Monitor	Marca	BenQ	Funcional
		Modelo	senseye 3	
		Color	Negro	
5	Mouse	Marca	Genius Multimedia Keyboard	Funcional
		Modelo	GM-04003A XSCROLL	
		Mecanismo	Óptico	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Negro	
2	Mouse	Marca	Etouch	Funcional
		Mecanismo	Óptico	

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Negro	
2	Mouse	Marca	Klip Xtreme	Funcional
		Modelo	KMO-104	
		Mecanismo	Óptico	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Negro	
2	Mouse	Marca	Manhattan	Funcional
		Modelo	179430	
		Mecanismo	Óptico	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Negro – Rojo	
1	Mouse	Marca	Klip Xtreme	Funcional
		Tipo	Óptico	
		Modelo	KMO-11	
		Color	Negro – Gris	
2	Teclado	Marca	Klip Xtreme	Funcional
		Modelo	KKM-250S	
		Idioma	Español	
		Color	Negro	
1	Mouse	Marca	Klip Xtreme	Funcional
		Modelo	KMO-250BL	
		Mecanismo	Óptico	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Negro-Celeste	
1	Mouse	Marca	Logitech	Funcional
		Modelo	M90	
		Mecanismo	Óptico	
		Conexión	Cable, USB	
		Color	Gris – Negro	
1	Proyector	Marca	BenQ	Funcional
		Modelo	MX528	
		Puertos VGA (D-Sub)	3	
		Puertos HDMI	1	
		Cable de poder	1	
		Cable VGA	1	

Continúa tabla 1.

Cantidad	Activo	Características		Condición
		Descripción	Valor	
		Control remoto	1	
1	Enrutador	Marca	TP-LINK	Funcional
		Modelo	TL-WR940N	
		Puertos WAN	1	
		Puertos LAN	4	
		Frecuencia	300 Mbps	
		Cable de poder	1	
2	Teclado	Marca	Acteck	Funcional
		Idioma	Español	
		Color	Negro	
		Modelo	AT-2700	
1	Teclado	Marca	CAP	Funcional
		Idioma	Español	
		Color	Negro	
1	Teclado	Marca	Klip Xtreme	Funcional
		Modelo	KKS-050S	
		Idioma	Español	
		Color	Negro	
1	Teclado	Marca	XTech, teclado multimedia	Funcional
		Idioma	Español	
		Color	Negro	
5	UPS	Marca	CDP Chicago Digital Power	Funcional
		Cable de poder	Terminal NEMA 5-15P	
		Receptáculos	6 NEMA 5-15R	
		Data Line Protection	2	

Fuente: elaboración propia.

La carrera dispone de un servidor, en el cual se alojan el SINTET y el SIAM. La base de datos central y la aplicación web se alojaron en el servidor mencionado, del cual se listan sus características en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características del servidor

Descripción	Valor
Sistema Operativo	Ubuntu Server 14.04
Sistema Gestor de Base de Datos	MariaDB 5.5.62-0
Servidor web	Apache/2.4.7
PHP	Versión 5.6.40-6

Fuente: elaboración propia.

1.6. Justificación del proyecto

Uno de los objetivos específicos de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local establece que se debe “generar y validar conocimientos y tecnologías que contribuyan a la protección, conservación y aprovechamiento sostenible del ambiente” (CUNORI, 2019). Docentes y estudiantes de la carrera han realizado continuamente estudios de calidad del agua, pero debido al manejo ineficiente de la información generada, ésta no ha tenido el impacto esperado en los esfuerzos de las instituciones por la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos del medio ambiente de manera sostenible.

Una solución que implique el aprovechamiento de las tecnologías de la información permitirá agilizar los procesos involucrados en la administración de los estudios de calidad del agua y manejar de manera eficiente la información que generan. Por lo tanto, se consideró necesario diseñar e implementar un sistema de información de calidad del agua para apoyar los procesos de investigación, docencia, aprendizaje y divulgación del conocimiento de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Oriente.

2. FASE TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto ejecutado integra tres aplicaciones de software orientadas a facilitar procesos de investigación y enseñanza-aprendizaje además de la presentación pública de la información generada por los estudios, a través de un sitio web. Los datos recabados en el campo serán registrados en la aplicación móvil desarrollada. La aplicación web ofrece, a usuarios registrados, funciones de administración de los estudios, ingreso de los datos de los análisis de laboratorio y realización del cálculo del índice de calidad, mientras que a la sociedad en general le proporciona información de la calidad del agua. El software de escritorio realiza el cálculo del ICA a partir de los valores que ingrese el usuario para los parámetros de calidad del agua considerados.

La aplicación móvil funciona sin conexión a Internet previendo que en algunas situaciones, los usuarios necesitarán usarla pero no podrán conectarse. Cuando tenga conexión a Internet, el usuario podrá sincronizar los datos de su dispositivo con la base de datos central.

El proyecto se desarrolló exclusivamente para estudios de calidad de agua aplicando la fórmula del Índice de Calidad del Agua “ICA”, propuesta por Brown. Para las tres aplicaciones se tomaron en cuenta consideraciones de seguridad y usabilidad. La aplicación móvil y la parte privada de la aplicación web requieren la autenticación de usuarios para asegurar la certeza, integridad y calidad de los datos.

2.2. Beneficios del proyecto

- Agilizar el registro de datos recolectados en el campo y producidos en el laboratorio, permitiendo generar más información en menos tiempo.
- Integrar en una base de datos toda la información generada por los estudios, facilitando su consulta y utilización.
- Asegurar la consistencia, durabilidad y coherencia de los datos gracias al empleo de una base de datos relacional.
- Facilitar el cálculo del ICA a través de un proceso automatizado que solamente requerirá el ingreso de los datos necesarios.
- Proporcionar un medio eficiente para la gestión de los estudios de calidad del agua.
- Proveer reportes preparados con la información generada por los estudios.
- Promover la extensión universitaria a través de la parte pública de la aplicación web la cual ofrecerá información de la calidad del agua accesible para la población en general.
- Proveer una herramienta para el cálculo del ICA orientada a las personas que necesiten desarrollar estudios que no están registrados en la base de datos central.

2.3. Fundamentación teórica

2.3.1. Arquitectura cliente servidor

Es una manera de organizar el diseño de software en la que se distribuyen las tareas entre elementos que solicitan recursos y elementos que responden enviando los recursos solicitados si existen, conocidos como servidores. Según el tipo de peticiones que resuelven, los servidores pueden clasificarse como: servidores web, servidores de archivos, servidores de correo, servidores de bases de datos, entre otros. Definiendo la función de un servidor web, Vilajosana y Navarro (2012) mencionan que:

Un servidor web que se ejecuta en un ordenador se mantiene a la espera de peticiones por parte de un cliente (un navegador web o un programa que hace una llamada a un servicio web). Cuando el servidor recibe una petición, responde adecuadamente mediante una página web que se exhibirá en el navegador, o bien mostrará el mensaje de error correspondiente. (p. 17)

Se puede afirmar que la función más usual de un servidor web en una arquitectura cliente servidor, es entregar código HTML a la petición de un navegador. Vilajosana y Navarro (2012) agregan que “además de la transferencia de código HTML, los servidores web pueden ejecutar aplicaciones web. Estas están formadas por código que se ejecuta cuando se realiza alguna petición o respuesta HTTP” (p. 17).

2.3.2. Patrón modelo, vista, controlador

International Business Machines Corporation (2019), define el patrón modelo vista controlador de la manera siguiente:

El patrón de diseño de modelo-vista-controlador (MVC) especifica que una aplicación consta de un modelo de datos, de información de presentación y de información de control. El patrón requiere que cada uno de estos elementos esté separado en distintos objetos.

El modelo (por ejemplo, la información de datos) contiene únicamente los datos puros de aplicación; no contiene lógica que describe cómo pueden presentarse los datos a un usuario.

La vista (por ejemplo, la información de presentación) presenta al usuario los datos del modelo. La vista sabe cómo acceder a los datos del modelo, pero no sabe el significado de estos datos ni lo que el usuario puede hacer para manipularlos.

Por último, el controlador (por ejemplo, la información de control) está entre la vista y el modelo. Escucha los sucesos desencadenados por la vista (u otro origen externo) y ejecuta la reacción apropiada a estos sucesos. En la mayoría de los casos, la reacción es llamar a un método del modelo. Puesto que la vista y el modelo están conectados a través de un mecanismo de notificación, el resultado de esta acción se reflejará automáticamente en la vista.

2.3.3. Tecnologías de desarrollo

2.3.3.1. Javascript, ECMAScript 6

Javascript es un lenguaje de programación interpretado, multiparadigma, de tipado débil y dinámico. Se usa comúnmente en la programación de páginas web dinámicas aunque en los últimos años se ha extendido a otras aplicaciones como la programación de aplicaciones móviles.

Parafraseando a Haverbeke (2018), la organización ECMA *International* desarrolló un estándar del lenguaje conocido como ECMAScript y suele usarse el término como sinónimo de Javascript.

2.3.3.2. React Native, versión 0.57

React Native es un *framework* para desarrollo de aplicaciones nativas para Android y iOS usando tecnologías web como Javascript. Fue desarrollado a partir de la biblioteca para desarrollo de aplicaciones React, creada por Facebook. El valor especial de React Native es que permite generar aplicaciones cuya apariencia sea similar a las aplicaciones desarrolladas específicamente para una plataforma.

Traduciendo y parafraseando a Eisenman (2015), React Native utiliza una mezcla de Javascript y etiquetas XML conocida como JSX. Se invoca a las API de generación de gráficos para iOS o Android y provee interfaces para acceder a componentes de la plataforma objetivo.

2.3.3.3. PHP, versión 5.6

Respecto al lenguaje de programación PHP, Berni y Gil (2010), comentan:

PHP corresponde a las iniciales de *personal home page tools* (herramientas para páginas iniciales personales). Es un lenguaje de programación tipo *script* para entornos web con unas funciones muy semejantes a las de ASP y JSP, utilizado, sobre todo, en servidores Linux para personalizar la información enviada a los usuarios que acceden a un sitio web. Desde un punto de vista técnico, es un lenguaje interpretado de alto nivel, similar en construcciones léxicas y sintácticas a C, C++, Java y Perl.

PHP es un lenguaje incrustado (*embedded*) en páginas HTML, es decir, es un lenguaje de programación que se introduce dentro de las páginas HTML. El código PHP se interpreta en el lado del servidor web, desde donde se genera la página HTML solicitada antes de llevar a cabo su transmisión al navegador. De esta forma, podemos programar aplicaciones asociadas al servidor de web, aumentando, así, la funcionalidad de dicho servidor y convirtiéndolo en un sistema de desarrollo de aplicaciones cliente/servidor mucho más completo. Su principal objetivo es hacer que desarrolladores de aplicaciones basadas en la web puedan escribir páginas que se generan dinámicamente de una forma sencilla y rápida.

En cuanto a la tecnología del intérprete de PHP, la versión 3 ya era tan rápida como los intérpretes existentes de ASP. Con la versión 4 de PHP, su rendimiento y prestaciones mejoraron todavía más: el intérprete (Zend) era hasta 12 veces más rápido que el de la versión 3; se modularizó [sic] todo el diseño interno; se perfeccionó su integración con otros servidores HTTP como el IIS de Microsoft, y se encaró hacia la programación orientada a objetos (Programación OO). Con la versión 5, se ha rediseñado completamente el motor Zend, para crear un lenguaje completamente OO, agilizando más aún su funcionamiento, y extrayendo la compatibilidad con MySQL en un módulo externo. (pp. 7-8)

2.3.3.4. Apache, versión 2.4

Berni y Gil (2010), respecto al servidor Apache indican:

Apache es un servidor de web. Un servidor web es un software que responde a las solicitudes de los navegadores web. En estos momentos, Apache es uno de los servidores web más populares del mundo. Ello se debe, entre otras cosas, a que Apache es un software de alta calidad y de código abierto (*open source*), lo que significa que puede descargarse de forma gratuita desde Internet.

Una de las principales características de Apache es su extensibilidad basada en una gran capacidad de modulación de su código fuente, hecho que ha facilitado la aparición de módulos de

extensión como PHP, que evitará el uso de cgi-bin por completo, facilitando así enormemente la programación de aplicaciones en el lado del servidor, en especial en el campo del acceso a bases de datos, así como su agilidad en servir las páginas solicitadas y su seguridad. (p. 7)

2.3.3.5. CMS

Según el Centro de apoyo tecnológico a emprendedores, Fundación parque científico y tecnológico de Albacete (2012), un sistema de administración de contenido (CMS, por sus siglas en inglés) “es un término genérico que abarca un amplio conjunto de soluciones cuya funcionalidad y alcance depende del tipo de contenidos que gestionen y del ámbito de aplicación de la solución” (p. 8). El Centro de apoyo tecnológico a emprendedores, Fundación parque científico y tecnológico de Albacete (2012), señala que algunos tipos de soluciones CMS son dirigidas a: contenidos empresariales, contenidos web, documentos y contenidos para el aprendizaje.

El CMS empleado en el proyecto se orienta hacia un sistema de gestión de contenido web, conocido como WCM, por lo cual se debe tomar en cuenta que:

Un Sistema de Gestión de Contenido Web es una herramienta que permite crear, editar, modificar y publicar contenidos Web, especialmente portales Web, ya estén dirigidos a una audiencia interna o externa.

Un WCM puro incluye de forma más habitual otras funcionalidades avanzadas no específicas de estos sistemas como por ejemplo gestión de permisos, sistemas de búsquedas, entornos colaborativos, etc. (Centro de apoyo tecnológico a emprendedores, Fundación parque científico y tecnológico de Albacete, 2012, p. 8)

2.3.3.6. Joomla, versión 3.9

Joomla es un sistema de administración de contenido web escrito en el lenguaje PHP, que provee de un marco de desarrollo de aplicaciones completo para facilitar la creación de soluciones a la medida. Está diseñado para acoplarse con MySQL y utiliza el patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC) para estructurar de manera adecuada los elementos que construyen un componente o cualquier tipo de extensión que se desarrolle. Respecto a Joomla, el Centro de apoyo tecnológico a emprendedores, Fundación parque científico y tecnológico de Albacete (2012) señala:

Joomla es uno de los CMS más utilizados y mejor posicionado del mercado, en principio el proyecto está dirigido a proyectos de pequeña y media envergadura que requieren de forma principal presencia en Internet y comunicación: sitios Web corporativos, comunidades de usuarios, tiendas online, etc. Para extraer todo el potencial de Joomla, se requiere cierto conocimiento y experiencia, ya que su máxima versatilidad se obtiene de la integración, adaptación y desarrollo de nuevos módulos. (p. 24)

2.3.3.7. MySQL, versión 5.5

MySQL es un sistema gestor de bases de datos que se caracteriza por ser relacional y por implementar el lenguaje de consulta estructurado, SQL por sus siglas en inglés. Describiendo las características de MySQL, Berni y Gil (2010) afirman que “sus principales objetivos han sido la velocidad y la robustez. Es un SGBD sencillo y rápido que se adapta perfectamente a entornos en los que el volumen de datos sea del orden de megabytes...” (p. 9). MySQL cuenta con “...distintos motores de almacenamiento de datos, entre los que destacan MyISAM (permite índices por cadenas completas) y [sic] InnoDB (que permite el uso de transacciones) o la incorporación de buffers en memoria que permiten agilizar la respuesta de sus resultados” (Berni y Gil, 2010, p. 10).

2.3.3.8. HTML5

El lenguaje de marcado de hipertexto, HTML por sus siglas en inglés, es utilizado para crear páginas web, específicamente para establecer su contenido. A través de un conjunto de etiquetas, se estructura el contenido del documento y los elementos ubicados dentro de ellas reciben un significado especial de acuerdo a la semántica de la etiqueta. El estilo y la funcionalidad de una página web son determinados por CSS y Javascript respectivamente. El Consorcio de *World Wide Web* se encarga de generar estándares y protocolos para varios lenguajes utilizados en la Web. Actualmente, el estándar para el lenguaje de marcado de hipertexto es conocido como HTML5.

Explicando el concepto de hipertexto, Mozilla MDN web docs (2020) menciona que “HTML le da "valor añadido" a un texto estándar en español. Hiper Texto [sic] se refiere a enlaces que conectan una página Web con otra, ya sea dentro de una página web o entre diferentes sitios web”.

2.3.3.9. CSS, versión 3

Acerca de CSS, Collell (2013) menciona que:

El CSS es un lenguaje de estilos empleado para definir la presentación, el formato y la apariencia de un documento de marcaje, sea html [sic], xml [sic], o cualquier otro. Comúnmente se emplea para dar formato visual a documentos html [sic] o xhtml [sic] que funcionan como espacios web. También puede ser empleado en formatos xml [sic], u otros tipos de documentos de marcaje para la posterior generación de documentos.

Las hojas de estilos nacen de la necesidad de diseñar la información de tal manera que podemos separar el contenido de la presentación y, así, por una misma fuente de información, generalmente definida mediante un lenguaje de marcaje, ofrecer diferentes presentaciones en función de dispositivos, servicios, contextos o aplicativos. Por lo que un mismo documento html [sic], mediante diferentes hojas de estilo, puede ser presentado por pantalla, por impresora, por lectores de voz o por tabletas braille. Separamos el contenido de la forma, composición, colores y fuentes. (p. 7)

2.3.3.10. Java, versión 8

Java es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos, seguro y multiplataforma. Explicando la característica de neutralidad de la plataforma, Joyanes y Zahonero (2010), señalan que “los programas Java se traducen primero a un lenguaje intermedio que es el mismo para todas las aplicaciones o aparatos (computadoras)” (p. 744). El lenguaje intermedio es ejecutado por la máquina virtual de Java, logrando de esa manera desarrollar aplicaciones para diferentes dispositivos y necesidades de los usuarios.

El uso de Java es muy amplio, ya que en la actualidad abarca la programación de aplicaciones de escritorio, software embebido, a web, aplicaciones empresariales y aplicaciones móviles. La seguridad con que reviste Java a las aplicaciones desarrolladas con dicho lenguaje permite su alta aceptación en el mercado de desarrollo de software profesional. Joyanes y Zahonero (2010) indican que “Java se diseñó para crear sistemas libres de virus y hacer que ciertos tipos de ataques sean imposibles” (p. 744).

2.3.4. Proceso Unificado de Rational

El Proceso Unificado de Rational, es una metodología de desarrollo de software que se divide en dos dimensiones: la dimensión dinámica y la dimensión estática del proceso. La dimensión dinámica se compone de cuatro fases consecutivas: concepción, elaboración, construcción y transición. Cada fase abarca actividades de la dimensión estática, la cual se compone de seis

flujos de trabajo principales, los cuales son: modelado de negocio, requerimientos, análisis y diseño, implementación, pruebas, despliegue, administración de la configuración del cambio, administración del proyecto y entorno.

Sommerville (2011), define las cuatro fases de la dimensión dinámica de RUP de la siguiente manera:

Concepción. La meta de la fase de concepción es establecer un caso empresarial para el sistema. Deben identificarse todas las entidades externas (personas y sistemas) que interactuarán con el sistema y definirán dichas interacciones. Luego se usa esta información para valorar la aportación del sistema hacia la empresa. Si esta aportación es menor, entonces el proyecto puede cancelarse después de esta fase.

Elaboración. Las metas de la fase de elaboración consisten en desarrollar la comprensión del problema de dominio, establecer un marco conceptual arquitectónico para el sistema, diseñar el plan del proyecto e identificar los riesgos clave del proyecto. Al completar esta fase, debe tenerse un modelo de requerimientos para el sistema, que podría ser una serie de casos de uso del UML, una descripción arquitectónica y un plan de desarrollo para el software.

Construcción. La fase de construcción incluye diseño, programación y pruebas del sistema. Partes del sistema se desarrollan en paralelo y se integran durante esta fase. Al completar ésta, debe

tenerse un sistema de software funcionando y la documentación relacionada y lista para entregarse al usuario.

Transición. La fase final del RUP se interesa por el cambio del sistema desde la comunidad de desarrollo hacia la comunidad de usuarios, y por ponerlo a funcionar en un ambiente real. Esto es algo ignorado en la mayoría de los modelos de proceso de software aunque, en efecto, es una actividad costosa y en ocasiones problemática. En el complemento de esta fase se debe tener un sistema de software documentado que funcione correctamente en su entorno operacional. (pp. 50-51)

La dimensión estática se compone de flujos de trabajo que se desarrollan iterativamente a lo largo de las fases de la dimensión dinámica. Algunos flujos de trabajo tienen mayor énfasis en determinadas fases, pero casi siempre persisten durante todo el proceso. El cuadro 2 muestra la descripción de los flujos de trabajo de la dimensión estática.

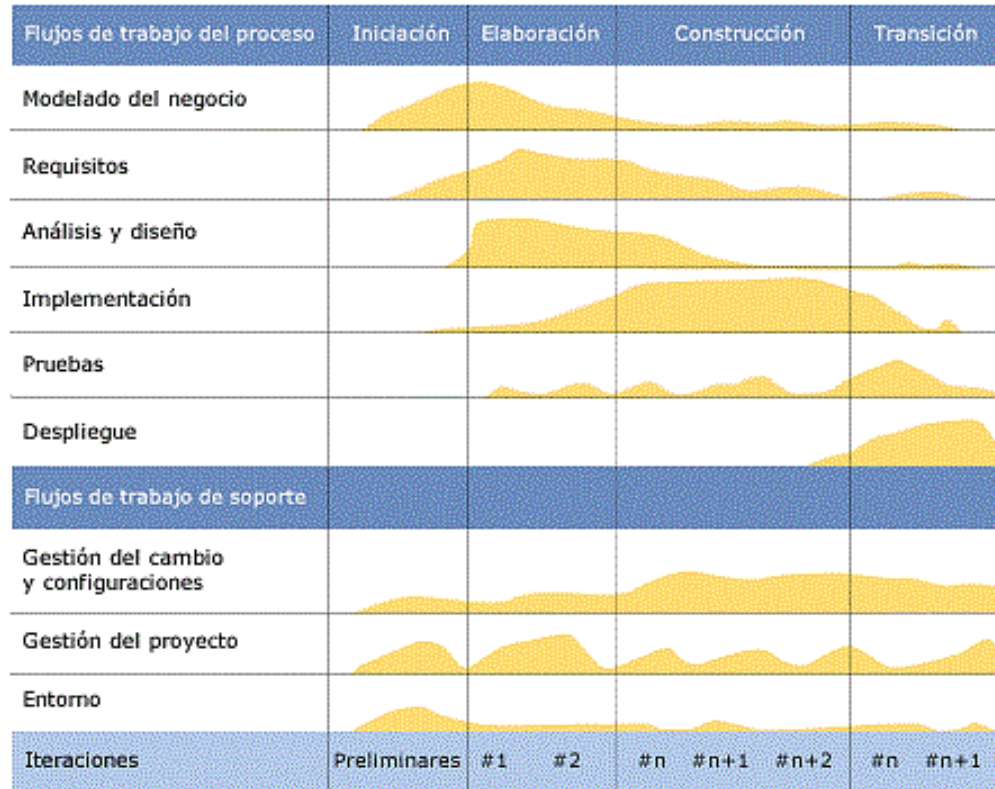
Cuadro 2. Flujos de trabajo de RUP

Flujo de trabajo	Descripción
Modelado del negocio	Se modelan los procesos de negocios utilizando casos de uso de la empresa.
Requerimientos	Se establecen los requerimientos del sistema obtenidos de los actores que interactúan con el sistema.
Análisis y diseño	Se crea y documenta un modelo de diseño utilizando los modelos necesarios.
Implementación	Se implementan y estructuran los componentes del sistema en subsistemas de implementación.
Pruebas	Las pruebas son un proceso iterativo que se realiza en conjunto con la implementación.
Despliegue	Se crea la liberación de un producto, se distribuye a los usuarios y se instala en su lugar de trabajo.
Administración de la configuración y del cambio	Este flujo de trabajo de apoyo gestiona los cambios al sistema.
Administración del proyecto	Este flujo de trabajo de apoyo gestiona el desarrollo del sistema.
Entorno	Pone a disposición del equipo de desarrollo, las herramientas adecuadas de software.

Fuente: adaptado de Sommerville, I. 2011. p. 52.

La figura 2 muestra el esfuerzo de los flujos de trabajo según las fases e iteraciones.

Figura 2. Fases y flujos de trabajo iterativos en RUP



Fuente: Proceso Unificado de Rational. (2019).

2.3.5. Índice de calidad del agua

El índice de calidad del agua muestra la idoneidad del agua para los usos que se le pueden dar. Para calcular el índice se evalúan varias características físicas, químicas y biológicas obtenidas en la recolección de muestras del depósito o cuerpo de agua que se está estudiando. Existen diversas fórmulas para el cálculo del índice de calidad del agua, el sistema a desarrollar implementará la fórmula propuesta por Brown. Respecto al índice de calidad del agua propuesto por Brown, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales - SNET- (2019), del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador indica:

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (*Water Quality Index*) que en español se conoce como: INDICE [sic] DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)

- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en $^{\circ}\text{C}$)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- Oxígeno [sic] disuelto (OD en % saturación). (pp. 1-2)

Los resultados del índice de calidad de agua propuesto por Brown se clasifican en cinco rangos asociados a una valoración de la calidad identificada por un color. La tabla 2 muestra la clasificación del ICA, los rangos y colores asignados.

Tabla 2. **Clasificación del ICA propuesto por Brown**

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos, J. en Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2019).

Interpretando la clasificación mostrada en la tabla 4, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales -SNET- (2019) señala que:

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación. (p. 4)

Existen dos fórmulas equivalentes para calcular el ICA propuesto por Brown las cuales se definen como: la suma lineal de los productos del subíndice del parámetro y el peso relativo o el producto de los subíndices elevados al peso correspondiente. La fórmula de sumatoria se identifica como

ICA_a y la fórmula multiplicativa es identificada como ICA_m. Según Landwehr y Denninger, en Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2019), las técnicas multiplicativas devuelven mejores resultados que las aritméticas. Siendo Sub_i el subíndice del parámetro “i” y w_i el peso asignado al mismo parámetro, las fórmulas se construyen matemáticamente de la manera que se muestra a continuación.

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

La tabla 3 muestra los pesos relativos para cada parámetro.

Tabla 3. **Pesos relativos para cada parámetro del ICA**

i	Sub _i	w _i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Cambio de la temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17

Fuente: adaptada de Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2019).

Grunitzki, Ferrari, Silva, Zambão y Neckel (2013) reestructuraron las ecuaciones que definen las curvas para los parámetros del índice de calidad del agua resultando en fórmulas de menor complejidad para computar y con exactitud equivalente a los resultados de las ecuaciones presentadas en trabajos similares.

Las ecuaciones propuestas por Grunitzki y colaboradores (2013) son presentadas en la tabla 4. Para cada parámetro se definen intervalos en los cuales no se deben aplicar las ecuaciones, sino asignar al subíndice el valor indicado.

Tabla 4. **Ecuaciones de las curvas de variación de los parámetros de calidad del agua**

Variable	Ecuación ajustada a la curva	Parámetros ajustados
CF (coliformes fecales)	$Sub_1 = A + B * \log(CF) + C$ $* \log_{10}(CF)^2 + D$ $* \log_{10}(CF)^3$ Si CF > 100,000, Sub₁ = 3.	A = 98.0300000 B = -36.4500000 C = 3.1380000 D = 0.0677600
pH	$Sub_2 = A * pH^{(B*pH+C*pH^2)} + 5.213$ Si pH < 2, Sub₂ = 2. Si pH > 12, Sub₂ = 3.	A = 0.0542100 B = 1.2300000 C = -0.0987300
DBO ₅	$Sub_3 = A * \exp(B * DBO_5)$ Si DBO₅ > 30, Sub₃ = 2.	A = 102.6000000 B = -0.1101000
NT (nitratos)	$Sub_4 = A * NT^{(B+C*NT)}$ Si NT > 100, Sub₄ = 1.	A = 98.9600000 B = -0.2232000 C = -0.0064570

Continúa tabla 4.

Variable	Ecuación ajustada a la curva	Parámetros ajustados
FT (fosfatos)	$Sub_5 = A * \exp(B * FT^C)$ Si FT > 10, Sub₅ = 1.	A = 213.7000000 B = -1.6800000 C = 0.3325000
ΔT (cambio de la temperatura)	$Sub_6 = \frac{1}{(A * (\Delta T + B)^2 + C)}$ Si $\Delta T < -5$, Sub₆ = indefinido. Si $\Delta T > 15$, Sub₆ = 9.	A = 0.0003869 B = 0.1815000 C = 0.0108100
TU (turbidez)	$Sub_7 = A * \exp(B * TU + C * \sqrt{TU})$ Si TU > 100, Sub₇ = 5.	A = 97.3400000 B = -0.0113900 C = -0.0491700
ST (sólidos disueltos totales)	$Sub_8 = A * \exp(B * ST + C * \sqrt{ST}) + D * ST$ Si ST > 500, Sub₈ = 32.	A = 80.2600000 B = -0.0010700 C = 0.0300900 D = -0.1185000
%O ₂ (oxígeno disuelto)	$Sub_9 = A * \exp\left(\frac{(\%O_2 + B)^2}{C}\right)$ Si %O₂ > 140, Sub₉ = 47.	A = 100.8000000 B = -106.000000 C = -3745.000000

Fuente: adaptada de Grunitzki, R., Ferrari, J., Silva, A., Zambão, P y Neckel, E. 2013.

2.4. Características principales del producto final

Los productos obtenidos del proyecto ejecutado son:

- Base de datos centralizada.
- Pequeña réplica de la base de datos con información exclusiva y necesaria para el usuario de la aplicación móvil. Dicha base de datos se aloja en el dispositivo del usuario.
- Aplicación móvil para acompañar el trabajo de campo.
- Parte privada de la aplicación web para la gestión de estudios, carga de datos y cálculo del Índice de Calidad del Agua.
- Parte pública de la aplicación web para la consulta de los resultados generados.
- Software de escritorio para realizar el cálculo del ICA en estudios independientes a los registrados en el sistema.
- Manual de usuario para cada aplicación.
- Manual de instalación.

2.5. Requerimientos generales del usuario

1. El sistema permite la creación de estudios, asignando al usuario o grupo de usuarios que se encargarán de registrar los datos de las muestras y podrán obtener los resultados en distintos formatos.
2. La aplicación móvil permite al usuario registrar datos de ubicación, tiempo y parámetros a nivel de campo de las muestras tomadas para determinado estudio.
3. La parte privada de la aplicación web permite al laboratorista o a un usuario asignado al estudio, cargar los resultados del análisis físico-químico, microbiológico y de metales pesados de las muestras.
4. La parte privada de la aplicación web y el software de escritorio calculan el índice de calidad del agua a partir de los parámetros que requiere la fórmula.
5. El usuario registrado podrá descargar los parámetros medidos en el campo, los resultados de laboratorio y el índice de calidad de todas las muestras tomadas en el estudio, en formato editable y de sólo lectura.
6. La parte pública de la aplicación web brinda acceso a los resultados de la información generada por los estudios, la cual será presentada en forma tabular y a través de un mapa.

2.6. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son derivados de cada requerimiento general del usuario, por lo que su enumeración indica con el primer dígito el requerimiento general de usuario del que se desprende y con el segundo dígito el número de requerimiento funcional.

- 1.1. Cada estudio se identifica con un código, y tendrá como datos asociados: nombre, descripción, fecha de creación, fecha de finalización y el o los usuarios asignados a dicho estudio. Los datos son ingresados por un docente a través de un formulario en la parte privada de la aplicación web.
- 1.2. La parte privada de la aplicación web muestra la información de los estudios creados que se encuentren en desarrollo o finalizados.
- 2.1. La aplicación móvil muestra la lista de estudios asignados al usuario que la emplea.
- 2.2. El usuario de la aplicación móvil puede crear una nueva muestra para determinado estudio. Cada muestra es identificada con un código autogenerado que sirve para llevar seguimiento a los resultados de laboratorio de la muestra.
- 2.3. En el momento de creación de la nueva muestra, el sistema obtiene y almacena las coordenadas del usuario, la fecha y hora.

- 2.4. La aplicación solicita el ingreso de los datos de campo que requiere la fórmula de cálculo del índice de calidad de agua, el nombre del lugar en que se toma la muestra y referencias del mismo.
- 2.5. El usuario de la aplicación móvil puede sincronizar los datos de su dispositivo con los de la base de datos central al tener conexión a Internet.
- 3.1. Los resultados del análisis físico-químico, microbiológico y de metales pesados de las muestras son cargados al sistema desde la parte privada de la aplicación web.
- 4.1. Se puede consultar el índice de calidad del agua inmediatamente después de la carga de los resultados de laboratorio.
- 4.2. El software de escritorio permite al usuario ingresar los valores de los parámetros para realizar el cálculo del ICA y descargar los resultados en un documento de hoja de cálculo.
- 5.1. La parte privada de la aplicación web crea un documento de hoja de cálculo con los datos asociados a las muestras de un estudio y el respectivo índice de calidad.
- 5.2. La parte privada de la aplicación web genera un reporte del estudio que despliega la información básica del mismo, los datos de las muestras y el índice de calidad calculado por el sistema.

- 6.1. El mapa que muestra la parte pública de la aplicación web tiene etiquetas en las ubicaciones dónde fueron obtenidas las muestras para los estudios. Cada etiqueta informa sobre el valor exacto del índice de calidad obtenido y es del color asociado a la clasificación del índice.
- 6.2. La información de la tabla puede ser filtrada con una serie de campos que facilitan la búsqueda de los datos requeridos.

2.7. Requerimientos no funcionales

Según Sommerville (2011), los requerimientos no funcionales “son requerimientos que no se relacionan directamente con los servicios específicos que el sistema entrega a sus usuarios” (p. 87). Los requerimientos no funcionales pueden ser restricciones que rigen o limitan el comportamiento del sistema. La siguiente lista de requerimientos no funcionales se deriva de cada requerimiento general del usuario, por lo que su enumeración indica con el primer dígito el requerimiento general de usuario del que se desprende y con el segundo dígito el número de requerimiento no funcional.

- 1.1. Cada usuario se identifica con su correo electrónico y contraseña. Su información será asociada con la actividad que realice dentro del sistema.
- 1.2. Los usuarios docentes pueden modificar solamente la información de los estudios que hayan creado.

- 2.1. El sistema cuenta con una base de datos central. La aplicación móvil sincronizará los datos locales con la base de datos central.
- 2.2. La base de datos de la aplicación móvil replicará de la base de datos central la información relacionada con el usuario.
- 2.3. La aplicación móvil puede funcionar sin conexión a Internet, almacenando en el dispositivo la información generada y el usuario decide cuándo sincronizar los datos con la base de datos central.
- 3.1. El laboratorista está autorizado para realizar la carga de resultados del análisis físico-químico, microbiológico y de metales pesados de las muestras.
- 4.1. El resultado del índice de calidad se almacena en la base de datos para reducir el tiempo de respuesta por el procesamiento que implicaría realizar el cálculo cada vez que se solicite el dato.
- 5.1. El documento de Hoja de Cálculo tiene el formato XLSX del software MS Excel.
- 5.2. El reporte se genera en Formato de Documento Portable (PDF).
- 6.1. La aplicación web facilita el uso intuitivo y se presenta de manera atractiva para los usuarios.

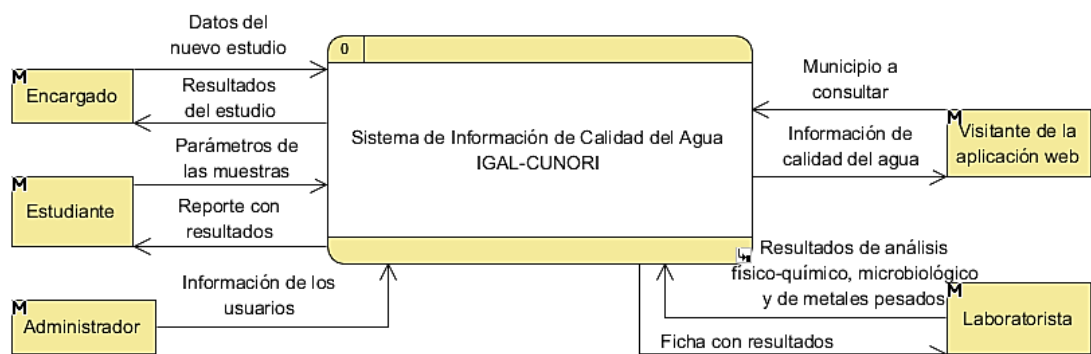
- 6.2. El docente encargado del estudio verifica los resultados. Solamente los resultados verificados son presentados en la parte pública de la aplicación web.
- 6.3. La aplicación web es responsiva para facilitar la consulta desde dispositivos móviles.

2.8. Diagramas de flujo de datos

2.8.1. Diagrama de contexto

El diagrama de flujo de datos (DFD), mostrado en la figura 3 describe las entidades que se relacionan con el sistema y resume las interacciones que sostienen con el mismo.

Figura 3. DFD de contexto

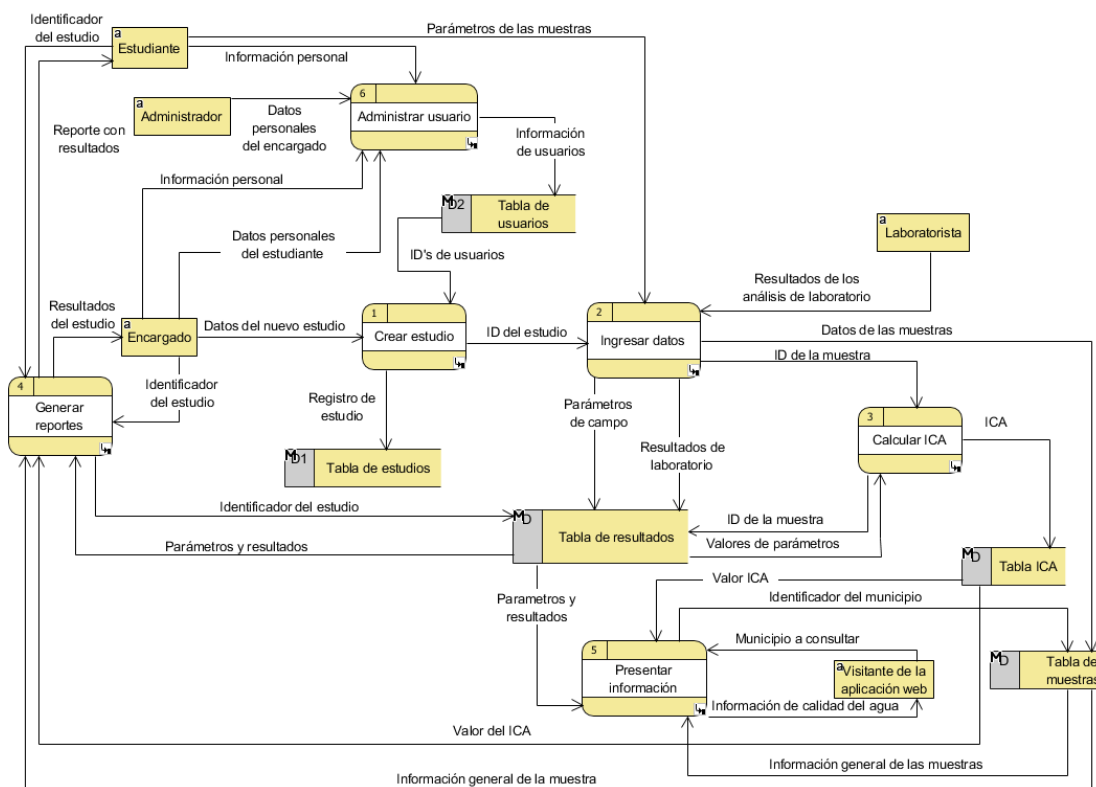


Fuente: elaboración propia.

2.8.2. Diagrama 0

El diagrama de flujo de datos 0, mostrado en la figura 4, descompone al sistema general en sus principales procesos especificando los almacenes de datos con los que interactúa el sistema derivado de las acciones de las entidades externas.

Figura 4. DFD 0



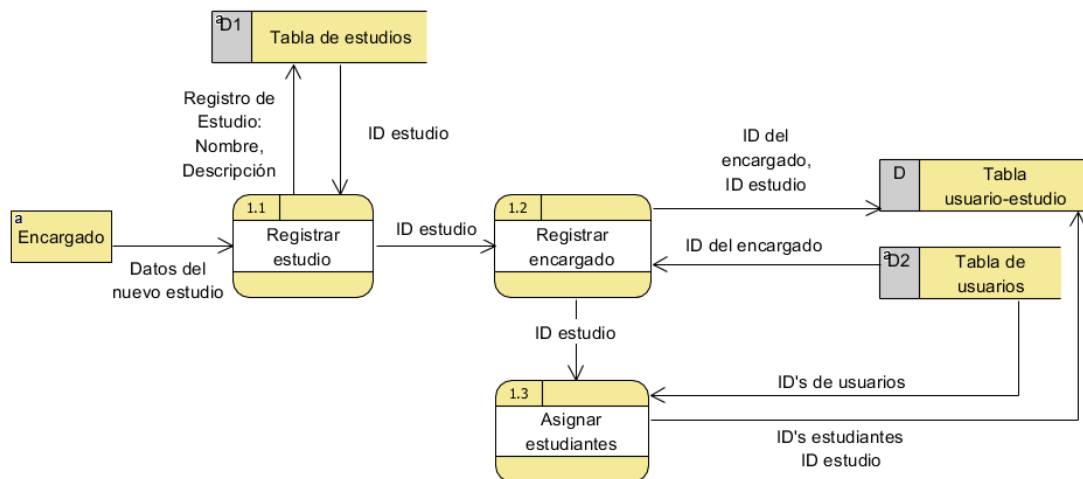
Fuente: elaboración propia.

2.8.3. Diagramas de nivel 1

2.8.3.1. Crear estudio

El diagrama de flujo de datos de nivel 1, mostrado en la figura 5, detalla los subprocesos que se derivan del proceso general de creación de estudios, identificado con el número 1.

Figura 5. DFD de nivel 1, crear estudio

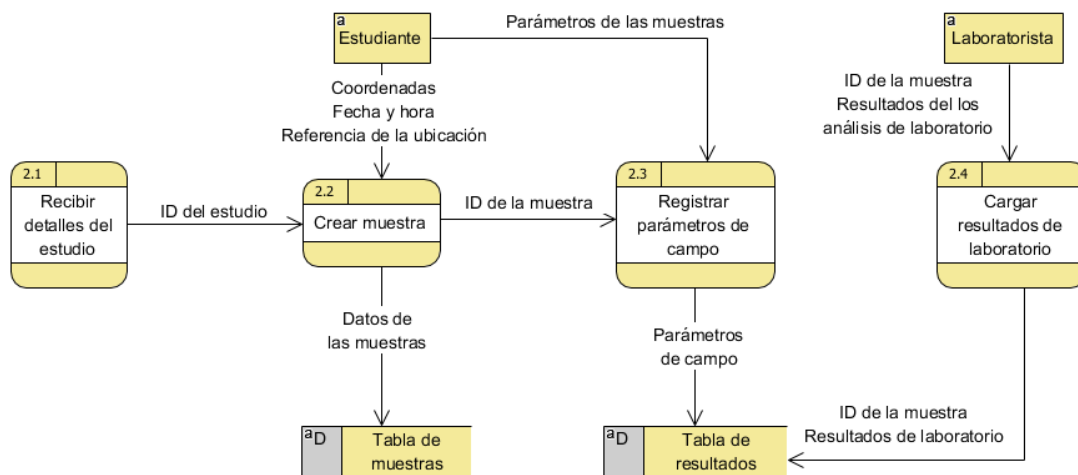


Fuente: elaboración propia.

2.8.3.2. Ingresar datos

La figura 6 muestra el DFD de nivel 1 para el proceso general denominado ingresar datos.

Figura 6. DFD de nivel 1, ingresar datos

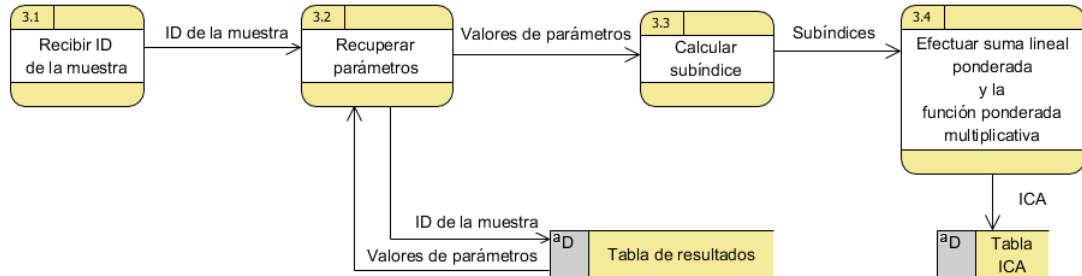


Fuente: elaboración propia.

2.8.3.3. Calcular ICA

El DFD de nivel 1, mostrado en la figura 7, detalla los subprocesos derivados del proceso general denominado calcular ICA.

Figura 7. DFD de nivel 1, calcular ICA

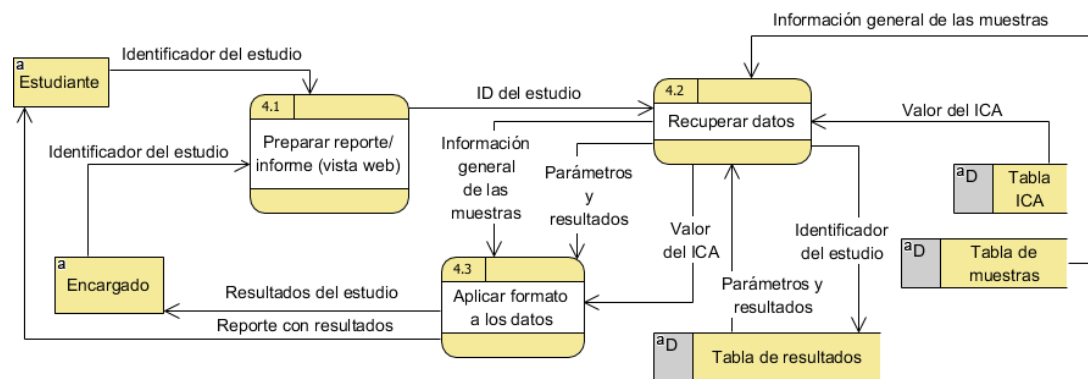


Fuente: elaboración propia.

2.8.3.4. Generar reportes

La figura 8 muestra el diagrama de flujo de datos de nivel 1 que detalla los subprocesos que componen el proceso general denominado generar reportes.

Figura 8. **DFD de nivel 1, generar reportes**

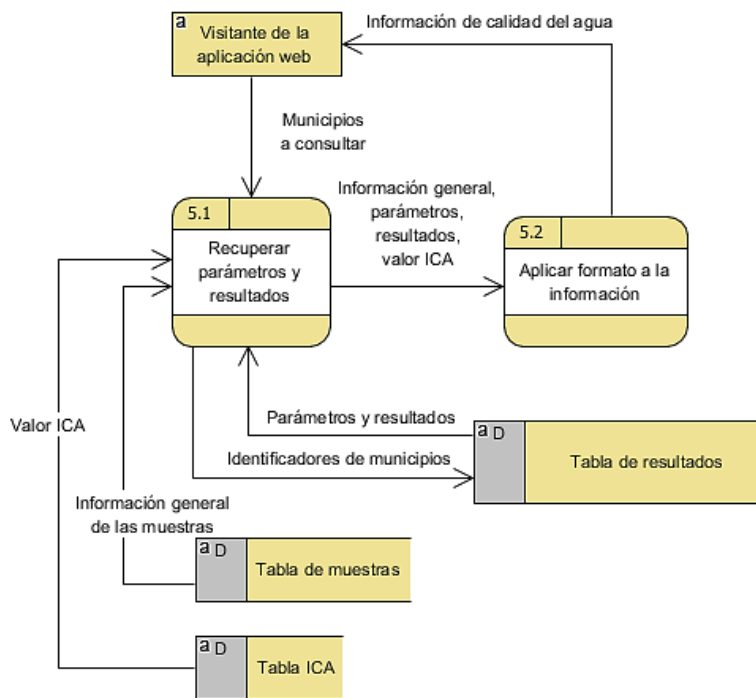


Fuente: elaboración propia.

2.8.3.5. Presentar información

La figura 9 presenta el DFD de nivel 1 que especifica los subprocesos que conforman el proceso general “presentar información”.

Figura 9. **DFD de nivel 1, presentar información**

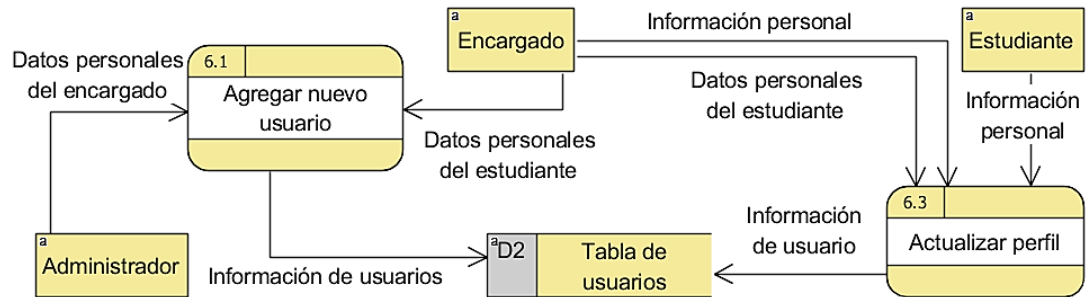


Fuente: elaboración propia.

2.8.3.6. Administrar usuario

El DFD de nivel 1, mostrado en la figura 10, detalla los subprocesos derivados del proceso general denominado administrar usuario.

Figura 10. **DFD de nivel 1, administrar usuario**



Fuente: elaboración propia.

2.9. Organización del equipo de trabajo

El estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del CUNORI, César Emilio Casasola Miranda y un equipo de asesores, supervisores y representantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental del CUNORI, conformaron el grupo de interesados en el proyecto. El cuadro 3 muestra los roles del equipo de trabajo con su descripción respectiva y las personas asignadas a cada rol.

Cuadro 3. Definición de los roles del proyecto

Rol	Definición	Responsable
Analista – Programador	Encargado de especificar y analizar los requerimientos, diseñar el sistema y la base de datos, programar los artefactos de software, poner en producción el sistema, realizar la documentación necesaria, capacitar sobre el uso del software desarrollado y entregar el producto final.	César Emilio Casasola Miranda.
Representantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local	Sus responsabilidades fueron: proveer los requerimientos para el sistema, verificar el cumplimiento de los mismos y la aceptación del producto final	Ingeniero Fredy Samuel Coronado López. Ingeniera Dayryn Estéfany Girón y Girón.
Encargado del servidor web y de base de datos	Facilitó los recursos necesarios para desplegar el sistema en el servidor del que dispone la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local	Ingeniero Pedro Luis Bollat Flores.
Asesora	Verificó el avance de acuerdo al cronograma establecido y aseguró el cumplimiento de los requerimientos. Además proveyó asesoría técnica para el desarrollo del proyecto.	M.B.A. Inga. Samy Eunice Pinto Castañeda.

Fuente: elaboración propia.

2.10. Diagrama de ejecución de las actividades del proyecto

La tabla 5 muestra la planificación del trabajo necesario para la ejecución del proyecto. En el apéndice 2 se agrega el diagrama de Gantt correspondiente.

Tabla 5. **Planificación estimada de actividades**

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
1	Requerimientos				
2	Revisión y aprobación del diagrama de casos de uso para aplicación móvil	4 horas	15 enero 2019 02:00 p.m.	15 enero 2019 06:00 p.m.	
3	Especificación de casos de uso para la aplicación móvil	12 horas	16 enero 2019 02:00 p.m.	18 enero 2019 06:00 p.m.	2
4	Revisión y aprobación del diagrama de casos de uso para el área privada del sitio web	4 horas	07 marzo 2019 02:00 p.m.	07 marzo 2019 06:00 p.m.	21

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
5	Especificación de casos de uso para el área privada del sitio web	12 horas	08 marzo 2019 02:00 p.m.	12 marzo 2019 06:00 p.m.	4
6	Revisión y aprobación del diagrama de casos de uso para el área pública del sitio web	4 horas	09 mayo 2019 02:00 p.m.	09 mayo 2019 06:00 p.m.	23
7	Especificación de casos de uso para el área pública del sitio web	12 horas	10 mayo 2019 02:00 p.m.	14 mayo 2019 06:00 p.m.	6
8	Análisis y Diseño				
9	Diseño del modelo de datos de la BD central	8 horas	21 enero 2019 02:00 p.m.	22 enero 2019 06:00 p.m.	3
10	Elaboración de diagrama de clases, despliegue y secuencias para la aplicación móvil	8 horas	23 enero 2019 02:00 p.m.	24 enero 2019 06:00 p.m.	9

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
11	Diseño de la base de datos SQLite para la aplicación móvil	8 horas	25 enero 2019 02:00 p.m.	28 enero 2019 06:00 p.m.	10
12	Ampliación del modelo de datos de la BD central para operaciones del área privada del sitio web	8 horas	13 marzo 2019 02:00 p.m.	14 marzo 2019 06:00 p.m.	5
13	Elaboración de diagrama de clases y secuencias para el área privada del sitio web	8 horas	19 marzo 2019 02:00 p.m.	20 marzo 2019 06:00 p.m.	22
14	Ampliación del modelo de datos de la BD central para el área pública sitio web	4 horas	22 mayo 2019 02:00 p.m.	22 mayo 2019 06:00 p.m.	25
15	Elaboración de diagrama de clases y secuencias para el área pública sitio web	8 horas	23 mayo 2019 02:00 p.m.	24 mayo 2019 06:00 p.m.	14

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
16	Implementación				
17	Codificación del prototipo (interfaz) de la aplicación móvil	32 horas	29 enero 2019 02:00 p.m.	07 febrero 2019 06:00 p.m.	11
18	Codificación del prototipo (interfaz) del área privada del sitio web	40 horas	21 marzo 2019 02:00 p.m.	03 abril 2019 06:00 p.m.	13
19	Codificación del prototipo (interfaz) del área pública del sitio web	16 horas	27 mayo 2019 02:00 p.m.	30 mayo 2019 06:00 p.m.	15
20	Codificación de las funciones de la aplicación móvil	48 horas	11 febrero 2019 02:00 p.m.	26 febrero 2019 06:00 p.m.	31
21	Desarrollo de la función de sincronización de la aplicación móvil	20 horas	28 febrero 2019 02:00 p.m.	06 marzo 2019	38

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
22	Corrección de errores en la aplicación móvil	12 horas	14 marzo 2019 02:00 p.m.	18 marzo 2019 06:00 p.m.	32
23	Codificación de las funciones del área privada del sitio web	96 horas	05 abril 2019 02:00 p.m.	08 mayo 2019 06:00 p.m.	33
24	Codificación de aplicación de escritorio	20 horas	09 mayo 2019 02:00 p.m.	15 mayo 2019 06:00 p.m.	23
25	Corrección de errores en el área privada del sitio web	16 horas	16 mayo 2019 02:00 p.m.	21 mayo 2019 06:00 p.m.	34
26	Codificación de la parte pública del sitio web	68 horas	03 junio 2019 02:00 p.m.	25 junio 2019 06:00 p.m.	35
27	Corrección de errores en el área pública del sitio web	8 horas	28 junio 2019 02:00 p.m.	01 julio 2019 06:00 p.m.	36

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
28	Elaboración del manual técnico	24 horas	02 julio 2019 02:00 p.m.	09 julio 2019 06:00 p.m.	27
29	Elaboración de manuales de usuario	16 horas	10 julio 2019 02:00 p.m.	15 julio 2019 06:00 p.m.	28
30	Pruebas				
31	Prueba de aceptación del prototipo de la aplicación móvil	4 horas	08 febrero 2019 02:00 p.m.	08 febrero 2019 06:00 p.m.	17
32	Revisión y aceptación de la aplicación móvil	20 horas	07 marzo 2019 02:00 p.m.	13 marzo 2019 06:00 p.m.	21
33	Prueba de aceptación del prototipo área privada del sitio web	4 horas	04 abril 2019 02:00 p.m.	04 abril 2019 06:00 p.m.	18

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
34	Revisión y aceptación del área privada del sitio web	20 horas	09 mayo 2019 02:00 p.m.	15 mayo 2019 06:00 p.m.	23
35	Prueba de aceptación del prototipo del área pública del sitio web	4 horas	31 mayo 2019 02:00 p.m.	31 mayo 2019 06:00 p.m.	19
36	Revisión y aceptación del área pública del sitio web	4 horas	27 junio 2019 02:00 p.m.	27 junio 2019 06:00 p.m.	39
37	Despliegue				
38	Instalación de la BBDD central en el servidor	4 horas	27 febrero 2019 02:00 p.m.	27 febrero 2019 06:00 p.m.	20
39	Despliegue de la aplicación web en el servidor	4 horas	26 junio 2019 02:00 p.m.	26 junio 2019 06:00 p.m.	26

Continúa tabla 5.

No.	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
40	Despliegue final del sistema	4 horas	16 julio 2019 02:00 p.m.	16 julio 2019 06:00 p.m.	29
41	Elaboración del plan de capacitación	4 horas	17 julio 2019 02:00 p.m.	17 julio 2019 06:00 p.m.	40
42	Capacitación a usuarios	12 horas	18 julio 2019 02:00 p.m.	22 julio 2019 06:00 p.m.	41
43	Aprobación y finalización del proyecto	4 horas	23 julio 2019 02:00 p.m.	23 julio 2019 06:00 p.m.	42

Fuente: elaboración propia.

2.11. Desarrollo del plan de trabajo

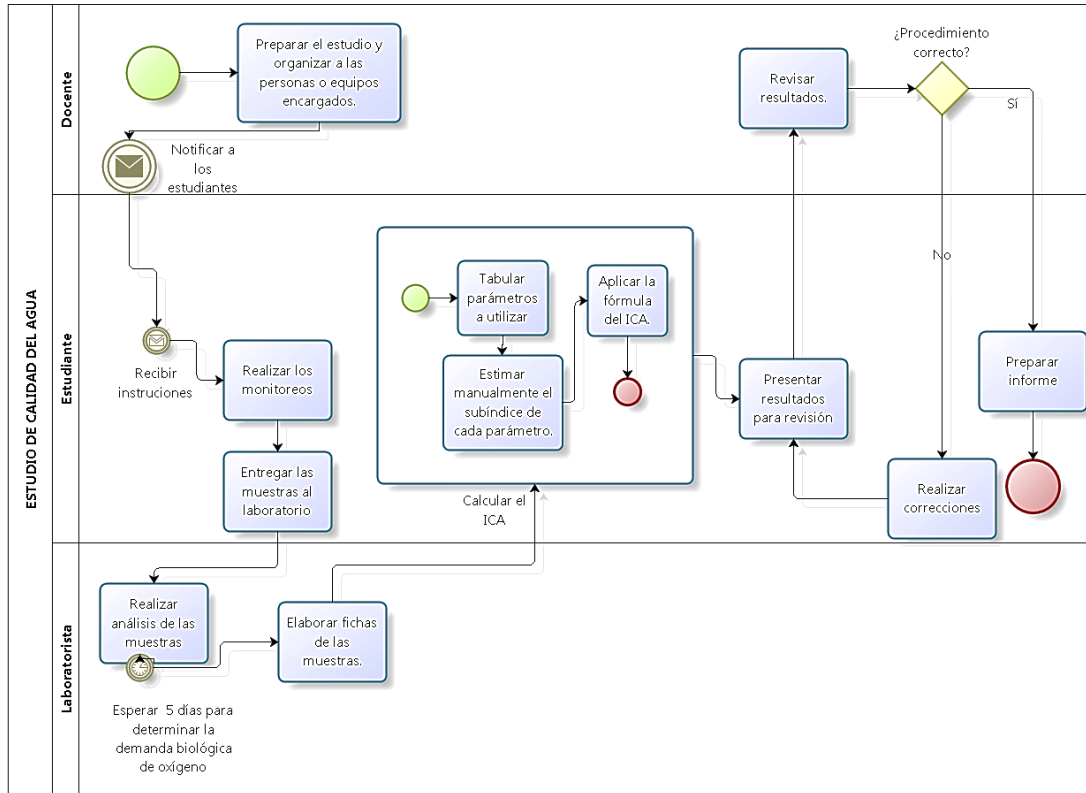
La ejecución del proyecto siguió la metodología del Proceso Unificado de Rational, por lo cual se iteró sobre los flujos de trabajo de la dimensión estática del RUP: modelado de negocio, requerimientos, análisis y diseño, implementación, pruebas y despliegue. A continuación se detallan las actividades realizadas en cada flujo de trabajo y los resultados obtenidos.

2.11.1. Modelado del negocio

2.11.1.1. Modelo de procesos del negocio

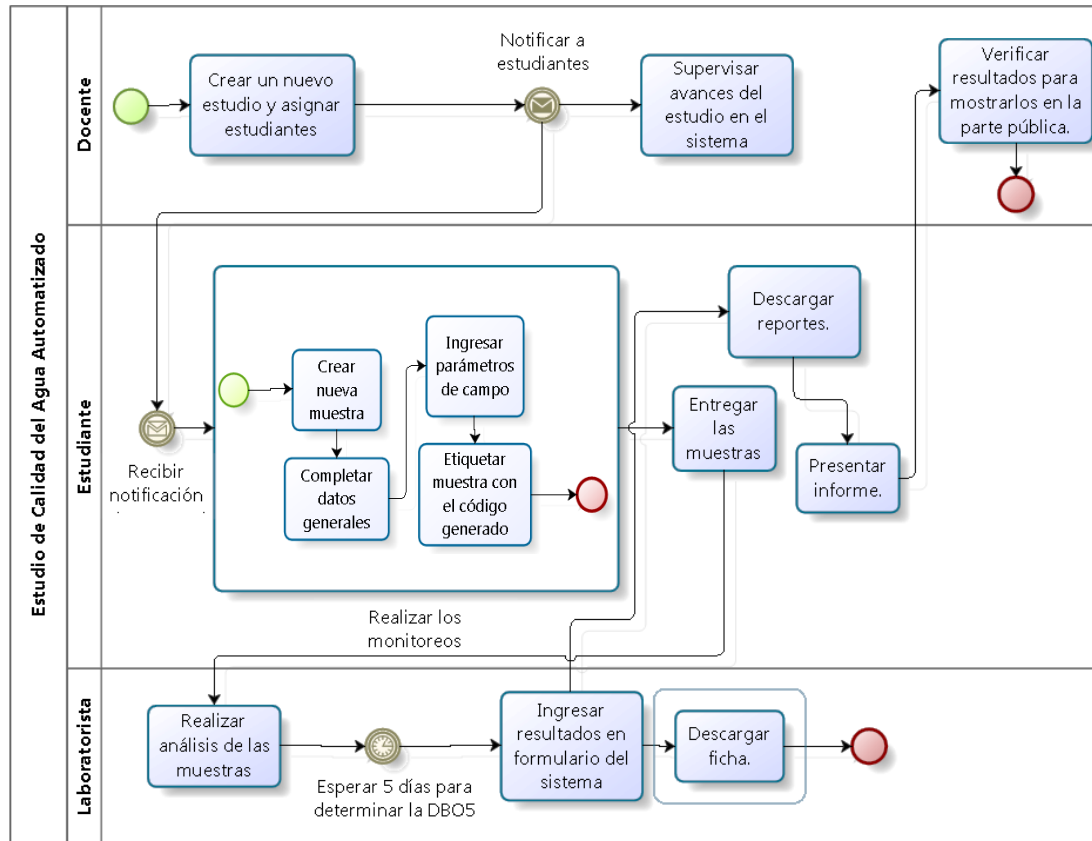
Los modelos de procesos de negocio de las figuras 11 y 12, ilustran el flujo de actividades realizadas por las personas con los roles de encargado, estudiante y laboratorista antes de la creación del sistema informático y utilizando el sistema respectivamente.

Figura 11. Diagrama BPM del proceso sin el sistema



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama BPM del proceso con el sistema



Fuente: elaboración propia.

2.11.2. Requerimientos

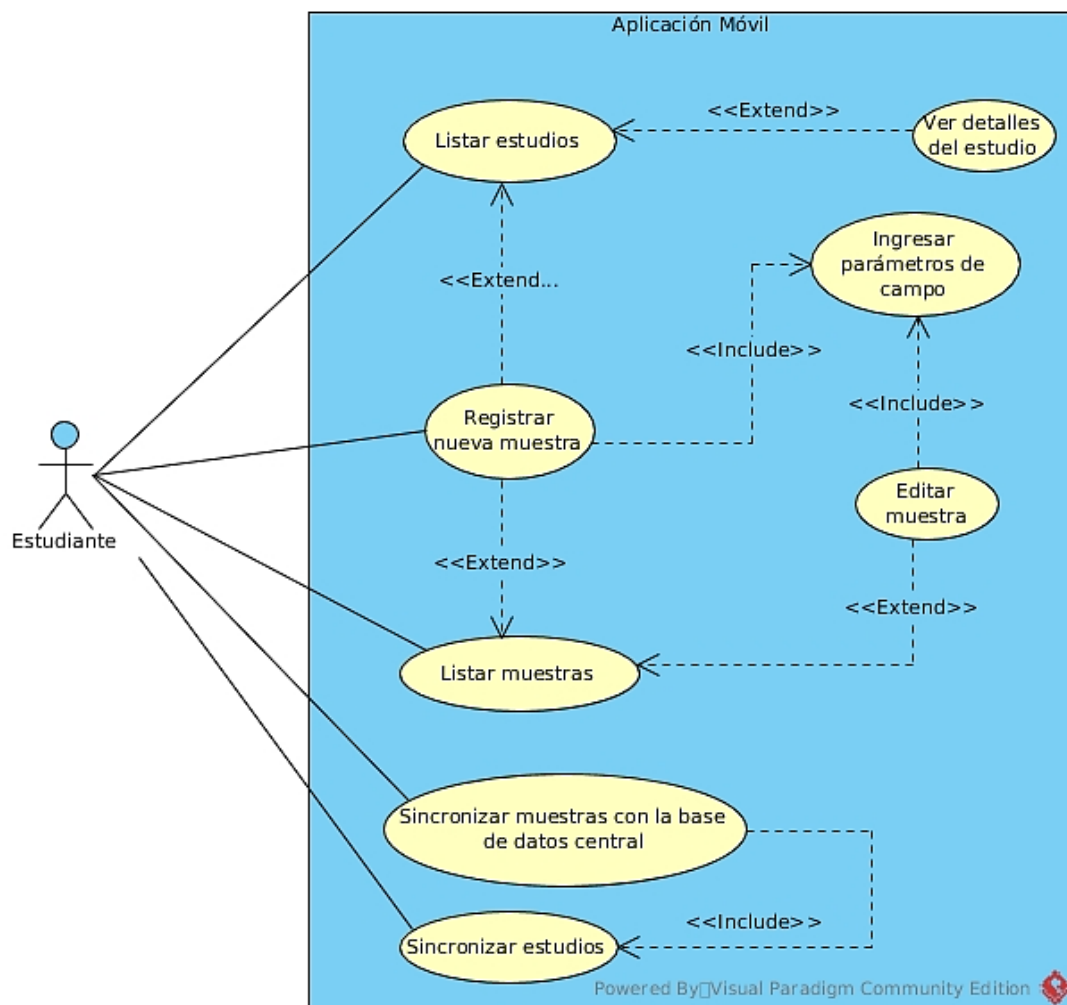
2.11.2.1. Modelos de casos de uso

Según Rumbaugh, Jacobson y Booch (2007) los modelos de casos de uso muestran el comportamiento externamente visible del sistema; por ejemplo, las funciones que los usuarios pueden emplear.

2.11.2.1.1. Aplicación móvil

La figura 13 contiene los casos de uso considerados para el desarrollo de la aplicación móvil.

Figura 13. **Modelo de casos de uso para la aplicación móvil**

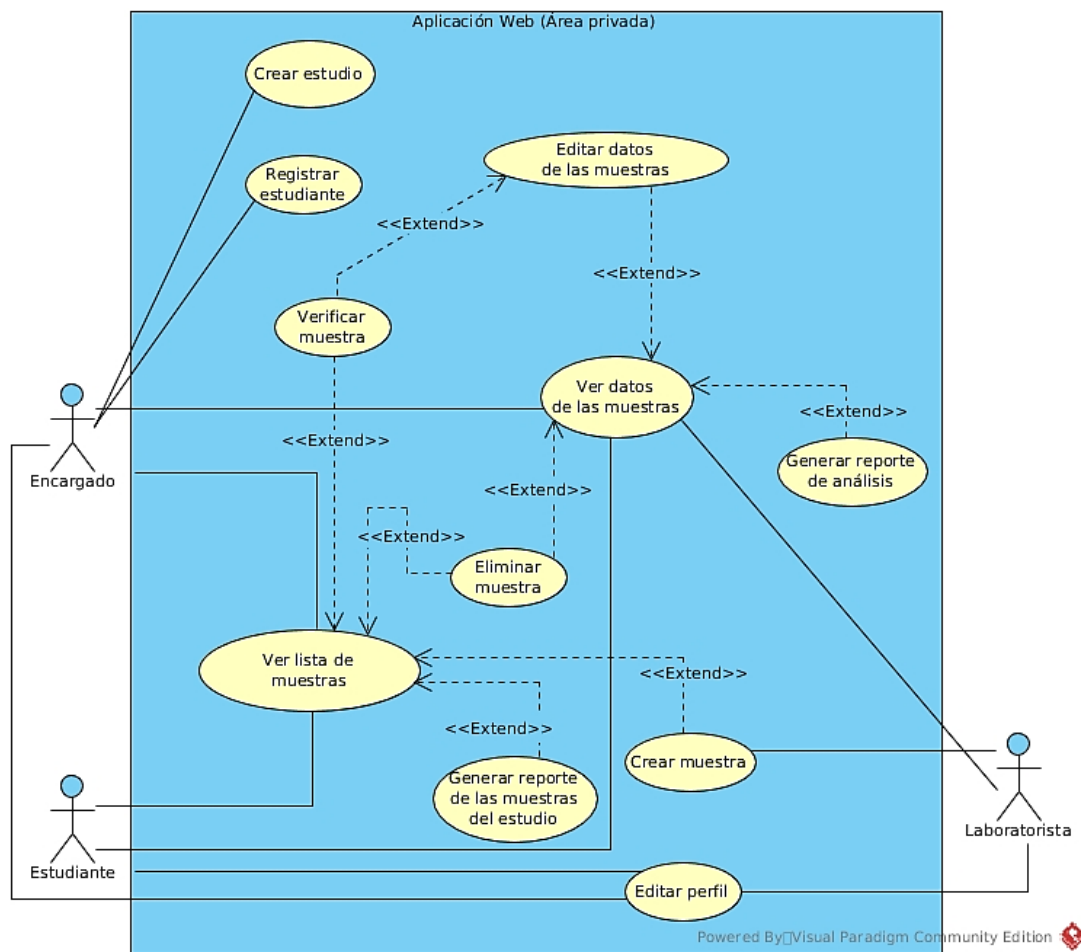


Fuente: elaboración propia.

2.11.2.1.2. Aplicación web, área privada

Los casos de uso del área privada de la aplicación web se organizan en el diagrama de la figura 14.

Figura 14. Casos de uso del área privada de la aplicación web.

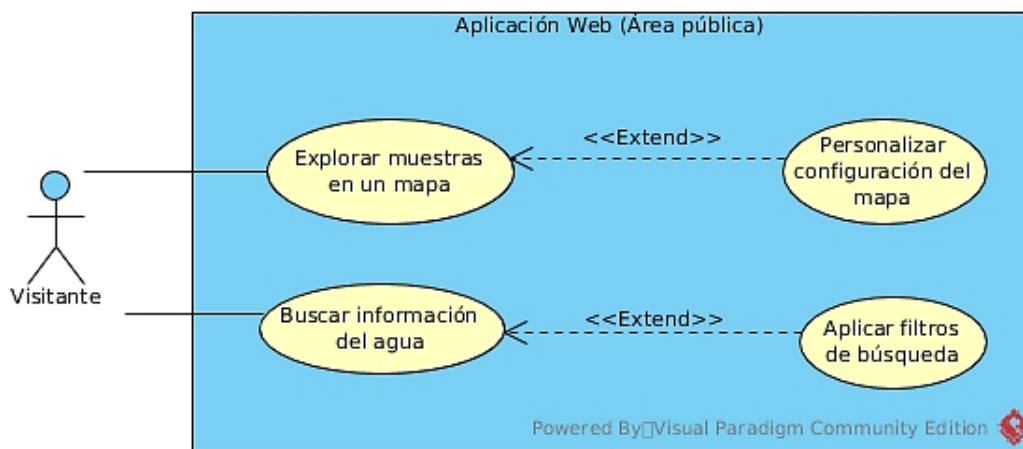


Fuente: elaboración propia.

2.11.2.1.3. Aplicación web, área pública

El área pública de la aplicación web consiste en las funciones descritas por los casos de uso de la figura 15.

Figura 15. **Casos de uso del área pública de la aplicación web**

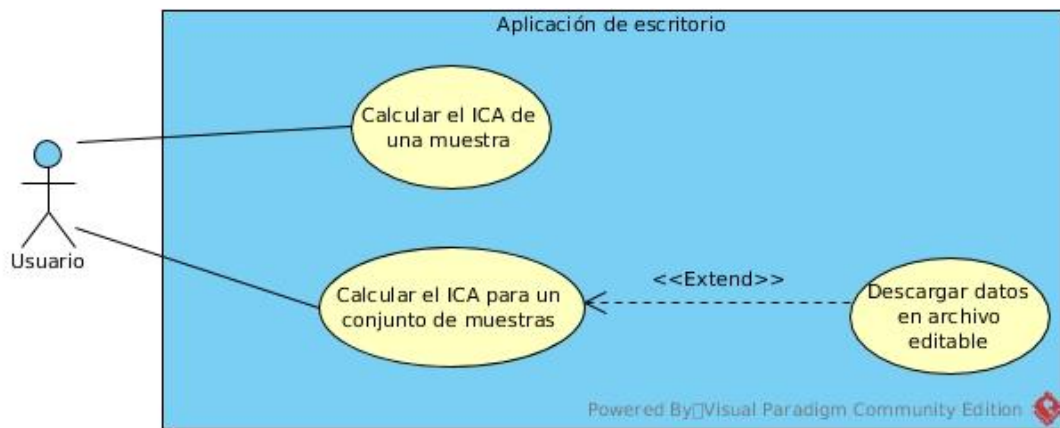


Fuente: elaboración propia.

2.11.2.1.4. Aplicación de escritorio

La figura 16 muestra los casos de uso tomados en cuenta para el diseño e implementación de la aplicación de escritorio.

Figura 16. **Diagrama de casos de uso para la aplicación de escritorio**



Fuente: elaboración propia.

2.11.2.2. Especificaciones de casos de uso

Se detallan especificaciones para los casos de uso principales de cada aplicación. Para comprender adecuadamente la información ampliada en esta sección, se recomienda revisar los diagramas correspondientes en los subtítulos anteriores. La especificación de cada caso de uso se organiza en tablas que tienen los siguientes campos:

- Caso de uso: se identifica con el nombre respectivo del caso de uso. Dicho nombre indica la función representada.
- Actor: rol o roles de usuario que tienen permitido emplear el caso de uso.
- Descripción: explica brevemente la función que representa el caso de uso.
- Precondición: requisito que se debe cumplir antes de la ejecución del caso de uso.

- Flujo básico: procedimiento regular del caso de uso.
- Flujos alternos: considera excepciones en la ejecución del caso de uso.
- Postcondición: condición que debe presentarse luego de ejecutar el caso de uso.
- Puntos de inclusión: casos de uso comunes que se utilizan como parte del caso de uso descrito y de otros.
- Puntos de extensión: comportamientos adicionales descritos por otros casos de uso.

Las especificaciones de los casos de uso se presentan en los cuadros 4 al 21.

2.11.2.2.1. Aplicación móvil

Cuadro 4. **Especificación del caso de uso “listar estudios”**

Caso de uso	Listar estudios.
Actor	Estudiante.
Descripción	La aplicación móvil despliega un listado de los estudios vigentes en los que se encuentra asignado el usuario registrado.

Continúa cuadro 4.

Precondición	El usuario cuenta con credenciales de acceso válidas y tiene una sesión activa en la aplicación.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “lista de estudios” del menú. 2. Explorar el listado de estudios.
Flujos alternos	1. No existen estudios vigentes asignados al usuario. En el paso 2 del flujo básico, se mostrará el mensaje: “no se encuentra asignado a ningún estudio”.
Postcondición	Se generó un listado con el nombre, fechas de inicio y finalización de los estudios en los que se encuentra asignado el estudiante, si existen, de lo contrario se mostrará el mensaje especificado en flujos alternos.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Ver detalles del estudio. Registrar nueva muestra.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. **Especificación del caso de uso “ver detalles del estudio”**

Caso de uso	Ver detalles del estudio.
Actor	Estudiante.
Especificación	El estudiante selecciona uno de los estudios en los que se encuentra asignado para conocer más información sobre el mismo. Se mostrará la descripción, el nombre del encargado del estudio, nombre de los estudiantes asignados al estudio, fecha de inicio y fecha de finalización.
Precondición	El usuario tiene una sesión activa en la aplicación y se encuentra en la sección “lista de estudios”.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “detalles” de uno de los estudios. 2. Se muestra una vista con la información detallada del estudio.
Flujos alternos	1. No existe alguno de los datos de la información del estudio. En el paso 2, se presentarán solamente los campos con información existente, debido a que el docente que creó el estudio no agregó todos los datos.
Postcondición	Se desplegó una vista con la información disponible del estudio. El usuario puede regresar al listado de estudios.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6. **Especificación del caso de uso “listar muestras”**

Caso de uso	Listar muestras.
Actor	Estudiante.
Especificación	La aplicación despliega un listado de las muestras que hayan sido creadas por el usuario registrado.
Precondición	El usuario cuenta con credenciales de acceso válidas y tiene una sesión activa en la aplicación.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “muestras” del menú. 2. Explorar el listado de muestras.
Flujos alternos	1. El estudiante no ha registrado muestras. En el paso 2 del flujo básico, se mostrará el mensaje: “no ha registrado muestras”.
Postcondición	Se generó un listado con el código de la muestra, nombre del estudio, fecha y hora de registro; de lo contrario se mostrará el mensaje especificado en flujos alternos.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Editar muestra. Registrar nueva muestra.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. **Especificación del caso de uso “registrar nueva muestra”**

Caso de uso	Registrar nueva muestra.
Actor	Estudiante.
Especificación	El estudiante completa un formulario para agregar una muestra a un estudio específico. Los datos requeridos se pueden agrupar en dos categorías: datos de ubicación y mediciones de los parámetros de campo.

Continúa cuadro 7.

Precondición	Tener una sesión activa en la aplicación y encontrarse asignado a uno o varios estudios activos.
Flujo básico	1. La primera ocasión en que el usuario accede al formulario, deberá otorgar permiso a la aplicación para acceder a la geolocalización del dispositivo. 2. La aplicación carga la hora, fecha y coordenadas. 3. Indicar el estudio al que pertenece la muestra y uno o dos usos principales de agua. 4. El usuario selecciona el país, departamento y municipio. 5. Seleccionar o ingresar la localidad y las referencias del lugar. 6. Seleccionar la clasificación y el tipo de fuente de la muestra. 7. La aplicación genera un código único de identificación de la muestra. 8. Seleccionar o ingresar el nombre de la fuente de la muestra. 9. Ingresar los valores obtenidos de la medición de temperatura de la muestra, temperatura ambiente y oxígeno disuelto (estos campos son opcionales). 10. Presionar el botón guardar.

Continúa cuadro 7.

Flujos alternos	1. Permiso para geolocalización no concedido. Si el usuario no otorga el permiso para que la aplicación acceda a la geolocalización del dispositivo (en el paso 1), no se cargarán las coordenadas. Se notificará el error y no se podrá registrar la muestra. 2. GPS del dispositivo no está activo. Cuando el usuario ha otorgado el permiso de acceso a geolocalización (paso 1) pero no se encuentra activa la opción de ubicación del dispositivo, no se cargarán las coordenadas. Se notificará el error y no se podrá completar el formulario. 3. Campos incompletos o inválidos. Si uno o varios campos están incompletos o el dato ingresado es inválido, no podrá guardar la muestra al llegar al paso 10. Se le indicará al usuario cuáles son los campos en conflicto.
Postcondición	Los datos de la muestra se encuentran almacenados en la base de datos del dispositivo móvil. Si el usuario dispone de conexión a Internet en el momento de completar el formulario, la información será guardada también en la base de datos central. Al no tener conexión a Internet, el usuario podrá sincronizar los datos guardados localmente la próxima vez que se conecte.
Puntos de inclusión	Completar datos de la ubicación. Ingresar parámetros de campo.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 8. **Especificación del caso de uso “editar muestra”**

Caso de uso	Editar muestra.
Actor	Estudiante.
Especificación	El estudiante completa un formulario para agregar o cambiar los valores de los campos: referencias del lugar, temperatura ambiente, temperatura de la muestra y oxígeno disuelto.
Precondición	El estudiante tiene una sesión activa en la aplicación y tiene al menos una muestra registrada.
Flujo básico	1. Dirigirse a la lista de muestras y presionar sobre el rectángulo de la muestra que se desea editar. 2. Se desplegará información no editable de la muestra como: código de la muestra, estudio para el cual fue registrada, usos principales de agua, coordenadas, fecha y hora de registro, municipio, localidad, tipo de fuente y nombre de la fuente. 3. El estudiante podrá editar los campos correspondientes a los siguientes datos: referencias del lugar, temperatura ambiente, temperatura de la muestra y oxígeno disuelto (ninguno de los campos es obligatorio). 4. Presionar el botón guardar.
Flujos alternos	1. Salir del formulario sin guardar cambios. Si el usuario no desea guardar los cambios o no realizó ninguno, podrá regresar a la lista de muestras presionando la flecha de navegación ubicada en la parte superior izquierda y obviar el paso 4.

Continúa cuadro 8.

Postcondición	Las modificaciones a los datos de la muestra se encuentran almacenadas en la base de datos del dispositivo. Si el usuario dispone de conexión a Internet en el momento de completar el formulario, la información será guardada también en la base de datos central. Al no tener conexión a Internet, el usuario podrá sincronizar los datos guardados localmente la próxima vez que se conecte.
Puntos de inclusión	Ingresar parámetros de campo.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9. **Especificación del caso de uso “sincronizar muestras con la base de datos central”**

Caso de uso	Sincronizar muestras con la base de datos central.
Actor	Estudiante.
Especificación	La función de sincronizar muestras se ofrece para que el estudiante pueda cargar a la base de datos central, la información de las muestras registradas cuando el usuario no tenía acceso a Internet.
Precondición	El usuario cuenta con una sesión activa en la aplicación y tiene conexión a Internet. Existe al menos una muestra que no ha sido sincronizada.

Continúa cuadro 9.

Flujo básico	1. El estudiante selecciona la opción “sincronización” del menú de navegación. 2. Se muestra un texto indicando la cantidad de muestras pendientes de sincronizar. 3. El estudiante presiona el botón “sincronizar”. 4. La aplicación ejecuta la rutina de sincronización seleccionando solamente los registros que aún no se encuentren en la base de datos central. 5. El servidor web responde con información relacionada a los estudios en los que se encuentra asignado el usuario. 6. La aplicación guarda o actualiza la información recibida del servidor. 7. Los elementos de la interfaz de usuario indican que la sincronización se ha completado.
Flujos alternos	1. No existen muestras por sincronizar. La aplicación indicará al usuario que sus datos están sincronizados y no se podrá efectuar el paso 3. 2. El dispositivo no tiene acceso a internet. Se notifica al usuario (en el paso 2) que no puede realizarse la sincronización, no podrá efectuarse el paso 3. 3. Error de red. Se suspende el flujo normal desde el paso 4 y el usuario podrá advertir el problema al aparecer un mensaje indicando el número de muestras pendientes de sincronización.

Continúa cuadro 9.

Postcondición	Todos los registros almacenados localmente se encuentran replicados en la base de datos central.
Puntos de inclusión	Sincronizar estudios.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10. **Especificación del caso de uso “sincronizar estudios”**

Caso de uso	Sincronizar estudios.
Actor	Estudiante.
Especificación	La función sincronizar estudios permite actualizar la información de los estudios registrada en la aplicación móvil. La actualización puede consistir en cambios a los datos de un estudio ya almacenado o en registrar estudios recientemente asignados al usuario.
Precondición	El usuario cuenta con una sesión activa en la aplicación y tiene conexión a internet. Todas las muestras se encuentran sincronizadas.

Continúa cuadro 10.

Flujo básico	1. El estudiante selecciona la opción “sincronización” del menú de navegación. 2. El estudiante presiona el botón “sincronizar”. 3. La aplicación ejecuta la rutina de sincronización seleccionando solamente los registros que aún no se encuentren en la base de datos central. 4. El servidor web responde con información relacionada a los estudios en los que se encuentra asignado el usuario. 5. La aplicación guarda o actualiza la información recibida del servidor. 6. Se notifica al usuario que la sincronización se ha completado.
Flujos alternos	1. No existen muestras por sincronizar. La aplicación indicará al usuario que sus datos están sincronizados. Se ofrecerá un botón con la leyenda “actualizar datos” para continuar con el paso 3 del flujo principal. 2. El dispositivo no tiene acceso a internet. Se notifica al usuario (en el paso 2) que no puede realizarse la sincronización, no podrá efectuarse el paso 3. 3. Error de red. Se suspende el flujo normal desde el paso 4 y el usuario podrá advertir el problema al aparecer un mensaje indicando el número de muestras pendientes de sincronización.

Continúa cuadro 10.

Postcondición	Todos los registros almacenados localmente se encuentran actualizados respecto a los registros de la base de datos central.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

2.11.2.2.2. Aplicación web, área privada

Cuadro 11. **Especificación del caso de uso “crear estudio”**

Caso de uso	Crear estudio.
Actor	Encargado.
Descripción	Se ofrece un formulario para crear un nuevo estudio de calidad del agua.
Precondición	El usuario con sesión activa en la aplicación pertenece al grupo de usuarios con rol de encargados de los estudios.
Flujo básico	1. Seleccionar el submenú “nuevo estudio” de la opción “estudios” del menú principal. 2. Completar los campos del formulario: nombre, descripción, fecha de inicio y fecha de finalización. 3. Guardar los datos. 4. Asignar estudiantes.

Continúa cuadro 11.

Flujos alternos	1. Un estudiante no se encuentra registrado en el sistema. En el paso 4 del flujo básico, el encargado deberá crear un nuevo usuario para el grupo de estudiantes y luego asignarlo.
Postcondición	El estudio está registrado adecuadamente en el sistema.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 12. **Especificación del caso de uso “ver lista de muestras”**

Caso de uso	Ver lista de muestras.
Actores	Encargado y estudiante.
Descripción	Se muestra una lista con información básica de las muestras de un estudio.
Precondición	El usuario con sesión activa en la aplicación tiene rol de encargado o estudiante.

Continúa cuadro 12.

Flujo básico	1. Seleccionar la opción “muestras” del menú principal. 2. Elegir el nombre del estudio del cual se desea listar las muestras registradas. 3. Se despliega un listado con información básica de las muestras del estudio elegido. Se ofrecen opciones para generar reportes y añadir muestra. Para usuarios con rol de encargado, se proporciona una casilla de verificación para indicar si la muestra está lista para mostrarse en la parte pública de la aplicación web y un botón para eliminar determinada muestra.
Flujos alternos	1. El usuario no participa en ningún estudio. En el paso 2 del flujo básico, se indicará al usuario que no figura como participante de ningún estudio.
Postcondición	La información de las muestras es presentada de manera lógica y ordenada.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Generar reporte de las muestras del estudio. Verificar muestra. Crear muestra. Eliminar muestra.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13. **Especificación del caso de uso “ver datos de las muestras”**

Caso de uso	Ver datos de las muestras.
Actores	Encargado, estudiante y laboratorista.
Descripción	Se ofrece un listado con información general de las muestras, resultados de los análisis y el respectivo índice de calidad.
Precondición	El usuario tiene sesión activa en la aplicación. Los estudiantes podrán ver solamente las muestras de los estudios en los que se encuentran asignados.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “muestras” del menú principal. 2. Elegir el estudio al que pertenece la muestra. 3. En la lista de muestras desplegada, dar clic sobre el código de la muestra que se desea explorar. 4. Navegar sobre las pestañas que contienen agrupan los datos de las muestras.
Flujos alternos	1. El usuario tiene el rol de laboratorista. El paso 2 del flujo básico se sustituye por buscar y elegir en la lista de selección el código de la muestra. Se omite el paso 3 y se reanuda el flujo básico desde el paso 4.
Postcondición	Los resultados de las muestras son presentados de manera lógica y ordenada a través de pestañas.
Puntos de inclusión	No aplica.

Continúa cuadro 13.

Puntos de extensión	Generar reporte de análisis. Editar datos de las muestras. Eliminar muestra.
----------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 14. **Especificación del caso de uso “editar datos de las muestras”**

Caso de uso	Editar datos de las muestras.
Actores	Encargado, estudiante y laboratorista.
Descripción	Permite modificar datos de ubicación de la muestra y parámetros de los análisis aplicados.
Precondición	El usuario tiene sesión activa en la aplicación. Además, si pertenece al grupo de usuarios con rol de estudiante, la muestra debió ser registrada por el mismo usuario.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “muestras” del menú principal. Si es laboratorista, deberá elegir la opción “editar muestra”. 2. Elegir el estudio al que pertenece la muestra. 3. En la lista de muestras desplegada, dar clic sobre el código de la muestra que se desea modificar. 4. Modificar los campos habilitados según el nivel de acceso del usuario. 5. Guardar los datos.

Continúa cuadro 14.

Flujos alternos	1. El usuario tiene el rol de laboratorista. El paso 2 del flujo básico se sustituye por buscar y elegir en la lista de selección el código de la muestra. Se omite el paso 3 y se reanuda el flujo básico desde el paso 4.
Postcondición	Las modificaciones fueron guardadas exitosamente.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Verificar muestra.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 15. **Especificación del caso de uso “crear muestra”**

Caso de uso	Crear muestra.
Actor	Encargado, estudiante y laboratorista.
Descripción	Se ofrece un formulario para crear una muestra. El laboratorista podrá crear muestras no pertenecientes a uno de los estudios registrados en el sistema.
Precondición	El usuario tiene sesión activa en la aplicación. En caso de ser estudiante o encargado, el estudio al que pertenecerá la muestra deberá tener habilitada la opción de registrar muestras en la aplicación web.

Continúa cuadro 15.

Flujo básico	Encargado y estudiante 1. Seleccionar la opción “muestras” del menú principal. 2. Elegir el estudio al que pertenecerá la muestra. 3. Dar clic sobre el botón “nueva muestra”. 4. Completar los campos del formulario: código, nombre del solicitante, fecha, hora y temperatura ambiente. 5. Marcar las coordenadas de la ubicación aproximada de la fuente de donde fue extraída la muestra e indicar el nombre de la localidad. 6. Llenar los campos: tipo de fuente, nombre de la fuente y referencias. 7. Guardar los datos. Laboratorista 1. Seleccionar la opción “nueva muestra” del menú principal. 2. Completar los campos del formulario: código, nombre del solicitante, fecha, hora y temperatura ambiente. 3. Marcar las coordenadas de la ubicación aproximada de la fuente de donde fue extraída la muestra e indicar el nombre de la localidad. 4. Llenar los campos: tipo de fuente, nombre de la fuente y referencias. 5. Guardar los datos.
---------------------	---

Continúa cuadro 15.

Flujos alternos	No aplica.
Postcondición	La muestra está registrada correctamente en el sistema.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 16. **Especificación del caso de uso “editar perfil”**

Caso de uso	Editar perfil.
Actor	Encargado, estudiante y laboratorista.
Especificación	Se ofrece un formulario para editar los datos del perfil del usuario autenticado en la aplicación.
Precondición	El usuario tiene sesión iniciada en la aplicación
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “editar perfil” del menú principal. 2. Modificar los campos necesarios. 3. Guardar los datos.
Flujos alternos	No aplica.
Postcondición	La información del usuario ha sido actualizada adecuadamente en el sistema.
Puntos de inclusión	No aplica.

Continúa cuadro 16.

Puntos de extensión	No aplica.
----------------------------	------------

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 17. **Especificación del caso de uso “registrar estudiante”**

Caso de uso	Registrar estudiante.
Actor	Encargado.
Especificación	Se ofrece un formulario para crear un nuevo usuario con rol de estudiante.
Precondición	El usuario con sesión activa en la aplicación pertenece al grupo de usuarios con rol de encargados de los estudios.
Flujo básico	1. Seleccionar el submenú “nuevo estudiante” de la opción “estudiante” del menú principal. 2. Completar los campos del formulario: nombre completo, correo electrónico, nombre de usuario y contraseña. 3. Guardar los datos.
Flujos alternos	No aplica.
Postcondición	El estudiante está debidamente registrado en el sistema.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

2.11.2.2.3. Aplicación web, área pública

Cuadro 18. **Especificación del caso de uso “explorar muestras en un mapa”**

Caso de uso	Explorar muestras en un mapa.
Actor	Visitante.
Especificación	La aplicación web ofrece un mapa con círculos que representa las muestras registradas con la información respectiva. El mapa ofrece opciones de configuración.
Precondición	No aplica.
Flujo básico	1. Elegir la opción “visor geográfico” del menú. 2. Esperar la carga de los puntos que representan las muestras. 3. Examinar las muestras desplegadas en el mapa.
Flujos alternos	1. El cliente utiliza el navegador Firefox. Entre los pasos 1 y 2 del flujo básico, se mostrará el mensaje: “se recomienda el uso de los navegadores Opera o Chrome para explorar este visor”. Se reanuda el flujo básico con normalidad.
Postcondición	Se desplegó un mapa web con puntos que brindan información de las muestras registradas y opciones de configuración, tales como: selección de capas base, capas vectoriales, filtrar las muestras por año, entre otras.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Personalizar configuración del mapa.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 19. **Especificación del caso de uso “buscar información del agua”**

Caso de uso	Buscar información del agua.
Actor	Visitante.
Especificación	El visitante consulta la información del agua ofrecida en una tabla. Se proveen controles para filtrar los datos de la tabla.
Precondición	No aplica.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “información del agua” del menú. 2. Esperar mientras se obtienen los datos y son presentados en la tabla. 3. Explorar la información mostrada en la tabla.
Flujos alternos	No aplica.
Postcondición	La información del agua fue presentada en una tabla y se proporcionaron controles para facilitar la búsqueda de datos.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	Aplicar filtros de búsqueda.

Fuente: elaboración propia.

2.11.2.2.4. Aplicación de escritorio

Cuadro 20. **Especificación del caso de uso “calcular el ICA de una muestra”**

Caso de uso	Calcular el ICA de una muestra.
Actor	Usuario.
Especificación	Se provee un formulario para registrar los valores de los parámetros de la muestra. Al completar todos los campos, se muestra el ICA aplicando la función ponderada multiplicativa y la suma lineal ponderada.
Precondición	Tener el archivo ejecutable de la aplicación de escritorio.
Flujo básico	1. Dar clic sobre la opción “individual” del menú. 2. Ingresar los valores de los parámetros. 3. Ver los valores del ICA.
Flujos alternos	1. La diferencia de temperatura es menor a -5. Después de completar el paso 2, no se mostrarán los valores del ICA, porque cuando la diferencia entre temperatura ambiente y temperatura de la muestra es menor a -5, el subíndice correspondiente es indefinido, por lo que no es posible completar el cálculo del ICA.
Postcondición	Se mostraron los valores del ICA usando la función ponderada multiplicativa y la suma lineal ponderada.
Puntos de inclusión	No aplica.
Puntos de extensión	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 21. **Especificación del caso de uso “calcular el ICA para un conjunto de muestras”**

Caso de uso	Calcular el ICA para un conjunto de muestras.
Actor	Usuario.
Especificación	La aplicación de escritorio ofrece una tabla donde se pueden registrar los parámetros de varias muestras y la aplicación agrega, en las columnas respectivas, los valores del ICA.
Precondición	Tener el archivo ejecutable de la aplicación de escritorio.
Flujo básico	1. Seleccionar la opción “múltiple” del menú. 2. Identificar cada muestra con un código, escribiéndolo en la primera columna de cada fila. 3. Ingresar los valores de los parámetros de cada muestra en la fila respectiva. 4. Revisar los valores del ICA en las columnas correspondientes.
Flujos alternos	1. La diferencia de temperatura es menor a -5. En el paso 4 no se mostrarán los valores del ICA, porque cuando la diferencia entre temperatura ambiente y temperatura de la muestra es menor a -5, el subíndice correspondiente es indefinido, por lo que no es posible completar el cálculo del ICA.
Postcondición	Los datos muestras están ingresados en la tabla y el programa calculó el ICA para cada muestra.
Puntos de extensión	Descargar datos en archivo editable.

Fuente: elaboración propia.

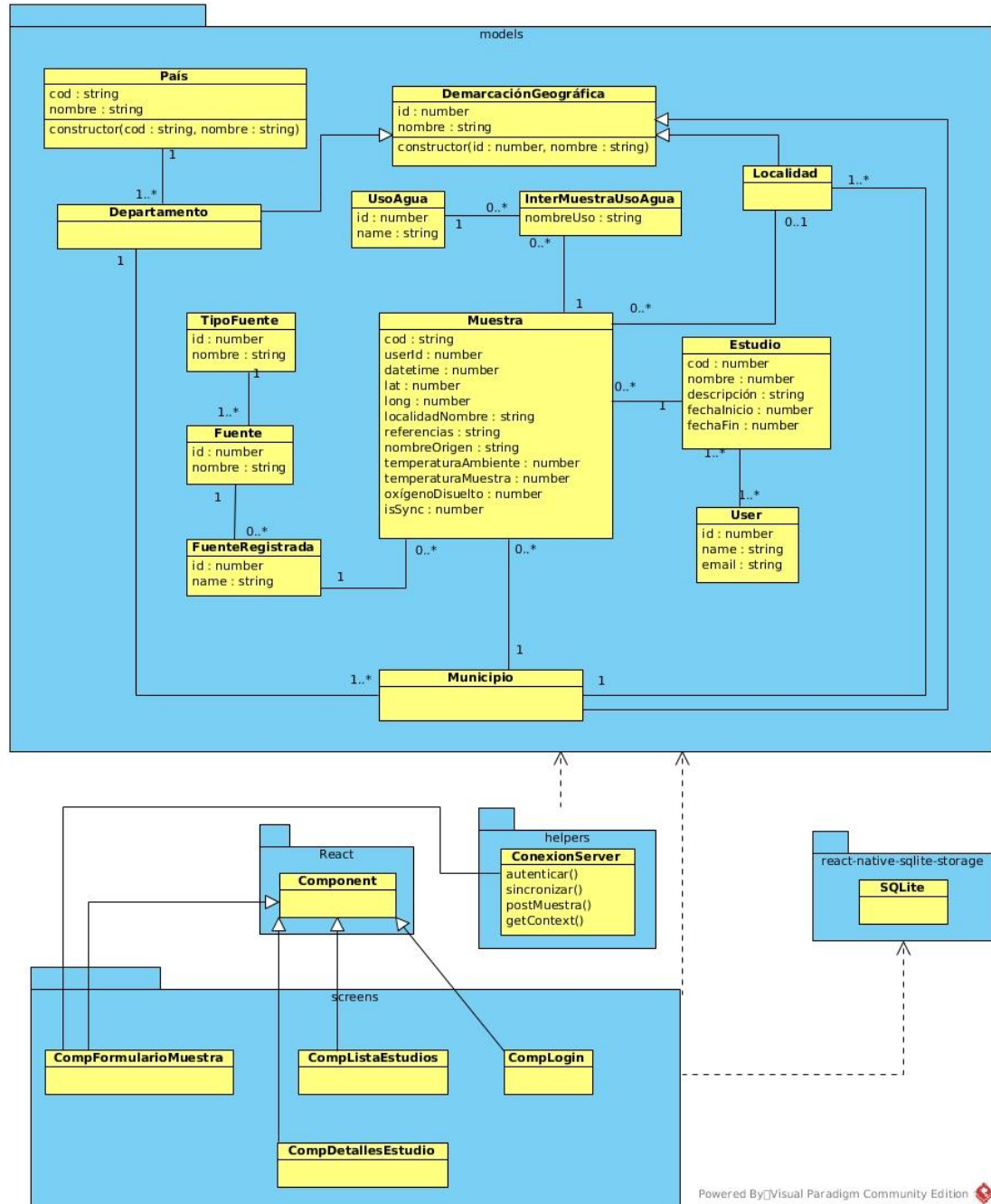
2.11.3. Análisis y diseño

2.11.3.1. Modelo de análisis y diseño

Se emplearon diagramas de clases para modelar las aplicaciones desarrolladas. Un diagrama de clases, según establece Rumbaugh y colaboradores (2007), representa elementos lógicos, del modelo de negocio, de la aplicación y las relaciones entre dichos elementos.

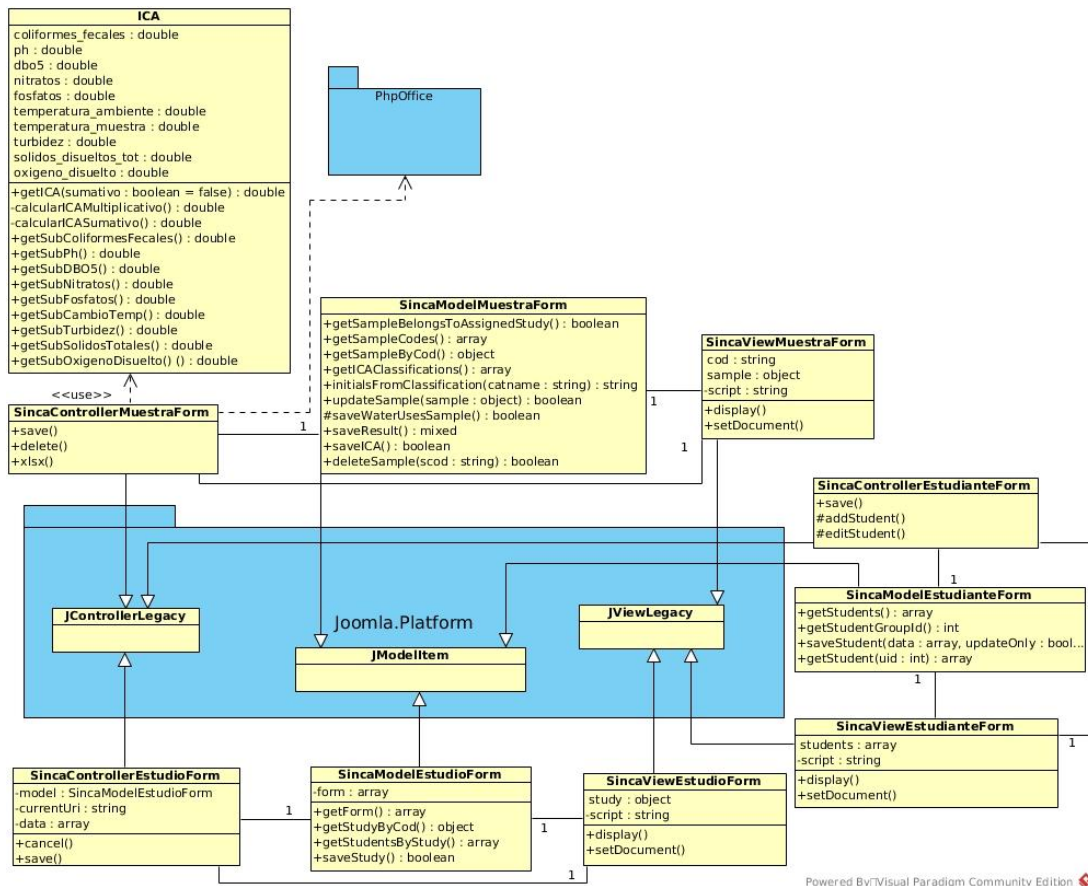
Los diagramas de clases para las aplicaciones desarrolladas son presentados en las figuras 17 a la 20.

Figura 17. Diagrama de clases de la aplicación móvil



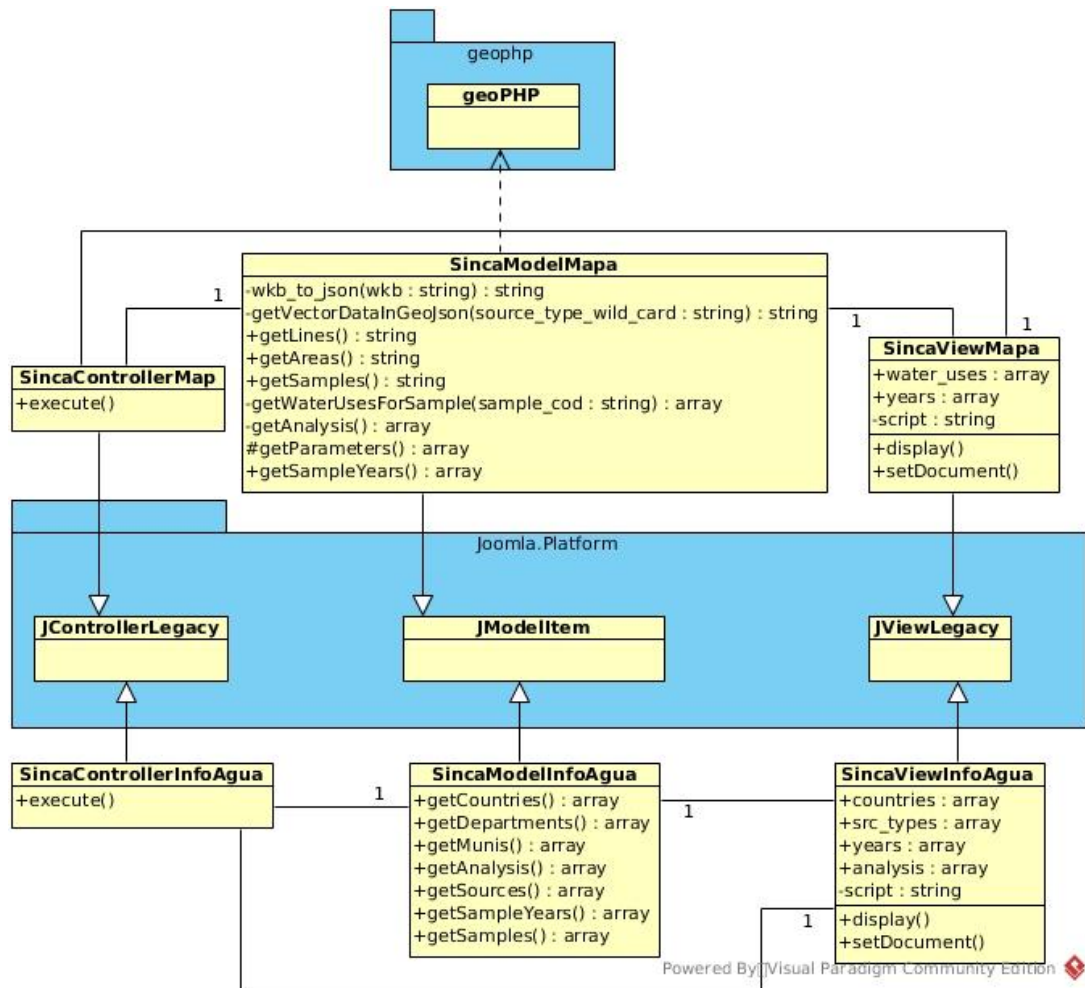
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de clases de la parte privada de la aplicación web



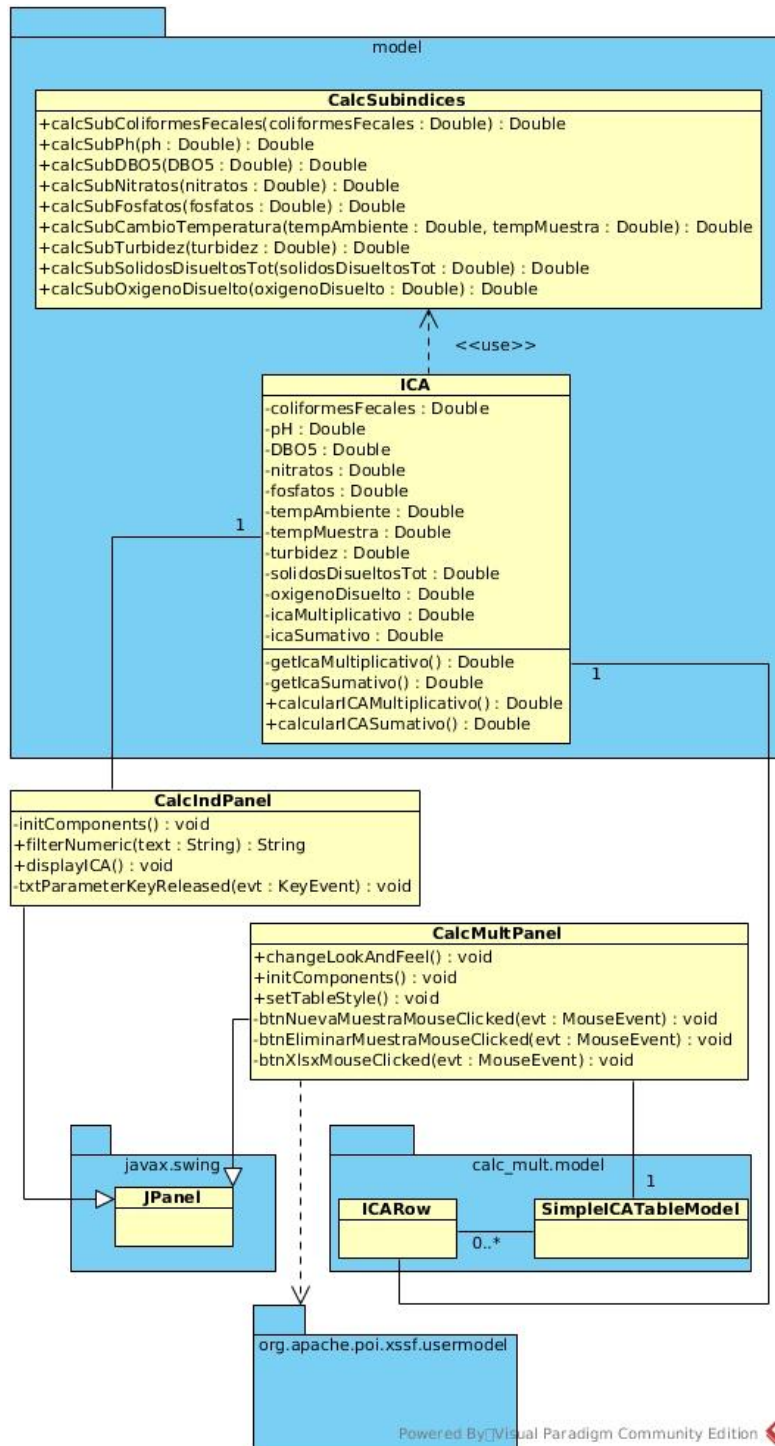
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Diagrama de clases de la parte pública de la aplicación web



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de clases de la aplicación de escritorio



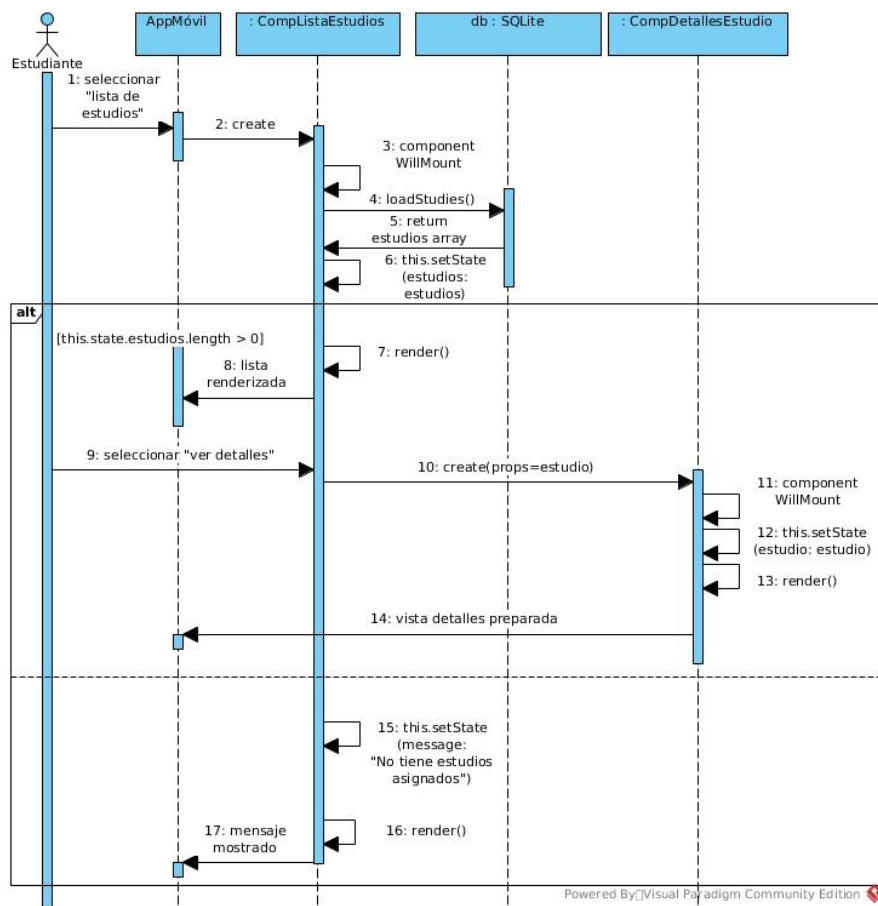
Fuente: elaboración propia.

2.11.3.2. Diagramas de secuencia

Rumbaugh y colaboradores (2007) indican que los diagramas de secuencia representan las interacciones entre roles involucrados en un caso de uso a lo largo del tiempo. Las figuras 21 a la 29 presentan diagramas de secuencia para las aplicaciones desarrolladas.

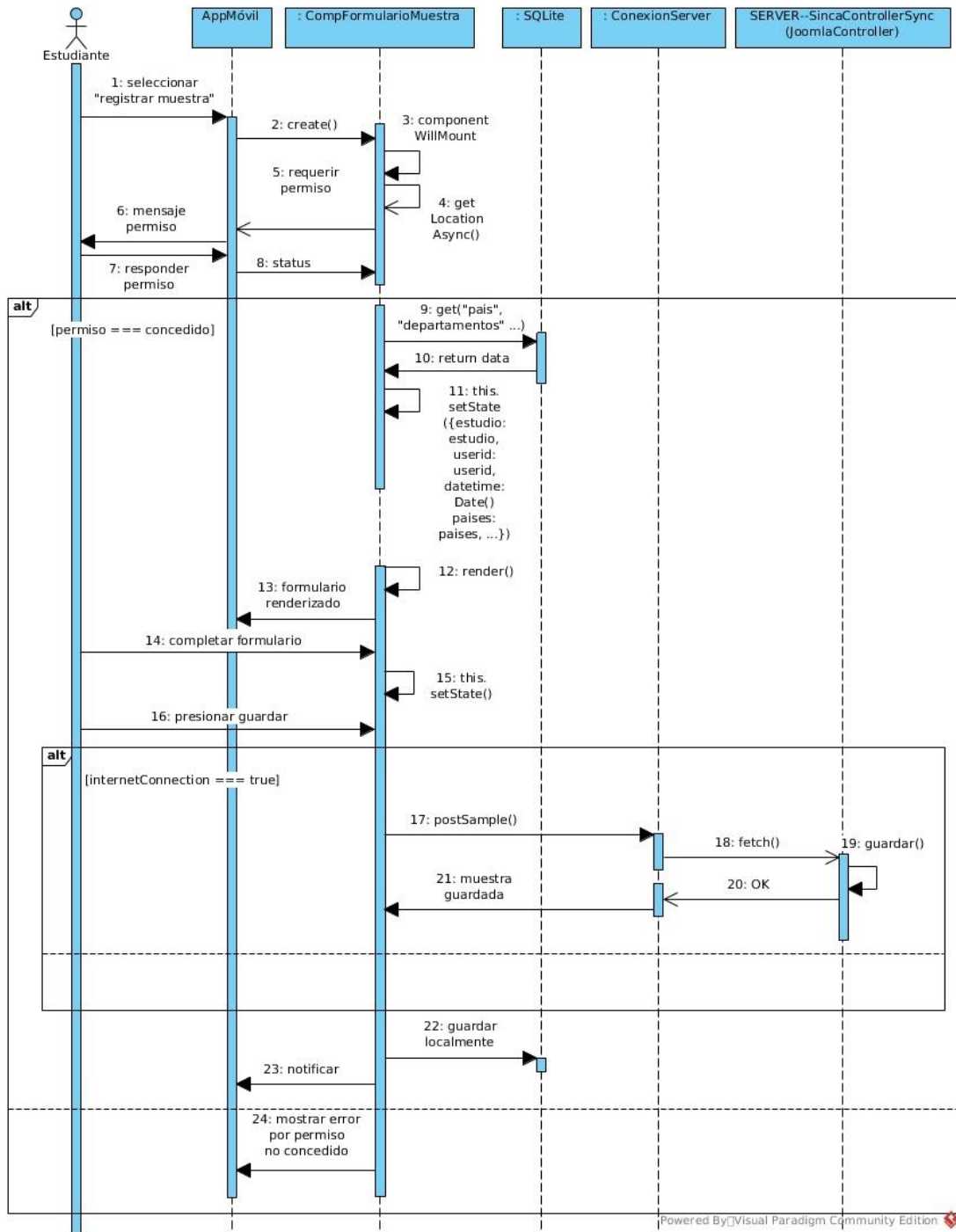
2.13.3.2.1. Aplicación móvil

Figura 21. Diagrama de secuencia "listar estudios"



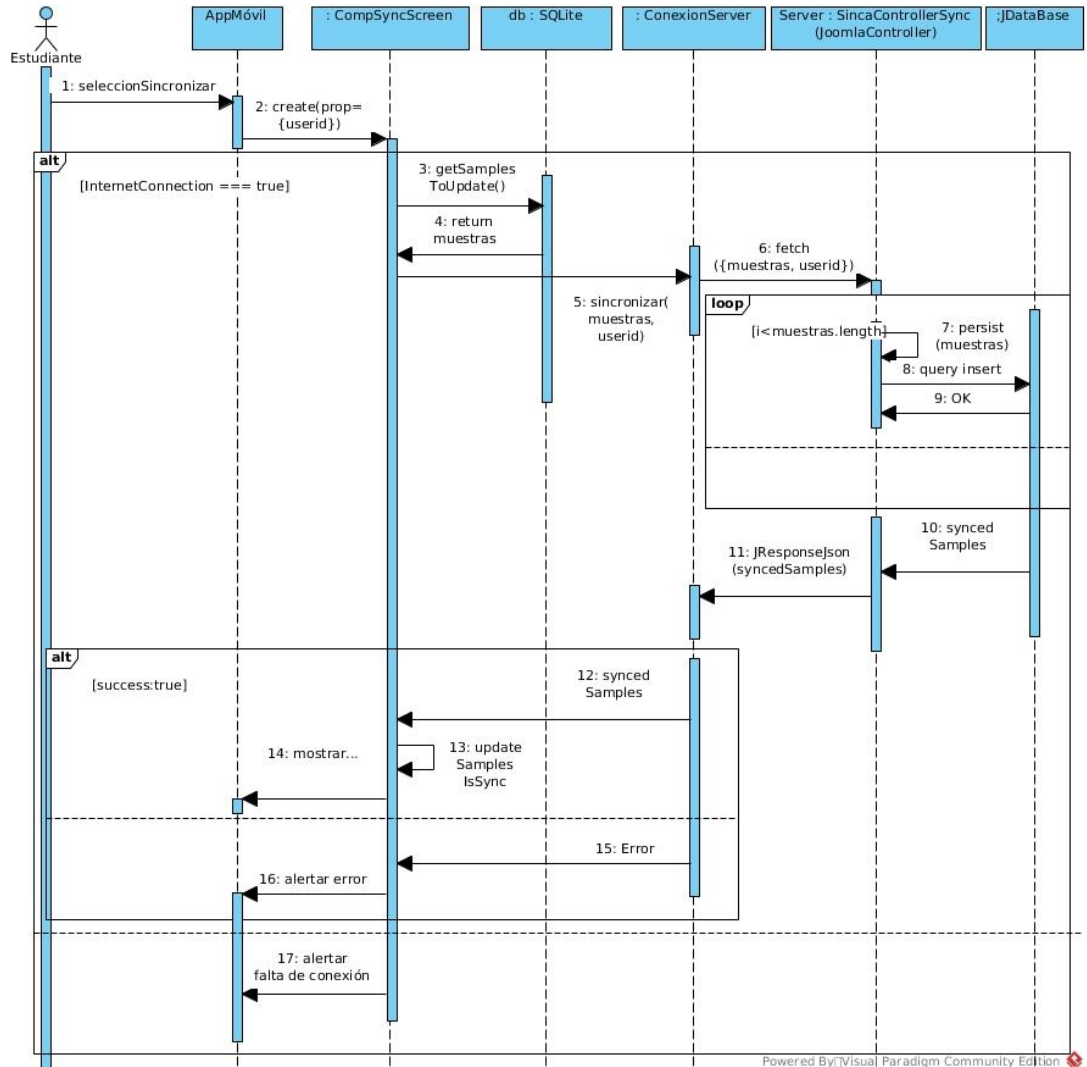
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de secuencia "registrar muestra"



Fuente: elaboración propia.

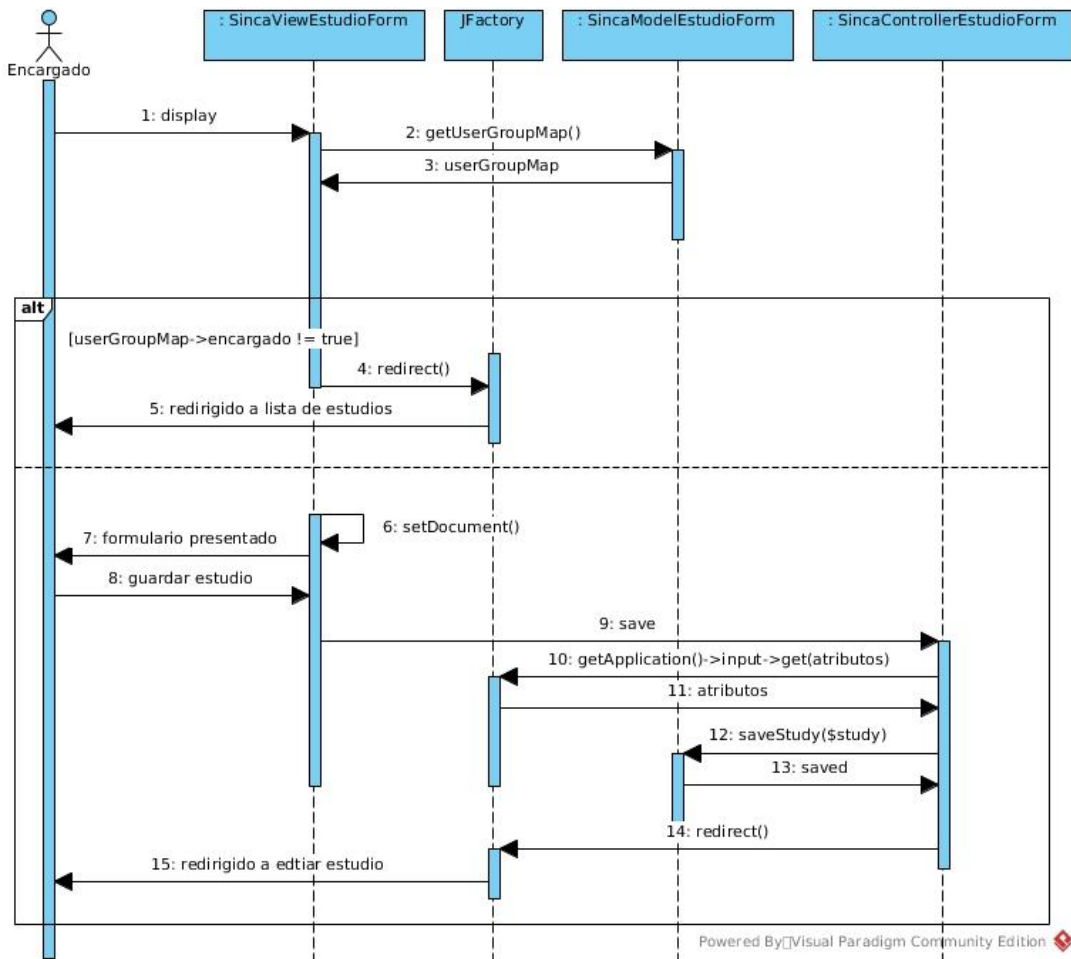
Figura 23. Diagrama de secuencia "sincronizar muestras"



Fuente: elaboración propia.

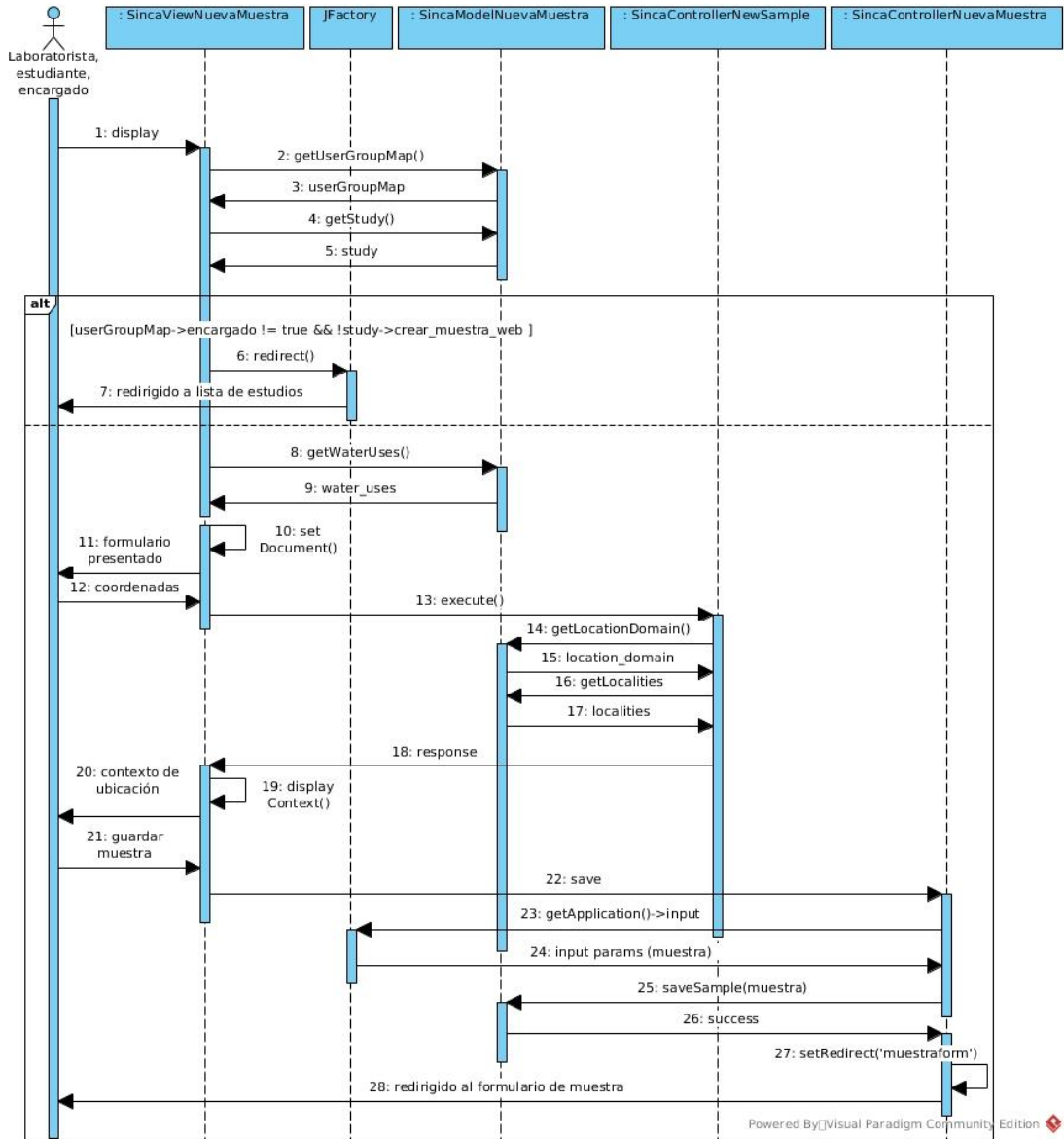
2.11.3.2.2. Aplicación web, área privada

Figura 24. Diagrama de secuencia "crear estudio"



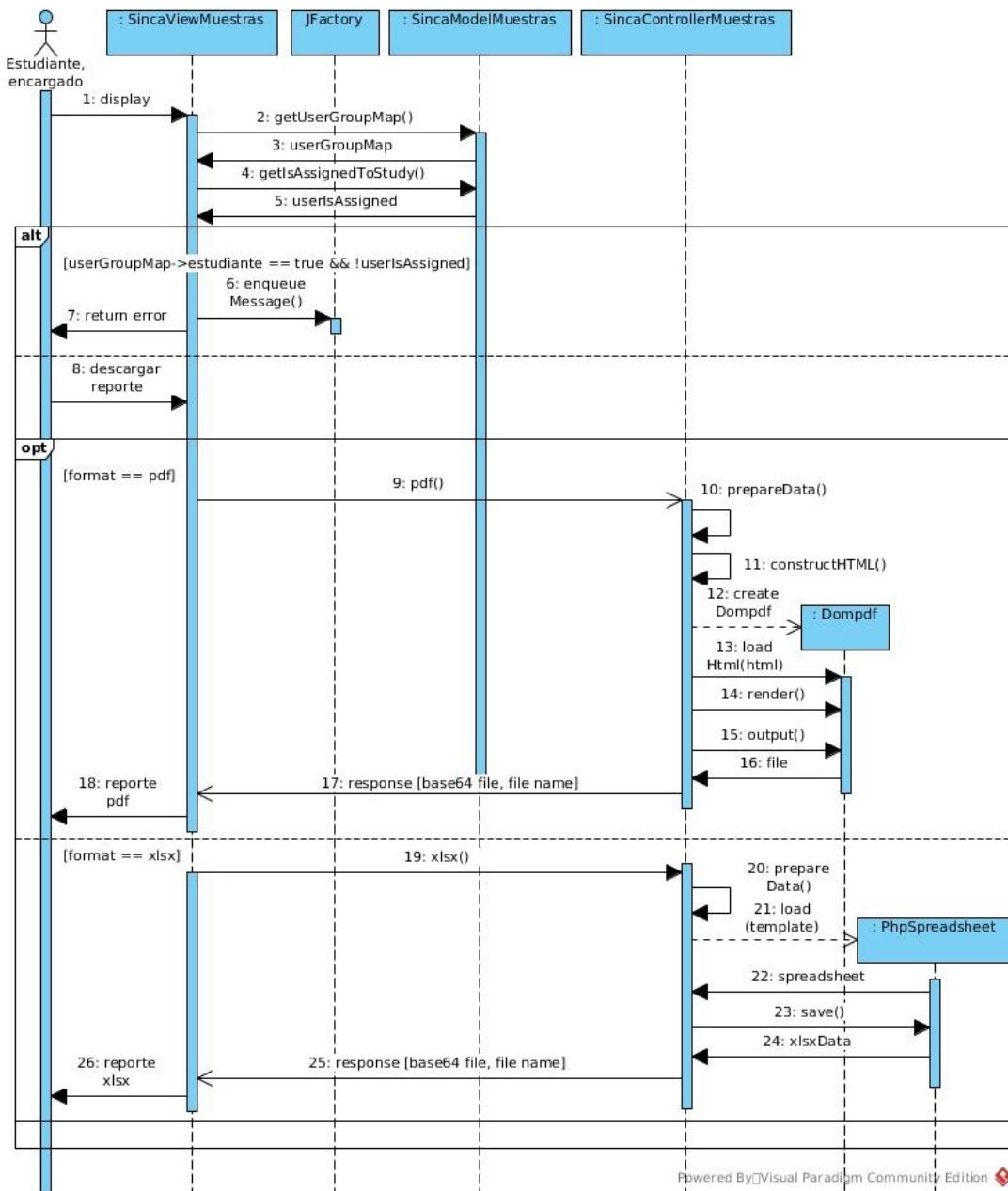
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de secuencia "crear muestra"



Fuente: elaboración propia.

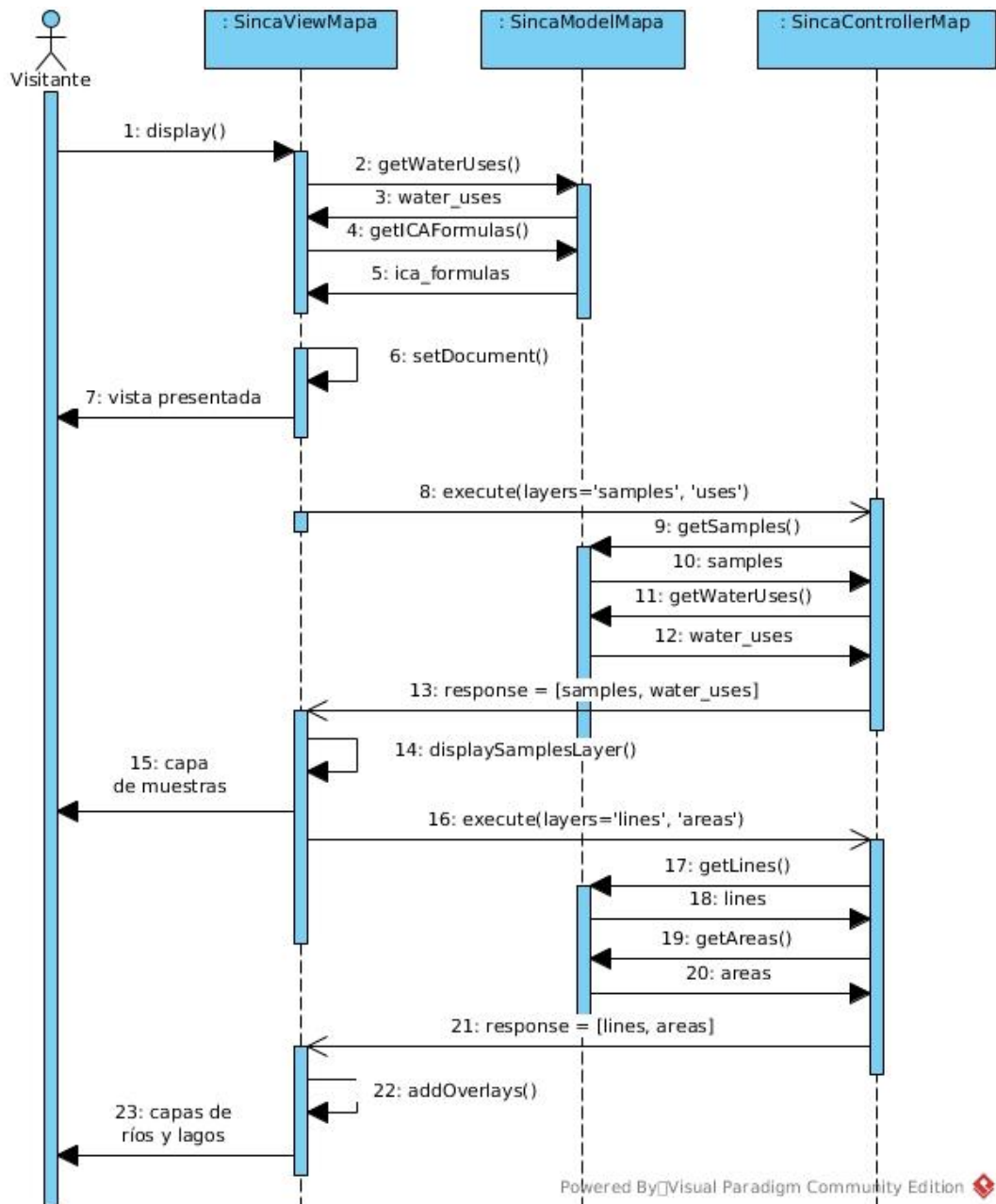
Figura 26. Diagrama de secuencia "generar reporte de las muestras"



Fuente: elaboración propia.

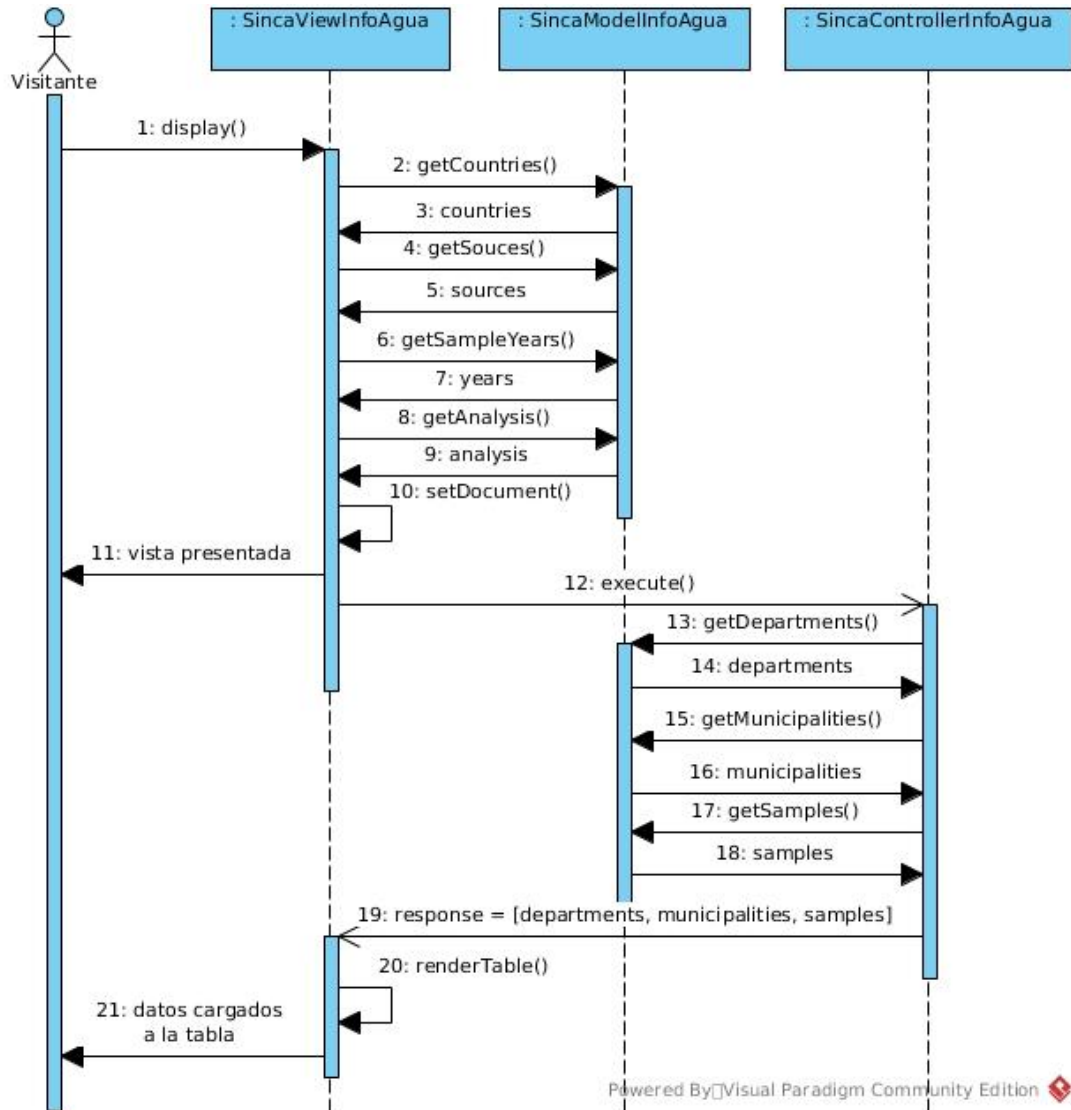
2.11.3.2.3. Aplicación web, área pública

Figura 27. Diagrama de secuencia "explorar muestras en un mapa"



Fuente: elaboración propia.

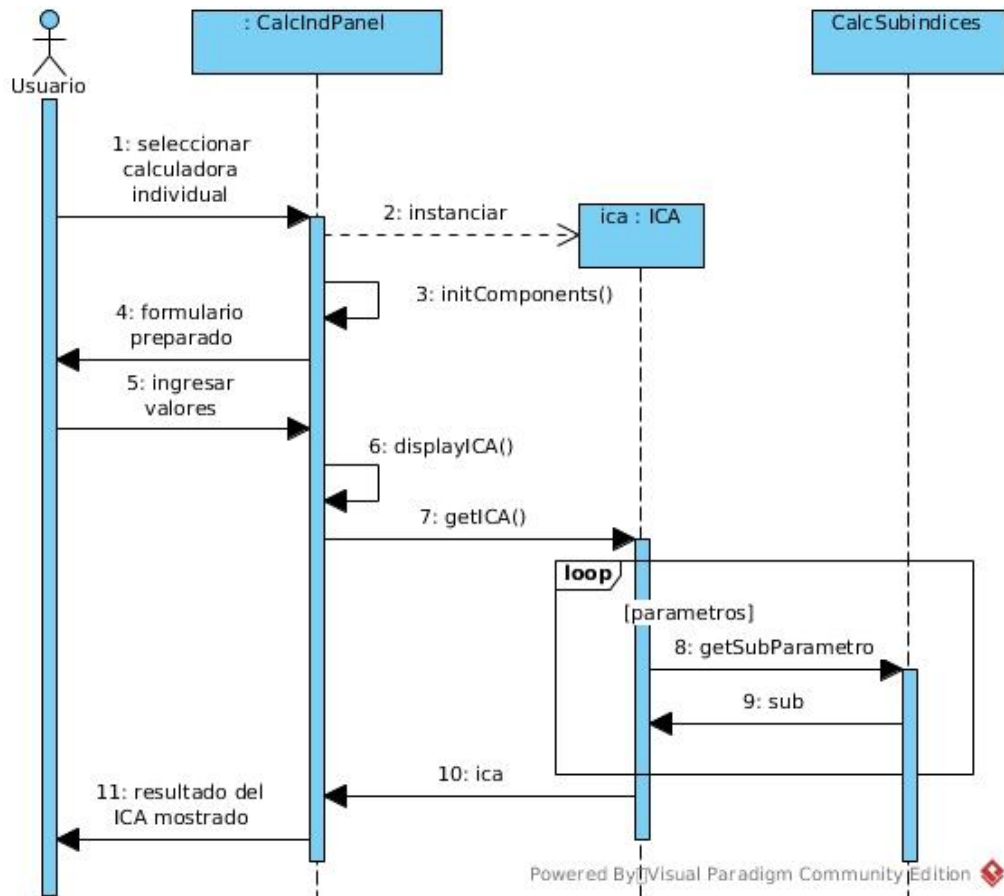
Figura 28. Diagrama de secuencia "buscar información del agua"



Fuente: elaboración propia.

2.11.3.2.4. Aplicación de escritorio

Figura 29. Diagrama de secuencia "calcular ICA para múltiples muestras"

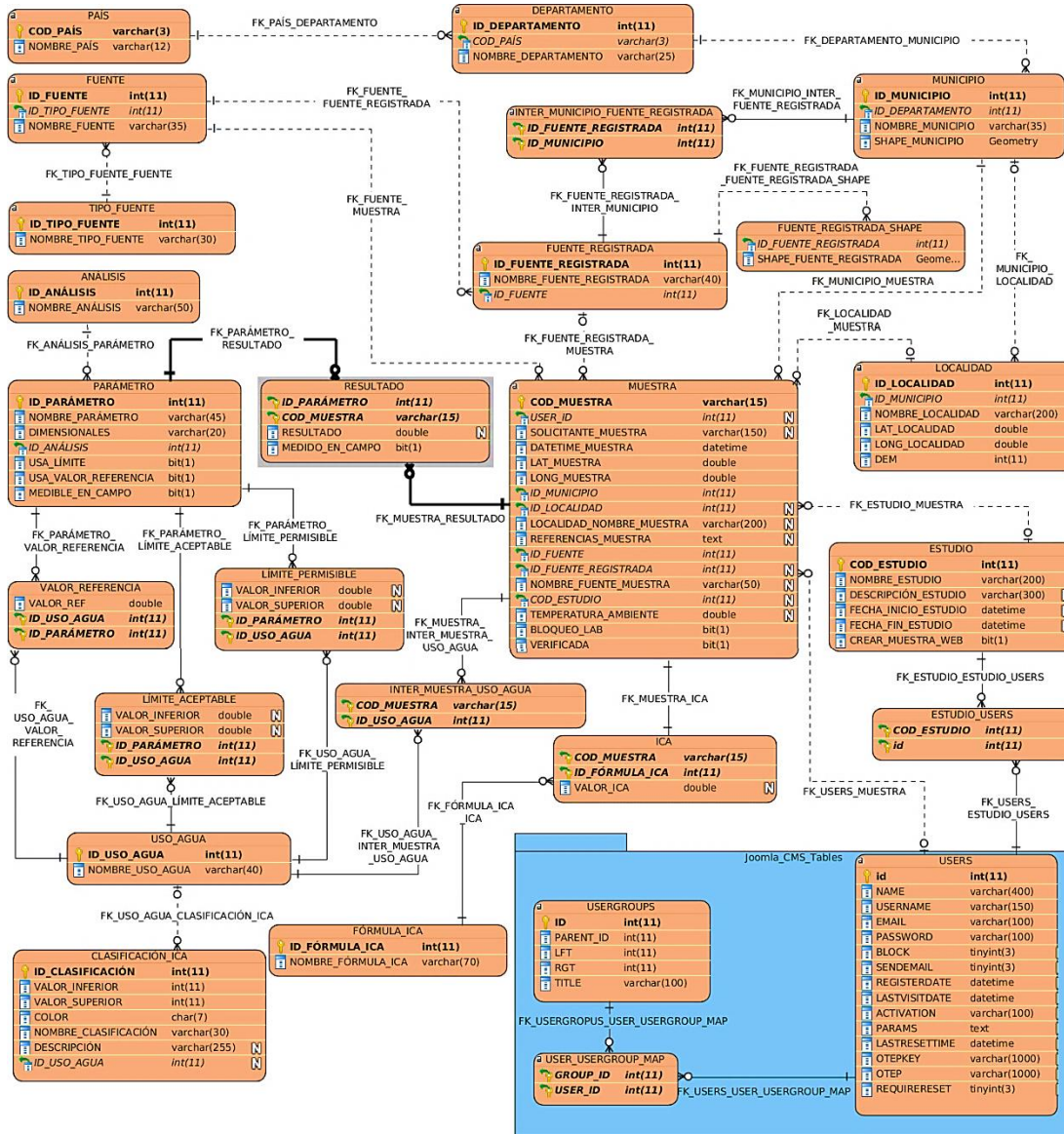


Fuente: elaboración propia.

2.11.3.3. Modelos de datos

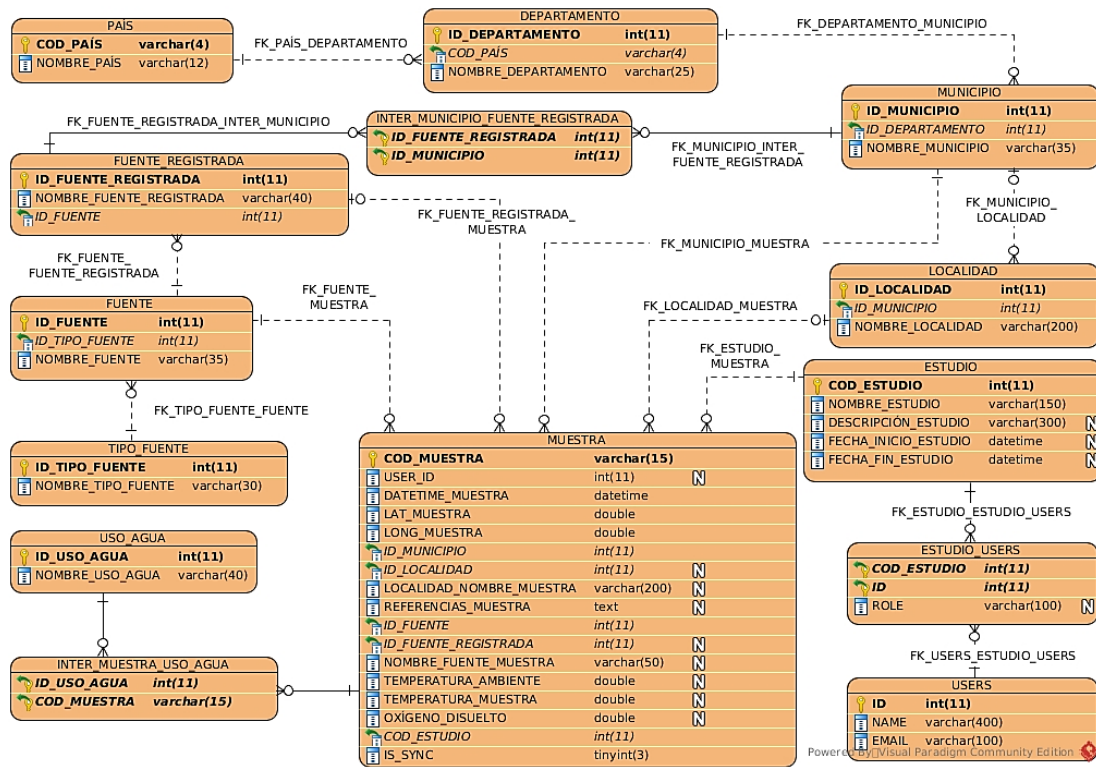
Los diagramas relacionales de las figuras 30 y 31 presentan las tablas, atributos y relaciones de la base de datos centralizada y la base de datos de la aplicación móvil respectivamente.

Figura 30. Modelo relacional de la base de datos central



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Modelo relacional de la base de datos para la aplicación móvil**



Fuente: elaboración propia.

2.11.4. Implementación

2.11.4.1. Obtención de datos espaciales

Los datos espaciales que definen la forma y ubicación de los países, departamentos, municipios, localidades, ríos y lagos fueron recuperados de diversas fuentes y luego se sometieron a un proceso de selección, limpieza, extracción del formato original y traslado a la base de datos relacional.

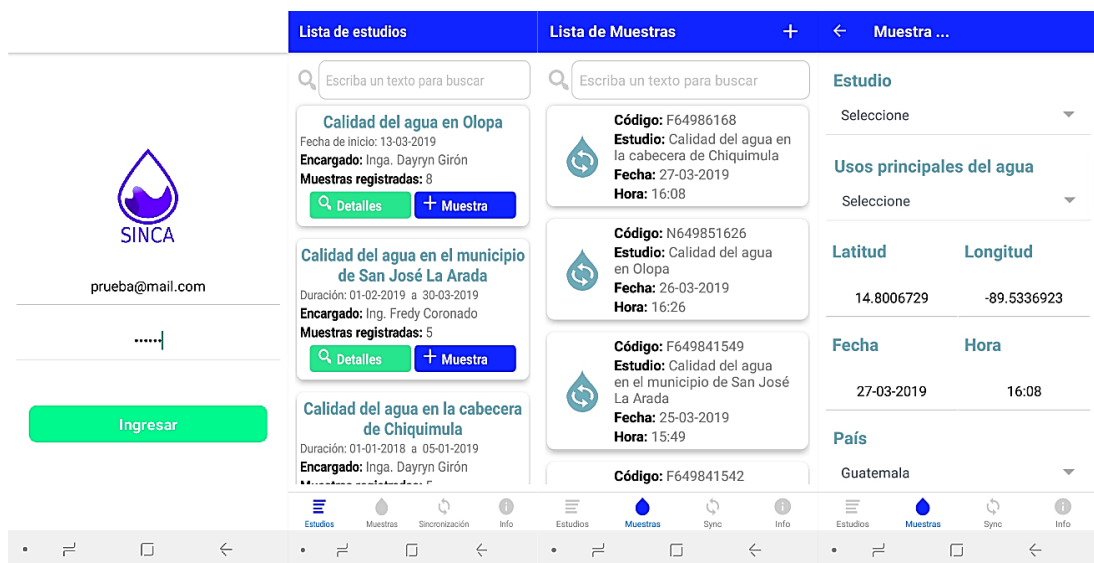
A continuación se identifican las fuentes de las que se obtuvo los datos espaciales para el sistema desarrollado. Se utilizó el Sistema Geodésico Mundial 1984 como sistema de coordenadas geográficas.

- La Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Gobierno de Guatemala (2018), explica que el Sistema Nacional de Información Territorial “gestiona información geográfica y estadística de las dinámicas sociales, demográficas, económicas y ambientales... y la pone a disposición de todas aquellas instituciones y personas que la requieran por medio del geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala IDE- ...”.
- El Centro Nacional de Registros, República de El Salvador, C.A. (2015) ofrece un geoportal, el cual permite “visualizar información geográfica como el mapa oficial de la República de El Salvador y el mapa en relieve, ambos a escala 1:200,000. También se pone a disposición los servicios web de estos mapas (WMS)...”.
- DIVA-GIS (2011) se define como una aplicación gratuita del tipo de sistema de información geográfica diseñada especialmente para realizar análisis de biodiversidad y distribución de especies. A su vez ofrece conjuntos de datos geográficos de libre descarga.

2.11.4.2. Prototipos

Las figuras 32 a la 37 muestran diseños de la interfaz de usuario para las aplicaciones desarrolladas.

Figura 32. Prototipos de la aplicación móvil



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Prototipo del formulario de estudio


Estudio

Datos del estudio:

Nombre *

Descripción *

Fecha de inicio *

Fecha de finalización *

¿Permite agregar muestras desde la aplicación web?

☒


Estudiantes asignados

Agregar estudiante:

Buscar:

Nombre	Correo electrónico	Eliminar
Ningún dato disponible en esta tabla		

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros

Anterior

Siguiente

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Prototipo del formulario para editar una muestra

 Editar muestra

Información general

Análisis físico-químico de agua

Análisis bacteriológico de agua

Análisis de metales pesados

ICA_m

ICA_a

Clasificaciones ICA

Ficha

Información general

Código

F8082261759

Fecha y hora

15-08-2019 17:59

Recolector

María Eugenia López López

Latitud

14.7918881

Longitud

-89.5503154

Municipio

Chiquimula , Chiquimula, Guatemala

Localidad

Chiquimula

Ingresar manualmente la localidad

Tipo de fuente

Corriente superficial

Fuente

Río Taco

Ingresar manualmente la fuente

Referencias

Usos de agua

× Agua potable

Muestra verificada

Temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)

30

Guardar

Eliminar

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Prototipo del formulario de creación de estudiante

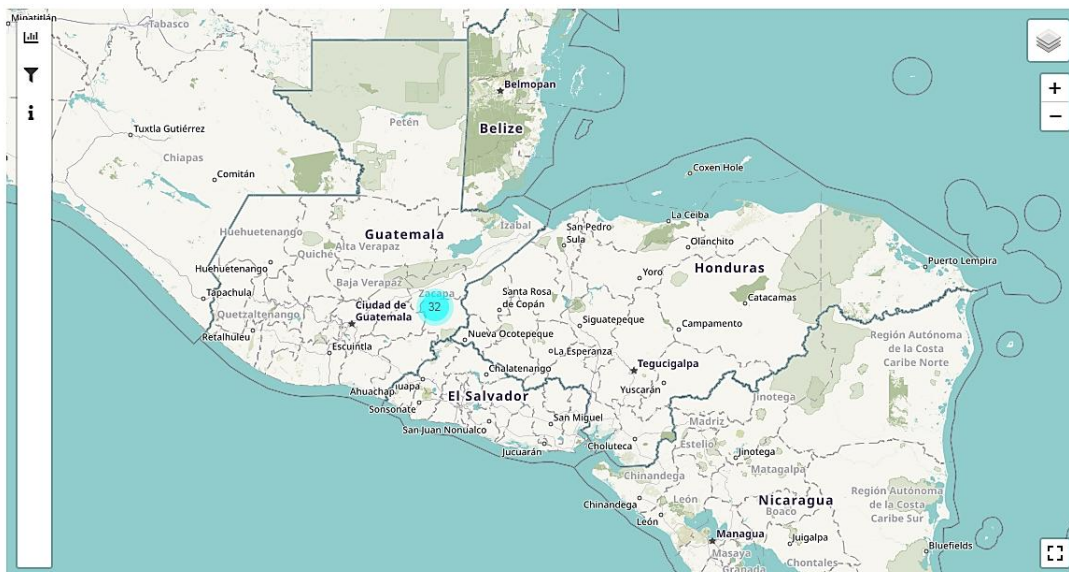
Estudiante

Nuevo estudiante

Nombre completo	Eduardo José Pérez López
Correo electrónico	eduperez@gmail.com
Username	eduardo_perez
Contraseña	
Confirme contraseña	

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Prototipo del visor geográfico



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Prototipo de la aplicación móvil

Calculadora del ICA
Muestra individual

Calculadora del ICA

Individual

Múltiple

¿Qué es el ICA?

Acerca de

Coliformes fecales (NMP / 100mL)

pH (Unidades)

DBO5 (mg/L)

Nitratos (mg/L)

Fosfatos (mg/L)

Temperatura ambiente (°C)

Temperatura de la muestra (°C)

Turbidez (FAU)

Sólidos disueltos totales (mg/L)

Oxígeno disuelto (% de saturación)

ICAm

(función ponderada multiplicativa)

ICAa

(suma lineal ponderada)

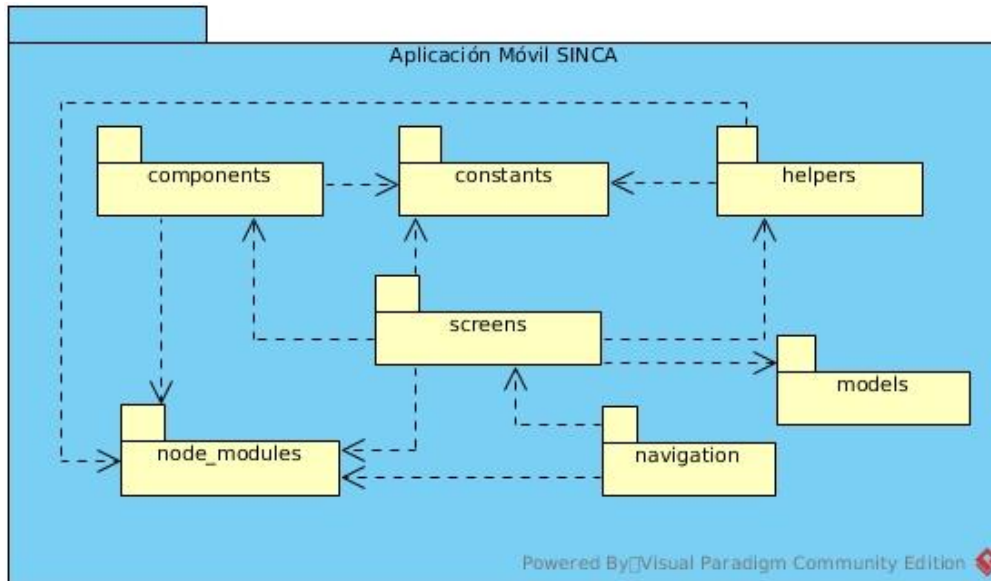
Fuente: elaboración propia.

2.11.4.3. Modelo de implementación

Rumbaugh y colaboradores (2007), indican que para organizar los modelos se utiliza el diagrama de paquetes. Un paquete contiene elementos del modelo tales como las clases y también puede contener otros paquetes.

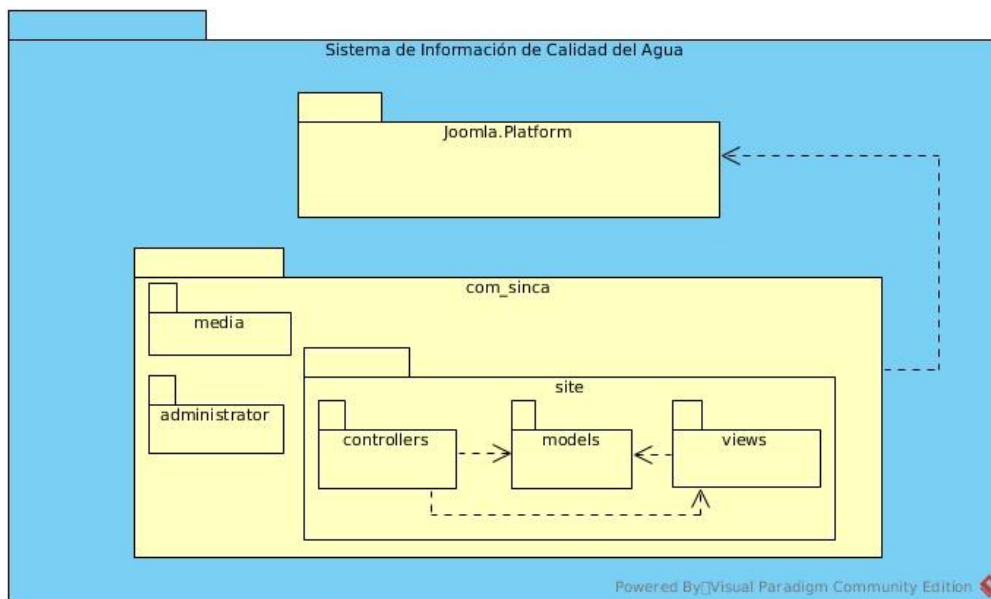
Las figuras 38 a la 40 muestran los paquetes y sus relaciones de dependencia para cada aplicación desarrollada.

Figura 38. **Modelo de implementación para la aplicación móvil**



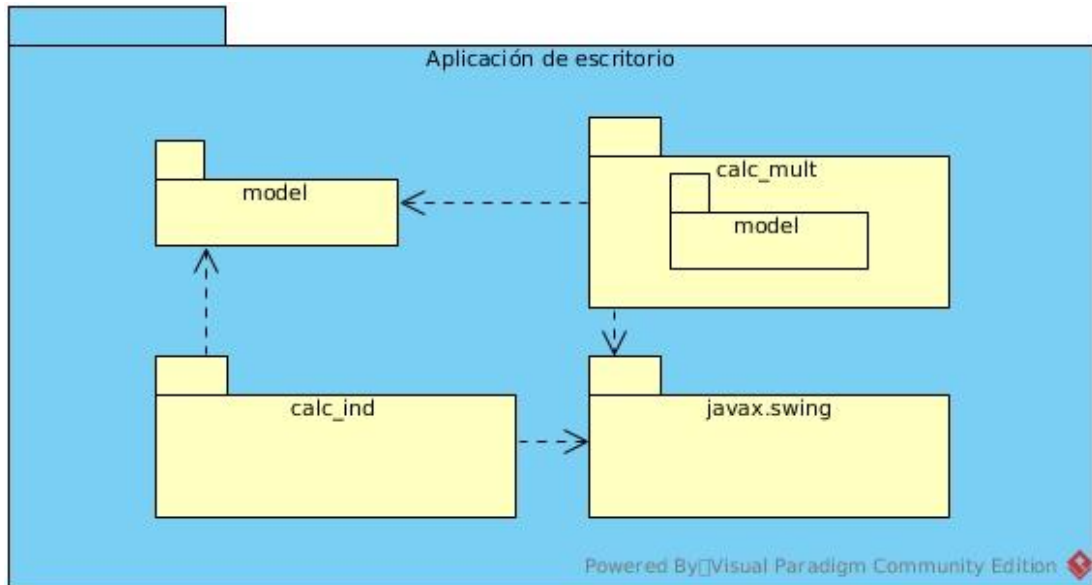
Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Modelo de implementación para la aplicación web**



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Modelo de implementación de la aplicación de escritorio**



Fuente: elaboración propia.

2.11.5. Pruebas

Se realizaron dos fases de pruebas en las que participaron docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local quienes utilizaron y validaron las aplicaciones desarrolladas.

La primera fase de pruebas comprendió del 14 al 22 de mayo de 2019. En ese tiempo, 12 estudiantes y una docente probaron la aplicación móvil en una versión inicial. Se registraron 41 muestras, de las cuales se detalla el código, usuario que registró, coordenadas y fecha de registro en el apéndice 4. Terminadas las pruebas, se realizaron ajustes y correcciones requeridas por la docente, ingeniera Dayryn Estéfany Girón y Girón.

La segunda fase de pruebas comprendió el período del 2 al 11 de septiembre de 2019. En la segunda fase participaron 25 estudiantes y la docente referida en el párrafo anterior, en esta ocasión, los participantes utilizaron la aplicación móvil, la aplicación de escritorio y la aplicación web en sus áreas pública y privada.

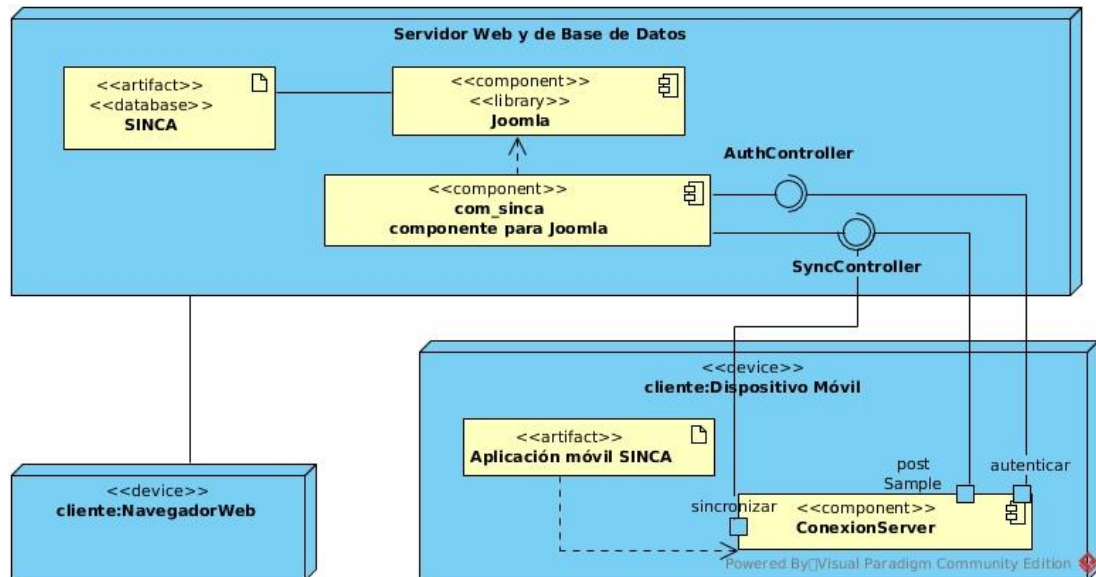
La mecánica de la segunda fase de pruebas consistió en que la docente creó un estudio y asignó al grupo de estudiantes a dicho estudio. Los estudiantes registraron, con la aplicación móvil, un total de 57 muestras (ver apéndice 5) y luego ingresaron valores para los parámetros de análisis de laboratorio en el área privada de la aplicación web. La docente y los estudiantes revisaron también las funciones del área pública de la aplicación web y de la aplicación de escritorio.

2.11.6. Despliegue

Según Rumbaugh y colaboradores (2007), un artefacto es una instancia de implementación y un nodo es un dispositivo o elemento computacional. El diagrama de despliegue presenta los artefactos, sus enlaces y los nodos que los contienen.

La figura 41 muestra el diagrama de despliegue del Sistema de Información de Calidad del Agua.

Figura 41. Modelo de despliegue



Fuente: elaboración propia.

La aplicación web se instaló en el servidor que aloja al SINTET y puede ser accedida a través de la dirección: <http://sintet.net/sinca/>. La sección de descargas de la aplicación web permite obtener la aplicación móvil y la aplicación de escritorio. La aplicación móvil también se encuentra disponible en la tienda de aplicaciones de Android, bajo el nombre: “SINCA”.

2.12. Lista de riesgos

Al utilizar un software pueden suscitarse eventos que afecten negativamente su funcionamiento correcto. Dichos eventos son inciertos, por lo que se les conoce como riesgos. Es importante identificar los riesgos, determinar la probabilidad de ocurrencia, estimar su impacto y establecer medidas de contingencia para adoptar cuando sea necesario.

La tabla 6 muestra una matriz de riesgo probabilidad-impacto, la cual sirve para establecer un criterio que defina la importancia relativa de cada riesgo. El cuadro 22 ofrece una guía para interpretar los colores usados para clasificar los niveles de riesgo en la matriz de probabilidad-impacto.

Tabla 6. **Matriz de riesgo probabilidad-impacto**

			Impacto				
			Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
			0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
Probabilidad	Muy alta	0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
	Alta	0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
	Media	0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
	Baja	0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
	Muy baja	0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
Riesgo = probabilidad * impacto							

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 22. Interpretación de colores de la matriz de riesgo probabilidad-impacto.

Color	Nivel de riesgo	Tratamiento sugerido
	Bajo	Monitorización: orientarse a medidas para detección.
	Moderado	Investigación: implementar medidas preventivas.
	Alto	Mitigación: desarrollar medidas correctivas.

Fuente: elaboración propia.

Para el software desarrollado en el proyecto, se identificaron tres riesgos. El primer riesgo contempla la posibilidad de acceso no autorizado, detallado en el cuadro 23; el segundo riesgo aborda los ataques de inyección SQL, descrito en el cuadro 24 y el tercer riesgo corresponde a un posible secuestro de la base de datos, explicado en el cuadro 25.

Cuadro 23. Riesgo de acceso no autorizado

Acceso no autorizado			
Descripción			
Una persona no registrada en el sistema podría utilizar técnicas para obtener credenciales válidas de acceso, suplantando la identidad de un usuario, para acceder o modificar información.			
Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Responsable
0.10 Muy baja	0.80 Muy alto	0.08 Moderado	Usuarios finales del sistema.

Continúa cuadro 23.

Plan de contingencia
El sistema utiliza funciones de Joomla para encriptar las contraseñas de los usuarios al ser almacenadas en la base de datos. Además, la aplicación móvil emplea el método de cifrado simétrico por bloques: AES-128-CBC, con el fin de proteger las credenciales del usuario al intercambiar información con el servidor en el proceso de autenticación. También es importante recordarle a los usuarios no compartir su contraseña y cambiarla periódicamente.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 24. **Riesgo de inyección SQL**

Inyección SQL			
Descripción			
Es un ataque informático que consiste en ingresar sentencias SQL maliciosas al campo de un formulario, para que al ejecutarse, el atacante gane privilegios sobre la base de datos o incluso la destruya.			
Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Responsable
0.10 Muy baja	0.80 Muy alto	0.08 Moderado	Usuarios internos o externos.
Plan de contingencia			
Todos los valores de los parámetros de petición son obtenidos utilizando una instancia de la clase “<i>Input</i>” del <i>framework</i> de Joomla, la cual aplica filtros adecuados para evitar la ejecución de sentencias SQL enviadas por un atacante.			

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 25. **Riesgo de secuestro de la base de datos**

Secuestro de la base de datos			
Descripción			
Es un ciberataque en el que se obtiene acceso a la base de datos y se realiza una copia de la información que contiene, para luego eliminarla del servidor o bloquear el acceso para los usuarios y administradores. El atacante demanda un rescate para devolver la información o el acceso a la base de datos.			
Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo	Responsable
0.30 Baja	0.80 Muy alto	0.24 Alto	Administrador del sistema.
Plan de contingencia			
El administrador del sistema debe realizar copias periódicas de respaldo de la base de datos para poder reestablecer rápidamente el sistema después de un ataque de secuestro de la base de datos.			

Fuente: elaboración propia.

2.13. Valoración económica del proyecto

La valoración económica del proyecto toma en cuenta costos directos, como la mano de obra, y costos indirectos los cuales incluyen materiales y suministros empleados en el transcurso del proyecto.

2.13.1. Perfil del recurso humano

El cuadro 26 presenta los roles del recurso humano involucrado en el proyecto y la descripción de las funciones ejecutadas por cada rol.

Cuadro 26. **Descripción de los roles del recurso humano**

No.	Rol	Descripción
1	Consultor de sistemas (CS)	Se especializa en tecnologías y soluciones adecuadas para las necesidades planteadas. Coordina la comunicación con el cliente, obtiene los requerimientos y asegura el cumplimiento de los mismos. Dirige de manera general el proyecto.
2	Arquitecto de software (AS)	Realiza el análisis de los requerimientos no funcionales, define la arquitectura de software y elige la tecnología a utilizar.
3	Desarrollador senior (DeS)	Escribe el código de las aplicaciones basándose en los modelos diseñados a partir de los requerimientos. Dirige las actividades relacionadas a la programación.

Continúa cuadro 26.

4	Documentador de software (DoS)	Redacta y edita los documentos que presentan el diseño del software y los manuales dirigidos al administrador del sistema y los usuarios.
5	Project Manager (PM)	Realiza la planificación de las actividades del proyecto. Supervisa el avance del proyecto para asegurar que sea terminado en el tiempo estipulado. Efectúa los cambios y ajustes necesarios a la planificación.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 7 se detallan las actividades ejecutadas por cada rol en las cinco fases del proyecto y el tiempo en horas que implicó la realización de cada actividad.

Tabla 7. **Actividades realizadas en el proyecto**

Fase	No.	Actividad	Duración (horas)	Rol
Requerimientos	1	Revisión y aprobación de casos de uso.	12	CS
	2	Especificación de casos de uso.	36	CS
Análisis y Diseño	3	Instalación y configuración del entorno de desarrollo.	8	AS
	4	Definición de la arquitectura del software.	8	AS
	5	Diseño de los modelos de datos.	20	CS
	6	Elaboración de diagramas.	16	CS

Continúa tabla 7.

Fase	No.	Actividad	Duración (horas)	Rol
Implementación	7	Codificación de prototipos.	88	AS
	8	Desarrollo de funcionalidades.	252	DeS
	9	Corrección de errores.	36	DeS
	10	Elaboración de manuales.	40	DoS
Pruebas	11	Pruebas de aceptación de prototipos.	10	CS
	12	Pruebas para revisión y aceptación de aplicaciones.	20	CS
Despliegue	13	Instalación de la BBDD en el servidor.	4	AS
	14	Despliegue de la aplicación web en el servidor.	8	AS
	15	Elaboración del plan de capacitación.	4	CS
	16	Capacitación a usuarios.	12	CS
	17	Aprobación y finalización del proyecto.	4	CS

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 27 especifica el costo del recurso humano, mostrando el costo por hora de cada rol, el total de horas asignadas, la cantidad de personas desempeñando el rol y el subtotal que es obtenido del producto de los valores de las columnas tres, cuatro y cinco.

Cuadro 27. Costo del recurso humano

Rol	Salario Mensual	Costo por hora	Horas asignadas	Cantidad	Subtotal
Consultor de sistemas	Q 18,000.00	Q 112.50	134	1	Q15,075.00
Arquitecto de software	Q 16,000.00	Q 100.00	116	1	Q 11,600.00
Desarrollador senior	Q 12,000.00	Q 75.00	288	1	Q 21,600.00
Documentador de software	Q 6,000.00	Q 37.50	40	1	Q 1,500.00
Project Manager	Q 20,000.00	Q 125.00	160	1	Q 20,000.00
Total					Q69,775.00

Fuente: elaboración propia.

2.13.2. Costos directos e indirectos

En el cuadro 28 se resumen todos los costos del proyecto, directos e indirectos y se presenta el costo total que representa el proyecto ejecutado.

Cuadro 28. Costo del proyecto

	Costos fijos	Costos variables		Total
		Costo unitario	Cantidad	
Costos directos				
Mano de obra	Q 69,775.00			Q 69,775.00
Impresión y encuadernación de manuales		Q 14.20	Q 7.00	Q 99.40
Tarifa de registro para desarrollador en tienda de aplicaciones	Q 189.50			Q 189.50
Costos indirectos				
Energía eléctrica, Internet		Q 150.00 por mes	6 meses	Q 900.00
	Total sin impuestos			Q 70,956.90
	Impuestos			Q 8,514.83
	Total			Q 79,471.73

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

3.1. Capacitación para uso del software

Para promover el uso óptimo del sistema, se realizaron dos capacitaciones donde se brindaron instrucciones y recomendaciones para la utilización de las aplicaciones desarrolladas.

3.1.1. Público objetivo

Las capacitaciones fueron destinadas a docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

3.1.2. Estructura del plan de capacitación

La primera sesión de capacitación se realizó el 15 de mayo de 2019 y la segunda el 29 de agosto del mismo año. Asistieron docentes y estudiantes de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, los cuales participaron también en las fases de prueba.

En la primera sesión se brindaron indicaciones para la utilización de la aplicación móvil, los participantes pudieron utilizar la aplicación y registrar una muestra.

En la segunda sesión se abordó instrucciones para el uso de todas las aplicaciones desarrolladas. Se utilizó la estructura del plan de capacitación presentada en la tabla 8.

Tabla 8. Estructura del plan de capacitación

No.	Tema	Duración (minutos)	Recursos
1.	Introducción	05	• Proyector. • Computadora. • Navegador. • Dispositivos móviles. • Presentación de diapositivas. • Conexión a Internet. • Aplicación móvil. • Aplicación de escritorio. • Manuales de usuario.
2.	Descripción de las aplicaciones	10	
3.	Creación de estudios	10	
4.	Uso de la aplicación móvil	15	
5.	Editar muestras	10	
6.	Creación de muestras vía aplicación web	10	
7.	Generación de reportes	05	
8.	Creación de estudiante	10	
9.	Descripción de funciones de la parte pública de la aplicación web	10	
10.	Uso de la aplicación de escritorio	10	

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Contenidos

A continuación se detallan los temas enumerados en la tabla 36, los cuales fueron presentados en la capacitación.

- Introducción: generalidades del sistema, justificación y objetivos. Además se presentó de manera general las aplicaciones desarrolladas.
- Descripción de las aplicaciones: se explicó con más detalle la función de cada aplicación, los usuarios que las pueden utilizar y la manera de acceder a ellas.
- Creación de estudios: se brindaron indicaciones para que los docentes, en su rol de encargados de los estudios, completen el formulario de creación de estudios y asignen estudiantes.
- Uso de la aplicación móvil: funciones que brinda la aplicación, forma de navegar por las vistas de la aplicación, procedimiento para registrar muestras y sincronizar datos.
- Editar muestras: se explicó la manera de ingresar a la parte privada de la aplicación web, buscar una determinada muestra y acceder al formulario respectivo para editar información de la misma.
- Creación de muestras vía aplicación web: pasos para crear nuevas muestras desde la aplicación web. Se explicó que es necesario que el estudio al que pertenecerá la muestra tenga habilitada la opción de agregar muestras con la aplicación web.

- Generación de reportes: instrucciones para descargar reportes de las muestras de un estudio.
- Creación de estudiante: se dieron indicaciones para completar el formulario de creación de estudiantes, al cual tienen acceso los docentes.
- Descripción de funciones de la parte pública de la aplicación web: se mostraron el visor geográfico y la vista para consulta de información del agua.
- Uso de la aplicación de escritorio: se indicó la manera de descargar y ejecutar la aplicación de escritorio.

3.1.4. Documentación de la capacitación

Los manuales ubicados en la sección de apéndices fueron utilizados como soporte documental para las capacitaciones.

CONCLUSIONES

1. La aplicación móvil desarrollada servirá para registrar los datos de las muestras en el lugar en que serán recolectadas, la información se almacenará en el dispositivo móvil y también se reunirá en la base de datos del sistema.
2. Se produjo una aplicación web, que en su parte privada permitirá administrar de manera eficiente la información de calidad del agua y en la parte pública, se presentarán los datos a la sociedad en general, utilizando formatos que faciliten su consulta.
3. El software de escritorio construido, es una herramienta de acceso libre que simplificará el cálculo del índice de calidad del agua a partir de los valores que ingrese el usuario; su empleo será independiente de los estudios registrados en el sistema.
4. Se fortalecieron las competencias de docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local para poder utilizar de forma eficiente las aplicaciones desarrolladas.

RECOMENDACIONES

1. Asignar el rol de administrador del sistema a una persona con conocimientos técnicos en la configuración y mantenimiento de aplicaciones web, para que realice las acciones de soporte necesarias.
2. Se debe ingresar a la aplicación web, los resultados de los estudios realizados previo a la implementación del Sistema de Información de Calidad del Agua, a fin de enriquecer los datos disponibles para consulta.
3. Investigar y elaborar nuevos indicadores que podrán implementarse en proyectos futuros para aprovechar adecuadamente la información registrada en el sistema; ya que los datos de las muestras pueden utilizarse para generar indicadores sobre la calidad del agua, bajo enfoques distintos al abordado por el índice de calidad del agua empleado en el proyecto.
4. Proponer a otras carreras universitarias o instituciones que realizan estudios de calidad del agua, contribuir con el sistema a través de la información que generan.
5. Realizar periódicamente copias de respaldo de la base de datos con el fin de asegurar la durabilidad de la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berni, P. & Gil, D. (2010). *Laboratorio de PHP y MySQL*. España: Eureka Media, SL. Recuperado de <https://openlibra.com/es/book/download/laboratorio-de-php-y-mysql>

Centro de apoyo tecnológico a emprendedores, Fundación parque científico y tecnológico de Albacete. (2012). *Estudio de los sistemas de gestión de contenido web*. Castilla-La Mancha, España. Recuperado de <https://openlibra.com/es/book/download/estudio-de-los-sistemas-de-gestion-de-contenidos-web-2012>

Centro Nacional de Registros, República de El Salvador. (2015). *Geoportal CNR*. Recuperado de <http://cnr.gob.sv/geoportal-cnr/>

Centro Universitario de Oriente. (2019). *Ingeniería en Gestión Ambiental*. Recuperado de <http://www.cunori.edu.gt/carreras/ingenieria-en-gestion-ambiental/>

Collell, J. (2013). *CSS3 y Javascript avanzado*. España: *Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya*. Recuperado de <https://openlibra.com/es/book/download/css3-y-javascript-avanzado>

DIVA-GIS. (2011). *DIVA-GIS*. Recuperado de <http://www.diva-gis.org>

Eisenman, B. (2015). *Learning React Native*. EE. UU: O'Reilly Media, Inc.

Grunitzki, R., Ferrari, J., Silva, A., Zambão, P. & Neckel, E. (2013). *Ferramenta WEB para determinação do índice de qualidade de água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260409906_Ferramenta_WEB_para_determinacao_do_indice_de_qualidade_de_agua_a_partir_da_reestruturacao_das_equacoes_que_descrevem_as_curvas_dos_indicadores_de_qualidade

Haverbeke, M. (2018). *Eloquent Javascript*. EE. UU. Recuperado de https://eloquentjavascript.net/Eloquent_JavaScript.pdf

Instituto Nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología. (2019). *Programa de hidrología*. Recuperado de http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios_de_guatemala.htm

International Business Machines Corporation. (2019). *Patrón de diseño de modelo-vista-controlador*. Recuperado de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSZLC2_8.0.0/com.ibm.commerce.developer.doc/concepts/csdmvcdespat.htm

Joyanes, L. & Zahonero, I. (2010). *Programación en C, C++, Java y UML*. México: McGraw-Hill.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Informe de Calidad de Agua de los ríos de El Salvador – 2013*. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/descarga/informe-de-calidad-de-agua-de-los-rios-de-el-salvador-2013/>

Mozilla MDN web docs. (2020). *Lenguaje de Mercado de Hipertextos*. Recuperado de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>

Proceso Unificado de Rational. *Wikipedia*. (2019). Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Unificado_de_Rational

Rodas et al. (2010). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal en agua de pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación. Recuperado de <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/resumenes2009/inf0951.html>

Rumbaugh, J., Jacobson, I. & Booch, G. (2007). *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de referencia*. (2.^a ed.). España: Pearson.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2018). *Sistema nacional de información territorial*. Recuperado de <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/servicios/sistemas-en-linea/sinit>

Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2019). *Índice de calidad del agua general*. El Salvador. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>

Sistema de Información Ambiental. (2019). *¿Qué es el SIAM?*. Recuperado de <http://infoambiental.org/index.php/nosotros/que-es-el-siam>

Sistema Nacional de Información del Agua, Comisión Nacional del Agua. (2017). *Calidad del agua (nacional)*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=calidadAgua&ver=mapa&o=0&n=nacional>

Sistema Nacional de Información del Agua, Comisión Nacional del Agua. (2020). *Acerca del SINA*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php>

Sistema de Información Territorial Trinacional. (2019 a). *Administración del sistema de información territorial trinacional*. Recuperado de http://www.sintet.net/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=22&Itemid=312

Sistema de Información Territorial Trinacional. (2019 b). *Sistema de Información Territorial Trinacional, Guatemala, Honduras, y El Salvador*. Recuperado de http://www.sintet.net/index.php?option=com_content&view=article&id=43&Itemid=101

Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software* (9.^a ed.). México: Pearson.

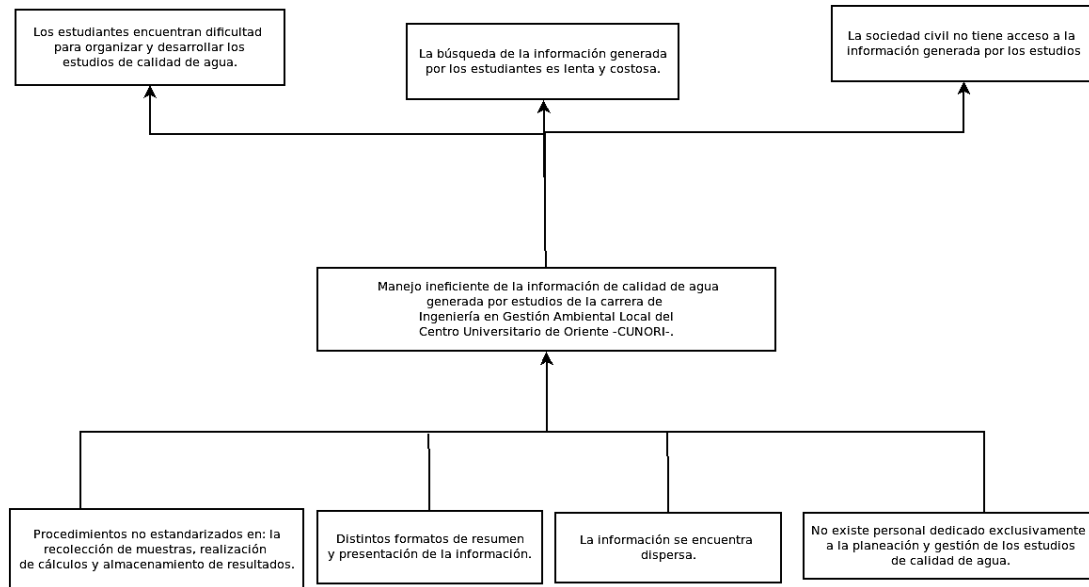
Vilajosana, X. & Navarro, L. (2012). *Arquitectura de aplicaciones web*. España: Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <https://openlibra.com/es/book/download/arquitectura-de-aplicaciones-web>



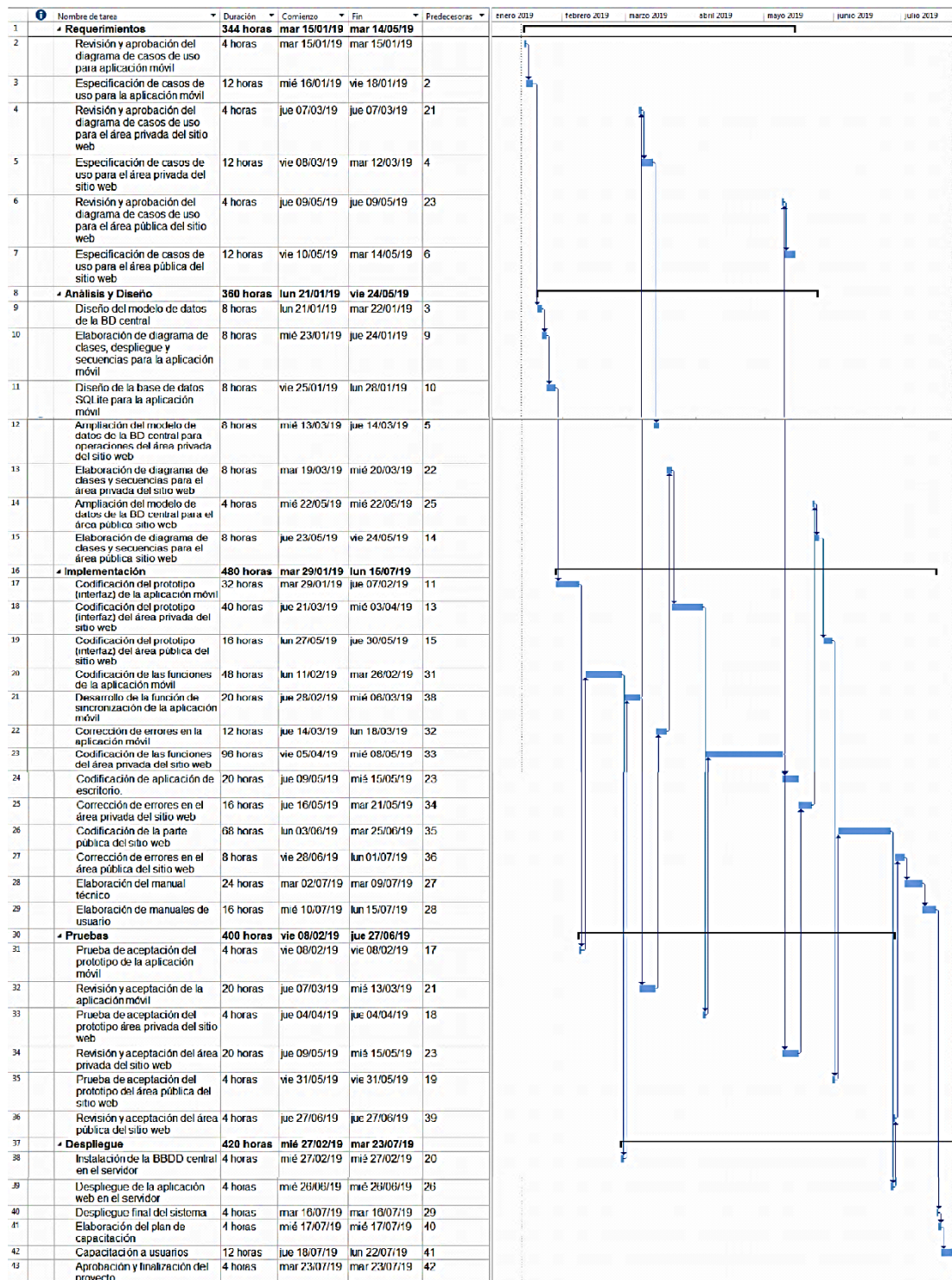
APÉNDICES

1. Árbol de problema sobre el manejo ineficiente de la información de calidad del agua generada por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNORI.
2. Diagrama de Gantt, herramienta para control y seguimiento del proyecto.
3. Contenido del CD.
4. Tabla de muestras registradas en la primera fase de pruebas.
5. Tabla de muestras registradas en la segunda fase de pruebas.
6. Manual de la aplicación móvil.
7. Manual del encargado.
8. Manual del área pública de la aplicación web.
9. Manual de la aplicación de escritorio.
10. Fotografías de la segunda sesión de capacitación.
11. Comprobante de pago de la tarifa de registro en tienda de aplicaciones.

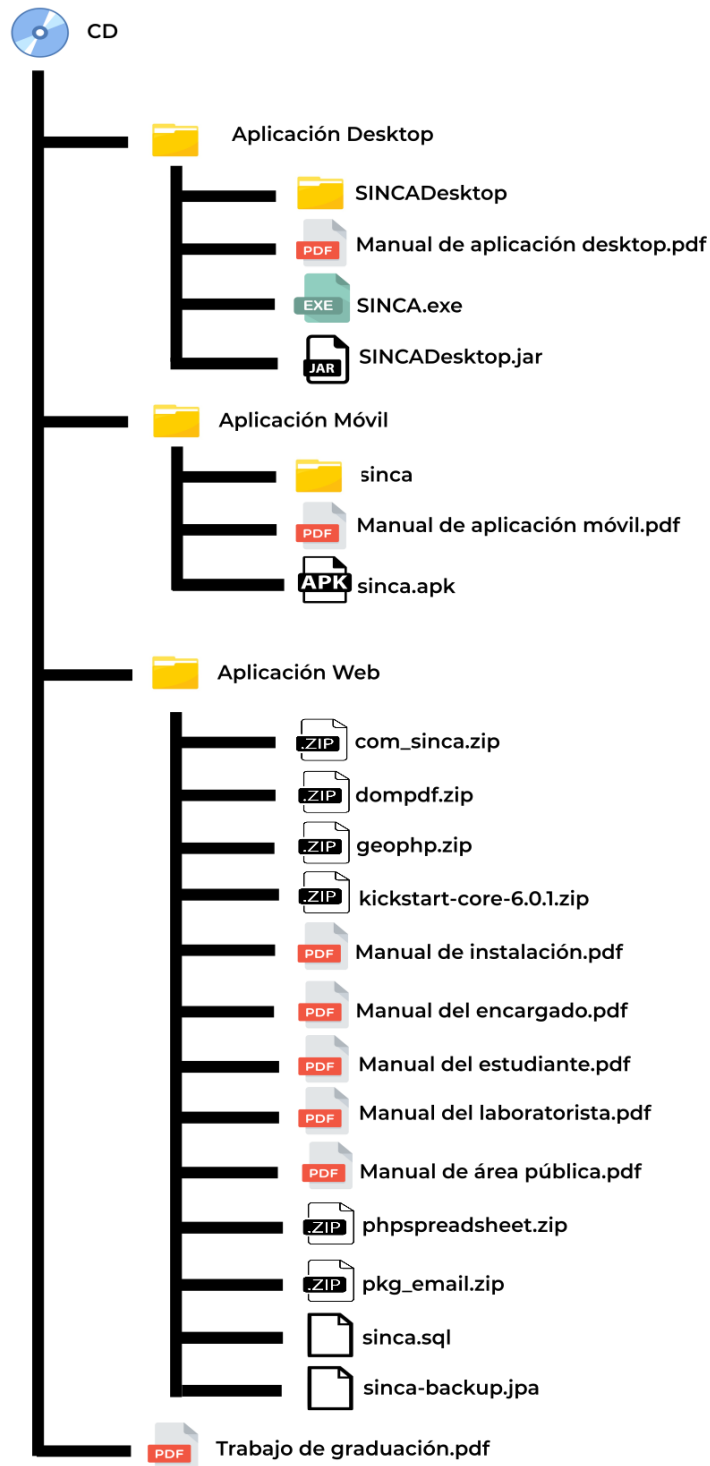
Apéndice 1. Árbol de problema sobre el manejo ineficiente de la información de calidad del agua generada por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNORI.



Apéndice 2. Diagrama de Gantt, herramienta para control y seguimiento del proyecto.



Apéndice 3. Contenido del CD.



Apéndice 4. Tabla de muestras registradas en la primera fase de pruebas.

No.	Código de la muestra	Usuario	Latitud	Longitud	Fecha
1	F6641351025	Diana Duarte	14.802023	-89.53126	14-05-2019
2	P6701341445	Dayryn Girón	14.802284	-89.53143	14-05-2019
3	F6641351511	Diana Duarte	14.801401	-89.53310	15-05-2019
4	N6721351511	Iris I. García	14.802429	-89.53192	15-05-2019
5	P6631351511	Karla N. Arteaga	14.802415	-89.53180	15-05-2019
6	F6791351511	Josué E. Pérez	14.804681	-89.53192	15-05-2019
7	P6661351511	Pablo Arita	14.802427	-89.53183	15-05-2019
8	F663135158	Karla N. Arteaga	14.802425	-89.53182	15-05-2019
9	P676135155	Maria R. Pérez	14.802406	-89.53181	15-05-2019
10	F663135154	Karla N. Arteaga	14.802418	-89.53179	15-05-2019
11	P6651351418	Bernardo Díaz	14.802432	-89.53183	15-05-2019
12	F6641351418	Diana Duarte	14.801038	-89.53398	15-05-2019
13	P6741351323	David Ascencio	14.792540	-89.55246	15-05-2019
14	P6631351059	Karla N. Arteaga	14.802420	-89.53179	15-05-2019
15	F6691351823	Cynthia Cerezo	14.803810	-89.54590	15-05-2019
16	N678135151	Max F. Miranda	14.802420	-89.53180	15-05-2019
17	F6711351511	Luis Jasinto D.	14.802430	-89.53180	15-05-2019
18	F678135113	Max F. Miranda	14.802020	-89.53110	15-05-2019
19	F6711351059	Luis Jasinto D.	14.802080	-89.53110	15-05-2019
20	F66613694	Pablo Arita	14.819080	-89.58590	16-05-2019
21	P6631382048	Karla N. Arteaga	14.933470	-89.58360	18-05-2019
22	F6751392229	Iris Velásquez	14.792694	-89.55640	19-05-2019
23	F6751392227	Iris Velásquez	14.792694	-89.55640	19-05-2019
24	F6781392011	Max F. Miranda	14.795954	-89.55406	19-05-2019
25	F6751391351	Iris Velásquez	14.953926	-89.53740	19-05-2019
26	F663139150	Karla N. Arteaga	14.933478	-89.58366	20-05-2019
27	F6781401636	Max F. Miranda	14.795885	-89.55405	20-05-2019
28	F6751411132	Iris Velásquez	15.005901	-89.57101	21-05-2019
29	F6741422023	David Ascencio	14.792546	-89.55250	22-05-2019
30	F6791421755	Josué E. Pérez	14.807663	-89.55479	22-05-2019
31	F6641421743	Diana Duarte	14.805763	-89.53655	22-05-2019
32	F6641421741	Diana Duarte	14.805772	-89.53654	22-05-2019
33	P6631421632	Karla N. Arteaga	14.933478	-89.58366	22-05-2019
34	P6661421541	Pablo Arita	14.805275	-89.53359	22-05-2019
35	D6761421519	Maria Pérez	14.979968	-89.72346	22-05-2019

Continúa apéndice 4.

No.	Código de la muestra	Usuario	Latitud	Longitud	Fecha
36	P6761421310	Maria Pérez	14.802143	-89.53173	22-05-2019
37	P6631421019	Karla N. Arteaga	14.802484	-89.53181	22-05-2019
38	F6711422135	Luis Jasinto D.	15.115840	-89.35679	22-05-2019
39	D6781421912	Max F. Miranda	14.796014	-89.55434	22-05-2019
40	P671142197	Luis Jasinto D.	15.115840	-89.35679	22-05-2019
41	F6751421734	Iris Velásquez	14.795515	-89.53487	22-05-2019

Apéndice 5. Tabla de muestras registradas en la segunda fase de pruebas.

No.	Código de la muestra	Usuario	Latitud	Longitud	Fecha
1	F8252452116	Max F. Miranda	14.795867	-89.55401	02-09-2019
2	P8172452116	Pablo Arita	14.805266	-89.53359	02-09-2019
3	P8142452127	Karla N, Arteaga	14.933610	-89.58393	02-09-2019
4	D8242452136	Maria R. Pérez	14.979991	-89.72351	02-09-2019
5	P8142452137	Karla N. Arteaga	14.933582	-89.58439	02-09-2019
6	P8162452213	Bernardo A. Díaz	14.804452	-89.54068	02-09-2019
7	F814246619	Karla N, Arteaga	14.955762	-89.53812	03-09-2019
8	P814246119	Karla N. Arteaga	14.802093	-89.53117	03-09-2019
9	P817246122	Pablo Arita	14.802249	-89.53128	03-09-2019
10	P824246123	Maria R. Pérez	14.802092	-89.53118	03-09-2019
11	P825246123	Max F. Miranda	14.799249	-89.54015	03-09-2019
12	P8192461218	Luis Jasinto D.	14.843518	-89.51725	03-09-2019
13	F8232481050	Iris Velásquez	14.802117	-89.53120	05-09-2019
14	P8272481129	Josué E. Pérez	14.802003	-89.53112	05-09-2019
15	P827249636	Josué E. Pérez	14.807668	-89.55483	06-09-2019
16	P8362491112	Ana B. Gregorio	14.801228	-89.53245	06-09-2019
17	P8412491114	Sara Borja M.	14.801765	-89.53251	06-09-2019
18	P8342491116	Daniel A. Morán	14.802015	-89.53113	06-09-2019
19	P8332491122	Hermelinda Sosa	14.802009	-89.53123	06-09-2019
20	P8322491124	Giancarlo Turcios	14.802124	-89.53147	06-09-2019
21	P8392491127	Michael Medrano	14.802058	-89.53126	06-09-2019
22	P8392491130	Michael Medrano	14.802143	-89.53142	06-09-2019
23	P8342491131	Daniel A. Morán	14.802022	-89.53124	06-09-2019
24	P8422491135	Kathleen Morales	14.802016	-89.53123	06-09-2019
25	P8422491137	Kathleen Morales	14.802021	-89.53121	06-09-2019
26	P8352491138	Oscar M. Corado	14.802019	-89.53119	06-09-2019
27	P8422491139	Kathleen Morales	14.802025	-89.53117	06-09-2019
28	P8422491141	Kathleen Morales	14.802011	-89.53119	06-09-2019
29	P8402491142	Jorge Luis García	14.802009	-89.53119	06-09-2019
30	P8432491144	Pablo España	14.802004	-89.53118	06-09-2019
31	P8372491145	Anik España	14.802494	-89.53222	06-09-2019
32	P8452491148	Elmer Rodriguez	14.802012	-89.53112	06-09-2019
33	P8442491150	Néstor Aguirre	14.802013	-89.53122	06-09-2019
34	P8462491150	Rony M. Orellana	14.801999	-89.53115	06-09-2019
35	P8322491151	Giancarlo Turcios	14.802079	-89.53129	06-09-2019

Continúa apéndice 5.

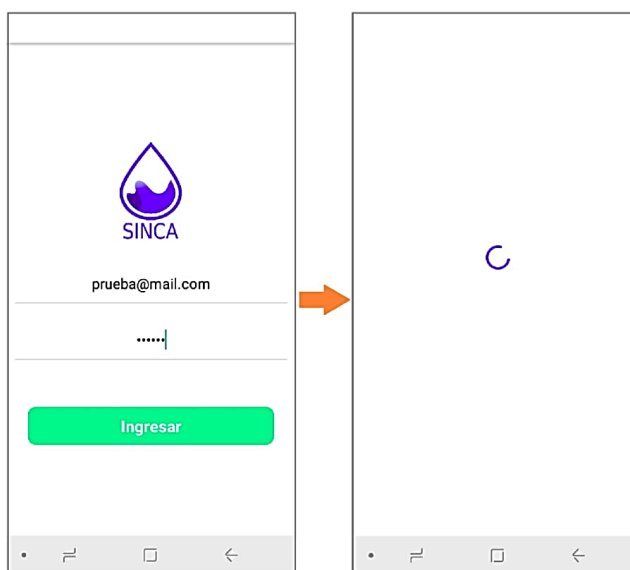
No.	Código de la muestra	Usuario	Latitud	Longitud	Fecha
36	P8472491152	Diego A. Chang	14.801998	-89.53113	06-09-2019
37	P8482491155	Antony E. Alvarez	14.802038	-89.53119	06-09-2019
38	P8372491157	Anik España	14.802494	-89.53222	06-09-2019
39	P8452491727	Elmer Rodriguez	14.750669	-89.51463	06-09-2019
40	P837250171	Anik España	14.796365	-89.53566	07-09-2019
41	P8332501848	Hermelinda Sosa	15.398528	-89.04869	07-09-2019
42	P8462502214	Rony M. Orellana	14.621799	-89.62200	07-09-2019
43	P832251719	Giancarlo Turcios	14.619980	-89.61076	08-09-2019
44	P834251129	Daniel A. Morán	14.806184	-89.55433	08-09-2019
45	F8342511223	Daniel A. Morán	14.795226	-89.55424	08-09-2019
46	D820252512	Iris García	14.820447	-89.38773	09-09-2019
47	P84125265	Sara Borja M.	14.678836	-89.49946	09-09-2019
48	P835252951	Oscar M. Corado	14.801765	-89.53251	09-09-2019
49	P8362521145	Ana B. Gregorio	14.802109	-89.53124	09-09-2019
50	P8392522057	Michael Medrano	14.423596	-89.73216	09-09-2019
51	P8392522058	Michael Medrano	14.423596	-89.73216	09-09-2019
52	P8432522241	Pablo España	14.789161	-89.55473	09-09-2019
53	P830253839	Daniela Henriquez	14.802550	-89.53129	10-09-2019
54	P8422531430	Kathleen Morales	14.789277	-89.55338	10-09-2019
55	P842254836	Kathleen E. Morales	14.791159	-89.54571	11-09-2019
56	P8152541940	Diana Duarte	14.805423	-89.53812	11-09-2019
57	F8152541943	Diana Duarte	14.805423	-89.53812	11-09-2019

Apéndice 6. Manual de la aplicación móvil.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

1. INICIO DE SESIÓN

Al abrir la aplicación aparecerá una vista de autenticación con campos respectivos para el correo electrónico o nombre de usuario y la contraseña. Deberá utilizar las credenciales de su usuario y luego presionar el botón “Ingresar”. Al ser correctas sus credenciales, observará una pantalla con un gráfico circular el cual indicará que sus datos están siendo cargados y en segundos los podrá visualizar. Si no se efectúa la autenticación se le indicará cuál fue el problema. La siguiente figura muestra las pantallas de inicio de sesión y carga de datos.



2. NAVEGACIÓN

La aplicación ofrece cuatro opciones principales: lista de estudios, muestras, sincronización e información. Para acceder a una de las opciones deberá presionar sobre uno de los botones del menú de navegación de la aplicación situado en la parte inferior. El botón resaltado de color azul indica la opción que está visualizando en determinado momento. La siguiente figura muestra el conjunto de botones de navegación, donde la opción estudios ha sido seleccionada.

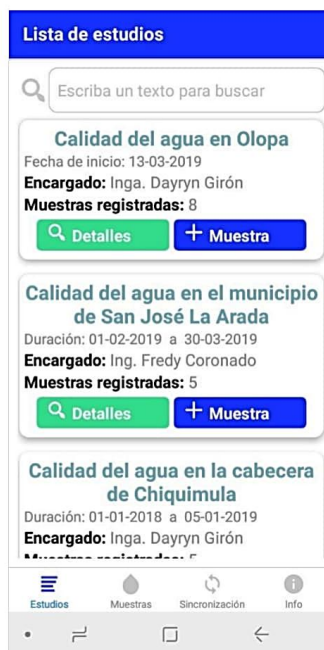


3. LISTA DE ESTUDIOS

En la opción identificada como “estudios”, podrá ver el listado de estudios de calidad del agua a los que se encuentra asignado, tal como se muestra en la siguiente figura.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



En la parte superior de la lista de estudios aparece un campo para ingresar un término de búsqueda. Podrá buscar respecto al nombre del estudio, fechas o nombre del encargado. Cada estudio es mostrado en un rectángulo conteniendo el nombre del estudio, fechas de inicio y finalización, nombre del encargado del estudio y el número de muestras que usted ha registrado. Además se ofrecen dos opciones: ver detalles del estudio (al presionar el botón verde) y agregar muestra para ese estudio (al presionar el botón azul). Para saber cómo proceder cuando seleccione la opción agregar muestra (botón azul), diríjase a la sección “registrar muestra” de este manual. Si selecciona la opción “detalles” de alguno de los estudios, aparecerá una pantalla como la siguiente.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



La pantalla “detalles del estudio” permite conocer la descripción del estudio (escrita por el encargado del estudio), fechas de inicio y finalización, número de muestras registradas por el usuario, contacto del encargado del estudio y el contacto de cada uno de los usuarios asignados al estudio.

4. LISTADO DE MUESTRAS

Al seleccionar la opción “muestras” del menú de navegación, se le mostrará un listado de las muestras que usted ha registrado en la aplicación ordenadas de la más reciente a la más antigua.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



En la parte superior de la lista de estudios aparece un campo para ingresar un término de búsqueda. Podrá buscar respecto al nombre del estudio, fecha, hora o código de la muestra. Cada muestra se representa con un rectángulo que contiene un ícono e información de la misma. Si el ícono del rectángulo de la muestra es gris, indica que la muestra no se encuentra sincronizada, por lo que le será útil revisar la sección “sincronizar datos” de este manual. En la parte superior derecha de la lista de muestras se encuentra un signo más (+), al presionar sobre este, será direccionado al formulario para registrar una nueva muestra. La siguiente figura ilustra la posición del botón para agregar una muestra.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



Lista de Muestras

➔ +

🔍 Escriba un texto para buscar

 **Código:** F649861540
Estudio: Calidad del agua en el municipio de San José La Arada
Fecha: 27-03-2019
Hora: 15:40

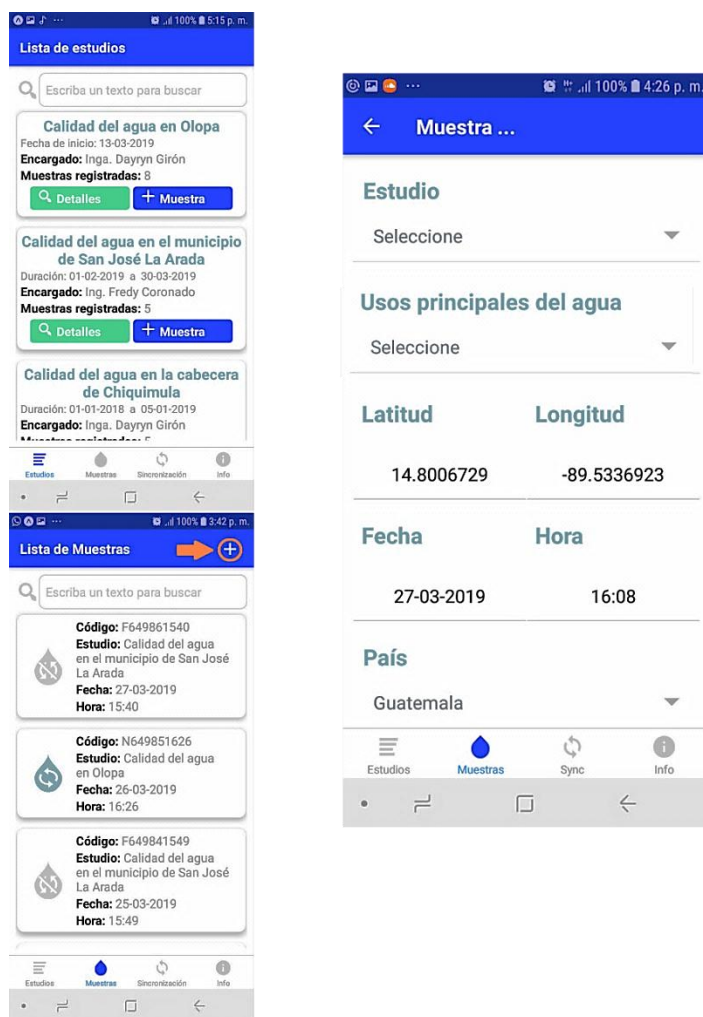
La sección “registrar muestra” explica la manera de completar el formulario. Si presiona uno de los rectángulos que representan las muestras registradas será enviado a un formulario para editar algunos datos de la muestra seleccionada. La sección “editar muestra” explica la manera de completar el formulario.

5. REGISTRAR MUESTRA

Para registrar una muestra necesita completar un formulario al cual puede acceder de dos maneras: presionado el botón azul de uno de los rectángulos en la lista de estudios o presionado el signo más (+) ubicado en la parte superior derecha de la lista de muestras. La siguiente figura ilustra las dos maneras descritas de acceder al formulario para registrar una muestra.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



Al ingresar por primera vez al formulario, la aplicación le solicitará conceder permiso para acceder a la ubicación del dispositivo. Si no otorga el permiso, no podrá registrar la muestra. Si confirma el permiso, deberá tener en cuenta que necesita activar el servicio de ubicación de su dispositivo móvil, si no lo tiene activo la aplicación se lo recordará. Al conceder el permiso y tener activo el servicio de ubicación podrá observar que en los campos latitud y longitud se cargan las coordenadas de su localización.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for recording water samples. Both screens show a form titled 'Muestra ...' with a back arrow. The form includes fields for 'Estudio' (with a dropdown menu), 'Usos principales del agua' (with a dropdown menu), 'Latitud' (14.7912989), 'Longitud' (-89.5459319), 'Fecha' (18-08-2019), 'Hora' (05:18), and 'País' (with a dropdown menu). The left screenshot shows a location permission dialog box asking '¿Permitir que SINCA acceda a la ubicación de este dispositivo?' with 'Rechazar' and 'Permitir' buttons. An orange arrow points from the 'Permitir' button to the right screenshot, which shows the form with the coordinates filled in.

Para registrar la muestra deberá completar los campos obligatorios: estudio, país, departamento, municipio, localidad, clasificación de la fuente, tipo de fuente y fuente. Opcionalmente podrá indicar uno o dos usos principales de agua. Si usted accedió al formulario presionando el botón azul de uno de los rectángulos en la lista de estudios, no necesitará indicar el estudio al que pertenece la muestra. Sea cuidadoso al completar los campos referidos anteriormente porque no podrán ser editados después de guardar la muestra. La figura siguiente muestra un ejemplo del formulario completado.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

The image displays three sequential screenshots of a mobile application interface for water quality data entry. The interface is organized into three main columns. The left column contains fields for 'Estudio' (Calidad del agua en Chiquimula), 'Usos principales del agua' (with a dropdown showing 'Agua potable'), 'Latitud' (14.8006729), 'Longitud' (-89.5336923), 'Fecha' (27-03-2019), 'Hora' (16:08), and 'País' (Guatemala). The middle column includes 'Departamento' (Chiquimula), 'Municipio' (Chiquimula), 'Localidad' (Shusho Arriba), a toggle for 'Ingresar manualmente la localidad', 'Referencias' (Cerca del puente de la aldea.), and 'Clasificación de la fuente' (Flujo (río, quebrada...)). The right column features 'Tipo de fuente' (Corriente superficial), 'Fuente' (Río Shusho), a toggle for 'Ingresar manualmente la fuente', 'Código de la muestra' (F64986168), and buttons for 'Registrar mediciones' and 'Guardar'. Each screenshot shows a different state of the form, with the third screenshot showing the final 'Guardar' button highlighted. The bottom of each screen has a navigation bar with icons for 'Estudios', 'Muestras', 'Sync', and 'Info'.

Quando selecciona una opción para el campo clasificación de la fuente, podrá observar el código de la muestra en la parte superior del formulario. El código generado por la aplicación identificará la muestra en el Sistema de Información de Calidad del Agua –SINCA- y será necesaria para ingresar los resultados del análisis físico-químico y bacteriológico. La siguiente figura indica la posición donde se puede consultar el código de la muestra en el formulario.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

The screenshot shows a mobile application interface for recording a water sample. At the top, there is a blue header bar with a back arrow and the text "Muestra: F64986168". Below this, the form is divided into sections. The first section is "Tipo de fuente" (Type of source) with a dropdown menu showing "Corriente superficial" (Surface current). The second section is "Fuente" (Source) with a dropdown menu showing "Rio Shusho". Below these is a toggle switch labeled "Ingresar manualmente la fuente" (Enter the source manually), which is currently turned off. The next section is "Código de la muestra" (Sample code) with a text input field containing "F64986168". At the bottom of the form, there are two buttons: a grey button labeled "Registrar mediciones" (Record measurements) and a blue button labeled "Guardar" (Save).

Al completar los campos como se muestra en la figura anterior, puede presionar el botón “guardar” y luego verá la nueva muestra en la opción “muestras” del menú de navegación. Si es posible ingresar los valores de las mediciones de los parámetros de campo antes de guardar la muestra, puede hacerlo si presiona el botón “registrar mediciones” (de color gris) lo cual ocasionará que se despliegan los campos: temperatura ambiente, temperatura de la muestra y oxígeno disuelto. Ingrese los valores de las mediciones y presione guardar. Ninguno de los tres campos de mediciones son obligatorios ya que podrá editar esos datos en otro momento (vea la sección “editar muestra” de este manual). La siguiente figura muestra los campos para el registro de las mediciones.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

← Muestra: F64986168

Temperatura ambiente

Temperatura ambiente C°

Temperatura de la muestra

Temperatura de la muestra C°

Oxígeno disuelto

Oxígeno disuelto %

Código de la muestra

F64986168

Guardar

6. EDITAR MUESTRA

Cuando una muestra ya fue registrada, podrán editarse los campos: referencias del lugar, temperatura ambiente, temperatura de la muestra y oxígeno disuelto. Para acceder al formulario de edición de una muestra debe dirigirse primero a la opción “muestras” del menú de navegación, buscar, en la lista, la muestra que desea editar y presionar sobre ella. La siguiente figura ilustra el procedimiento descrito anteriormente.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



El formulario de edición de una muestra ofrece campos con información básica no editable y campos para la información modificable: referencias del lugar, temperatura ambiente, temperatura de la muestra y oxígeno disuelto. Al terminar de editar, debe presionar el botón guardar. La siguiente figura ejemplifica el formulario de edición de una muestra.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

← Editar muestra: F64986168

Temperatura ambiente

32.6 C°

Temperatura de la muestra

26.8 C°

Oxígeno disuelto

Oxígeno disuelto %

Código de la muestra

F64986168

Guardar

7. SINCRONIZAR DATOS

La opción sincronizar datos se accede al seleccionar la opción “sincronizar” del menú de navegación. Si su dispositivo no está conectado a internet y tiene muestras pendientes de sincronización, se le mostrará un mensaje como el de la siguiente figura.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL



Al tener acceso a internet aparecerá un botón verde con la leyenda “sincronizar”, al presionar sobre él, se ejecutará la sincronización. Cuando finaliza la sincronización, aparecerá un mensaje de confirmación. La siguiente figura muestra el procedimiento explicado.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL

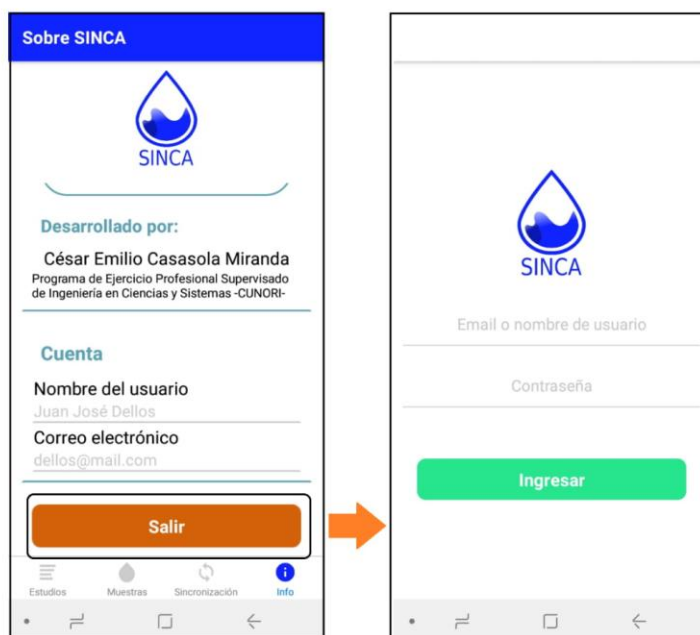


Cuando sus muestras están sincronizadas, podrá aparecer un botón con la leyenda “actualizar datos” el cual servirá para recibir las actualizaciones de las últimas acciones realizadas en el Sistema de Información de Calidad del Agua –SINCA- que le involucren, como por ejemplo ser asignado a un nuevo estudio. Al presionar sobre el botón “actualizar datos” se recibirán los cambios que se hayan aplicado recientemente.



8. INFORMACIÓN

Al presionar sobre la opción “info” del menú de navegación podrá leer una descripción del Sistema de Información de Calidad del Agua, los datos del usuario que inició sesión en la aplicación y un botón con la leyenda “salir”. Si presiona dicho botón estará cerrando sesión y será redirigido a la pantalla de autenticación. La siguiente figura muestra lo descrito anteriormente.

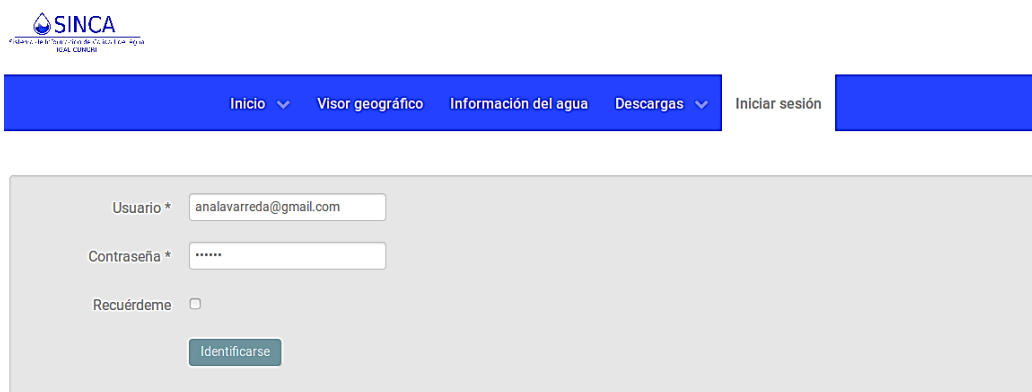


Apéndice 7. Manual del encargado.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA MANUAL DEL ENCARGADO

1. INICIO DE SESIÓN

Para ingresar al sistema, seleccione la opción “iniciar sesión” del menú. Aparecerá un formulario en el que debe ingresar las credenciales: nombre de usuario o correo electrónico en el campo denominado “usuario” y su contraseña en el campo respectivo.



SINCA
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

Inicio ▾ Visor geográfico Información del agua Descargas ▾ Iniciar sesión

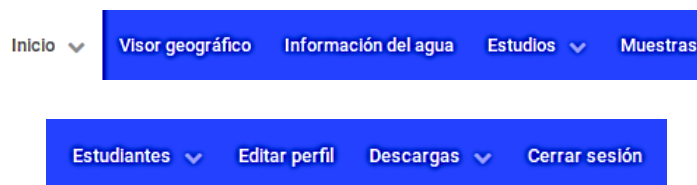
Usuario * analavarreda@gmail.com

Contraseña *

Recuérdeme ☐

Identificarse

Si las credenciales ingresadas son válidas, será redirigido a la página de inicio y podrá ver nuevas opciones en el menú, tal como lo ilustra la siguiente figura.



Inicio ▾ Visor geográfico Información del agua Estudios ▾ Muestras

Estudiantes ▾ Editar perfil Descargas ▾ Cerrar sesión

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

2. LISTA DE ESTUDIOS

Al seleccionar la opción “estudios” del menú, aparecerá un listado con todos los estudios que han sido creados en el sistema.

Lista de Estudios

Buscar:	
Nombre del estudio	
 Calidad del agua en Chiquimula	
Encargado Ana Rosa Lavarreda Cifuentes	
Inicio 01-07-2019	
Finalización 31-08-2019	
Muestras 0	
Acción	Ver muestras
 CONTAMINACIÓN QUE PROVOCAN LAS AGUAS SERVIDAS SOBRE LA RED HIDROLOGICA SUPERFICIAL DE LA CIUDAD DE CHIQUIMULA	

Cada renglón de la lista de estudios contiene el nombre del estudio, encargado, fechas de inicio y finalización y número de muestras registradas. Además se ofrece el botón “ver muestras”, el cual redirige a una vista donde puede explorar las muestras registradas para ese estudio. Si no puede ver todos los datos del estudio, presione el botón verde ubicado a la izquierda del nombre del estudio para desplegar la información oculta.

Los nombres de los estudios que se muestran en color negro han sido creados por otros usuarios con rol de encargado. Al dar clic sobre un estudio

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

creado por el mismo usuario que hace la consulta, será redirigido a un formulario para editar los detalles del estudio y asignar estudiantes.

3. CREAR ESTUDIO

Para crear un nuevo estudio, ubique el cursor sobre la opción “estudios” del menú y luego seleccione el submenú “nuevo estudio”.



Complete el formulario ingresando el nombre del estudio, un texto que ofrezca una breve descripción del estudio, fecha de inicio, fecha de finalización y opcionalmente marcar la casilla de verificación indicando que se permitirá crear muestras desde la aplicación web y no solamente desde la aplicación móvil. Para ingresar las fechas, de clic sobre el campo correspondiente y utilice el calendario emergente para buscar y seleccionar la fecha deseada. Luego deberá presionar el botón “guardar”.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Estudio

Datos del estudio:

Nombre *

Descripción *

Fecha de inicio *

Fecha de finalización *

¿Permite agregar muestras desde la aplicación web? ☒

Si los campos obligatorios fueron completados correctamente, aparecerá nuevamente el mismo formulario, con los datos previamente ingresados y una nueva sección para asignar estudiantes al estudio. De clic sobre la lista de selección que aparece bajo la leyenda “asignar estudiante” y elija a uno de los estudiantes ya registrados en el sistema. Presione el botón “agregar” y podrá ver los datos del estudiante recién agregado en la tabla inferior.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Estudio

Datos del estudio:

Nombre * Calidad del agua en Chiquimula

Descripción * Estudio sobre la calidad del agua en el departamento de Chiquimula

Fecha de inicio * 01-07-2019

Fecha de finalización * 31-08-2019

¿Permite agregar
muestras desde la
aplicación web?



Guardar

Estudiantes asignados

Agregar estudiante:

Seleccione un estudiante

Agregar

Buscar:

Nombre	Correo electrónico	Eliminar
Ningún dato disponible en esta tabla		

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros

[Anterior](#) [Siguiente](#)

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

4. EDITAR ESTUDIO

Si necesita editar la información propia de un estudio o el grupo de estudiantes asignados al mismo, diríjase a la lista de estudios dando clic sobre la opción “estudios” del menú. Busque en la lista el estudio que desea editar y de clic sobre el nombre. Es importante resaltar que solamente podrá editar la información de los estudios creados por el mismo usuario que realiza la acción.

Lista de Estudios

Buscar:

Nombre del estudio
 Calidad del agua en Chiquimula 
Encargado Ana Rosa Lavarreda Cifuentes
Inicio 01-07-2019
Finalización 31-08-2019
Muestras 0
Acción Ver muestras
 CONTAMINACIÓN QUE PROVOCAN LAS AGUAS SERVIDAS SOBRE LA RED HIDROLOGICA SUPERFICIAL DE LA CIUDAD DE CHIQUIMULA

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros

Anterior 1 Siguiente

Será dirigido a un formulario idéntico al utilizado para la creación de un estudio, donde podrá editar los campos: nombre del estudio, descripción, fecha de inicio y fecha de finalización; de igual forma podrá activar o desactivar la función de agregar muestras desde la aplicación web. Si modificó cualquiera de los campos descritos anteriormente, deberá presionar el botón “guardar” para conservar los cambios.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

En la parte inferior podrá asignar nuevos estudiante al estudio o bien podrá buscar a un estudiante que desea remover del grupo asignado al estudio y presionar sobre el botón “eliminar” que aparecerá en la fila respectiva. La figura de la siguiente página muestra el formulario para editar información de un estudio.

Estudio

Datos del estudio:

Nombre *	Calidad del agua en Chiquimula
Descripción *	Estudio sobre la calidad del agua en el departamento de Chiquimula
Fecha de inicio *	01-07-2019
Fecha de finalización *	31-08-2019
¿Permite agregar muestras desde la aplicación web?	☒

Estudiantes asignados

Agregar estudiante:

Buscar:

Nombre	Correo electrónico	Eliminar
María Eugenia López López	mariaeug@gmail.com	X Eliminar

Mostrando registros del 1 al 1 de un total de 1 registros

Anterior 1 Siguiente

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

La fecha de inicio y finalización del estudio marca el intervalo de tiempo que disponen los estudiantes asignados al estudio para registrar muestras desde la aplicación móvil. Los estudiantes deberán actualizar los datos en la aplicación móvil para ver reflejados los cambios efectuados da la información de los estudios.

5. MUESTRAS

Elija la opción "muestras" del menú. Aparecerá una vista como la de la siguiente figura. Elija uno de los estudios de la lista de selección y será redirigido a una vista con el listado de muestras para el estudio elegido.



SINCA
Sistema de Información de Calidad del Agua

Inicio ▾ Visor geográfico Información del agua Estudios ▾ Muestras Estudiantes ▾ Editar perfil Descargas ▾ Cerrar sesión

Lista de Muestras

Estudio

Seleccione un estudio

Calidad del agua en Chiquimula

La lista despliega información básica de cada muestra, un enlace para edición, un cuadro de selección para marcar una muestra como verificada y un botón para eliminar. Además se ofrecen las opciones para generar reportes y crear nuevas muestras. En la siguiente página se encuentra una figura que ilustra la lista de muestras con una tabla que explica la función de cada control.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Lista de Muestras

Estudio **1**

Calidad del agua en Chiquimula

Nombre del estudio: Calidad del agua en Chiquimula

Descripción: Estudio sobre la calidad del agua en el departamento de Chiquimula

Encargado: Ana Rosa Lavarreda Cifuentes

Duración: 01-07-2019 a 31-08-2019

2 PDF **3** Excel **4** + Muestra

Buscar:

Código 5	Verificada	Fecha y hora	Recolector	Latitud	Longitud	Municipio	Localidad
6 F8082261759	☐	15-08-2019 17:59	María Eugenia López López	14.7918881	-89.5503154	Chiquimula	Chiquimula

Tipo de fuente Corriente superficial

Fuente Río Taco

Eliminar **7**

8 ☐ F8082271751 ☐ 15-08-2019 17:51 María Eugenia López López 14.7918881 -89.5503154 Chiquimula Shusho Abajo

No.	Descripción de la función del control
1	Lista de selección para elegir el estudio del cual se necesita consultar las muestras.
2	Botón para generar reporte en formato PDF.
3	Botón para generar reporte en formato XLSX.
4	Botón para crear una nueva muestra (solamente aparecerá si el estudio permite la creación de muestras en la aplicación web).
5	Enlace a un formulario para ver o editar la información completa de la muestra (solamente podrá hacerlo si el usuario participa en el estudio consultado).
6	Casilla para indicar si la muestra está verificada para ser presentada a la sociedad en general.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DEL ENCARGADO

7	Botón para eliminar la muestra (aparecerá esta opción solamente para el encargado del estudio al que pertenece la muestra).
8	Botón para mostrar toda la información de la fila correspondiente.

6. EDITAR MUESTRA

En la lista de muestras haga clic sobre el código de la muestra que desea editar y luego será direccionado a un formulario organizado en pestañas. Cada pestaña contiene un conjunto de campos con información de la muestra. Los valores del Índice de Calidad del Agua se mostrarán siempre que los parámetros del cálculo del ICA ya estén ingresados.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DEL ENCARGADO

 Editar muestra

Información general

Análisis físico-químico de agua

Análisis bacteriológico de agua

Análisis de metales pesados

ICA_m

ICA₃

Clasificaciones ICA

Ficha

Información general

Código

F8082261759

Fecha y hora

15-08-2019 17:59

Recolector

María Eugenia López López

Latitud

14,7918881

Longitud

-89,5503154

Municipio

Chiquimula , Chiquimula, Guatemala

Localidad

Chiquimula

Tipo de fuente

Corriente superficial

Fuente

Río Taco

Referencias

Usos de agua

Agua potable

Muestra verificada

Temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)

30

Guardar

Eliminar

La pestaña "información general" tiene datos de la ubicación, fecha y hora, fuente, usos de agua, temperatura ambiente y la casilla que indica si la muestra ha sido verificada.

La pestaña "análisis físico-químico de agua" tiene los parámetros medidos en ese tipo de prueba de laboratorio y como particularidad, algunos campos tienen en la parte inferior una casilla de verificación para indicar si el valor fue medido en el campo.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Información general
Análisis físico-químico de agua
Análisis bacteriológico de agua
Análisis de metales pesados
ICA_m
ICA_a

Clasificaciones ICA
Ficha

Análisis físico-químico de agua

pH (Unidades) 8,34 ↕ ☐ Medido en campo Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) ↕ ☐ Medido en campo Oxígeno Disuelto (% de Sat.) 117,4 ↕ ☒ Medido en campo Sólidos Totales (mg/l) ↕ Fosfatos (mg/l) 0,72 ↕ Nitritos (mg/l) ↕ Demanda Biológica de Oxígeno DBO5 (mg/l) 1,62 ↕	Temperatura de Agua (°C) 30,78 ↕ ☒ Medido en campo Oxígeno Disuelto (mg/l) ↕ ☐ Medido en campo Turbidez (NTU) 718 ↕ Sólidos Disueltos Totales (mg/l) 605 ↕ Nitratos (mg/l) 10,53 ↕ Sulfato (mg/l) ↕ Dureza (mg/l CaCO_3) ↕
---	--

Guardar
Eliminar

Las pestañas identificadas como “ICA_m” e “ICA_a” muestran los valores del Índice de Calidad del Agua aplicando una función ponderada multiplicativa y una suma lineal ponderada respectivamente. Además ofrecen una tabla con la interpretación del resultado para diferentes usos de agua.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Información general
Análisis físico-químico de agua
Análisis bacteriológico de agua
Análisis de metales pesados
ICA_m
ICA_a

Clasificaciones ICA
Ficha

ICA_a (suma lineal ponderada)

ICA

Interpretación del resultado

Uso de agua	Clasificación	Recomendaciones de tratamiento
General	Mala	Puede apoyar una diversidad baja de la vida acuática y está experimentando probablemente problemas con la contaminación.
Agua potable	Fuertemente contaminada	Dudosa para consumo.
Agricultura	Contaminada	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
Pesca y vida acuática	Contaminada	Vida acuática limitada a especies muy resistentes.
Industrial	Contaminada	Tratamiento para mayoría de usos.
Recreativo	Levemente contaminada	Dudosa para contacto con el agua.

Guardar
Eliminar

La pestaña “clasificaciones ICA” ofrece una guía para la interpretación de los resultados del Índice de Calidad del Agua. La pestaña “ficha” permite descargar un archivo en formato XLSX con información de la muestra. En la parte inferior del formulario aparecen dos botones: “guardar” y “eliminar”. Utilice el botón “guardar” para conservar los cambios efectuados en el formulario y el botón “eliminar” si desea descartar la muestra.

Guardar

Eliminar

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

7. REGISTRAR MUESTRA

Para registrar una nueva muestra, diríjase a la opción “muestras” del menú. Elija el estudio al que pertenecerá la nueva muestra en la lista de selección. Presione el botón “+ muestra” y se dirigirá a un formulario para crear la muestra. El botón referido aparecerá solo si la función de registrar muestras en la aplicación web está permitida para el estudio seleccionado.

Lista de Muestras

Estudio

Calidad del agua en Chiquimula

Nombre del estudio: Calidad del agua en Chiquimula

Descripción: Estudio sobre la calidad del agua en el departamento de Chiquimula

Encargado: Ana Rosa Lavarreda Cifuentes

Duración: 01-07-2019 a 31-08-2019

PDF

Excel

+ Muestra



Buscar:

Código	Verificada	Fecha y hora	Recolector	Latitud	Longitud	Municipio	Localidad
 F8082261759	☐	15-08-2019 17:59	María Eugenia López López	14.7918881	-89.5503154	Chiquimula	Chiquimula
Tipo de fuente Corriente superficial							
Fuente Río Taco							
Eliminar  Eliminar							
 F8082271751	☐	15-08-2019 17:51	María Eugenia López López	14.7918881	-89.5503154	Chiquimula	Shusho Abajo

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros

Anterior

1

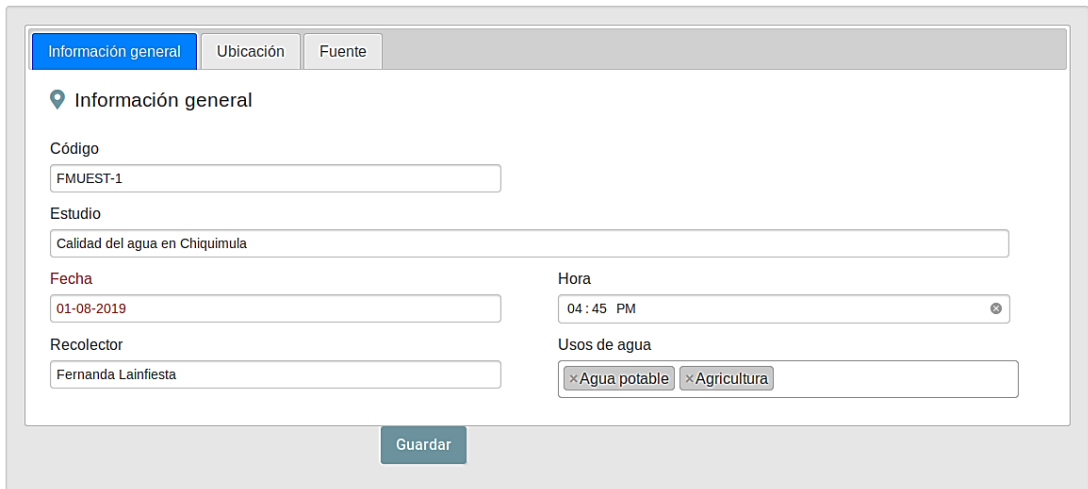
Siguiente

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

El formulario se divide en tres pestañas que agrupan un conjunto de campos relacionados. En la pestaña “información general” debe ingresar el código de la muestra que podrá contener hasta quince caracteres alfanuméricos. Además debe especificar la fecha, hora, nombre del recolector y opcionalmente indicar uno o dos usos de agua principales de la fuente de la muestra.

Nueva muestra



Información general Ubicación Fuente

 Información general

Código
FMUEST-1

Estudio
Calidad del agua en Chiquimula

Fecha
01-08-2019

Hora
04:45 PM

Recolector
Fernanda Lainfiesta

Usos de agua
☒ Agua potable ☒ Agricultura

Guardar

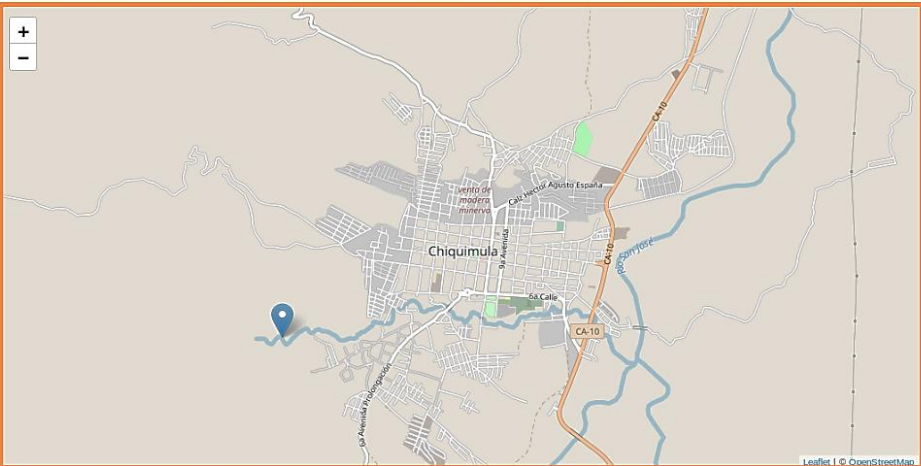
La pestaña “ubicación” requiere especificar las coordenadas, el municipio y localidad del lugar donde fue extraída la muestra. SINCA utiliza el sistema de coordenadas geográficas mundial WGS 84, pero también se ofrece la posibilidad de ingresar coordenadas UTM para convertirlas a WGS 84. Se proveen tres maneras de establecer las coordenadas, las cuales son descritas con la figura y la tabla de la siguiente página.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Información general
Ubicación
Fuente

Ubicación 1



2

☒ Usar coordenadas UTM

Coordenadas UTM

X

Y

Zona

3

Coordenadas WGS84

Latitud

Longitud

Ubicación

Municipio

Localidad

☐ Ingresar manualmente la localidad

No.	Descripción de la forma para establecer las coordenadas.
1	De clic sobre una posición en el mapa y las coordenadas correspondientes serán cargadas en los campos "latitud" y "longitud".
2	Marque la casilla "usar coordenadas UTM", ingrese los valores "x" e "y", luego seleccione la zona. Las coordenadas WGS 84 correspondientes serán cargadas en los campos "latitud" y "longitud".
3	Ingrese directamente los valores en los campos "latitud" y "longitud" de la sección "coordenadas WGS 84".

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Luego de establecer las coordenadas el sistema determinará el municipio, departamento y país al cual pertenece el punto indicado. Proceda a indicar el nombre la localidad, para ello puede buscarlo en la lista de selección; si no se encuentra marque la casilla “ingresar manualmente la localidad” y escriba el nombre de la localidad en el campo proporcionado.

La pestaña “fuente” agrupa tres campos: tipo de fuente, fuente y referencias. Elija el tipo de fuente de la lista de selección proporcionada, al cambiar el tipo de fuente la aplicación refrescará la lista de fuentes que se encuentran registradas en la base de datos para el municipio y tipo de fuente seleccionados. Para indicar el nombre de la fuente puede buscarlo en la lista de selección; si no se encuentra marque la casilla “ingresar manualmente la fuente” y escriba el nombre de la fuente en el campo respectivo. Opcionalmente puede ingresar un texto breve que contenga referencias sobre el lugar específico donde fue extraída la muestra.

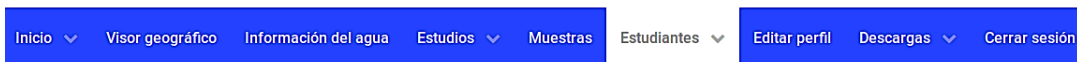
The screenshot shows a web application interface with three tabs: 'Información general', 'Ubicación', and 'Fuente'. The 'Fuente' tab is active. Below the tabs, the 'Fuente' section contains two dropdown menus. The first, 'Tipo de fuente', has 'Corriente superficial' selected. The second, 'Fuente', has 'Río Taco' selected. Below these is a checkbox labeled 'Ingresar manualmente la fuente'. A large text area labeled 'Referencias' is positioned below the checkbox. At the bottom center of the form is a 'Guardar' button.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

8. ESTUDIANTES

Seleccione la opción “estudiantes” del menú. Se mostrará una tabla con el nombre y correo electrónico de todos los estudiantes registrados en el sistema. Al dar clic sobre el nombre de uno de los estudiantes será dirigido a un formulario donde podrá editar los datos de ese usuario.



Estudiantes

Buscar:

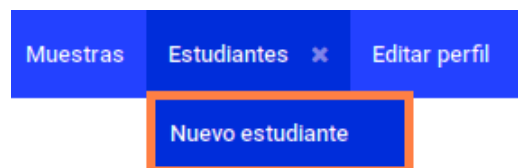
Nombre	Correo
Eduardo José Pérez López	eduperez@gmail.com
Luisa Jeaneth Vásquez España	jeanethvasquez32@gmail.com
María Eugenia López López	mariaeug@gmail.com

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

9. CREAR ESTUDIANTE

Para crear un nuevo estudiante, ubíquese sobre la opción “estudiantes” del menú y seleccione el submenú “nuevo estudiante”.



SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Se dirigirá a un formulario para crear un nuevo estudiante. Complete los campos tomando en cuenta que el campo “*username*” no deberá contener espacios en blanco y la contraseña deberá tener de seis a ocho caracteres.

[Inicio](#) ▾ [Visor geográfico](#) [Información del agua](#) [Estudios](#) ▾ [Muestras](#) [Estudiantes](#) ▾ [Editar perfil](#) [Descargas](#) ▾ [Cerrar sesión](#)

Estudiante

Nuevo estudiante

Nombre completo

Eduardo José Pérez López

Correo electrónico

eduperez@gmail.com

Username

eduardo_perez

Contraseña

Confirme contraseña

Guardar

Presione el botón “guardar” y si todos los campos fueron completados correctamente, se le indicará que el estudiante fue creado exitosamente, con un mensaje similar al de la siguiente figura.

Mensaje

El estudiante Eduardo José Pérez López ha sido guardado exitosamente.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

10. EDITAR ESTUDIANTE

En la lista de estudiantes, busque el estudiante para el cual necesita cambiar o reestablecer la información de usuario y de clic sobre su nombre. Se dirigirá a un formulario para editar los datos del estudiante.



Estudiantes

Buscar:	
Nombre	Correo
Eduardo José Pérez López	eduperez@gmail.com
Luisa Jeaneth Vásquez España	jeanethvasquez32@gmail.com
Maria Eugenia López López	mariaeug@gmail.com

Edite los campos necesarios y presione el botón guardar.

Estudiante

Editar estudiante

Nombre completo

Maria Eugenia López López

Correo electrónico

mariaeuge@gmail.com

Username

maria_lopez

Contraseña

6 a 8 caracteres

Confirme contraseña

6 a 8 caracteres

Guardar

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DEL ENCARGADO

Cuando un estudiante **extravíe su contraseña**, deberá seguir el procedimiento indicado anteriormente, asignar una nueva contraseña en los campos correspondientes y guardar los cambios.

11. EDITAR PERFIL

Para cambiar el correo, nombre de usuario o contraseña del usuario autenticado, presione la opción “editar perfil” del menú y será dirigido a un formulario donde podrá realizar las modificaciones deseadas.

Edite su perfil

Nombre *

Ana Rosa Lavarreda Cifuentes

Nombre de usuario
(opcional)

ana_lavarreda

Contraseña (opcional)

Confirme la
contraseña
(opcional)

Dirección de correo
electrónico *

analavarredaci@gmail.com

Confirme su dirección
de correo
electrónico *

analavarredaci@gmail.com

Enviar

Cancelar

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DEL ENCARGADO

Presione el botón enviar y si se efectúan los cambios correctamente recibirá un mensaje de confirmación como el que ilustra la siguiente figura.

Mensaje

El perfil ha sido guardado.

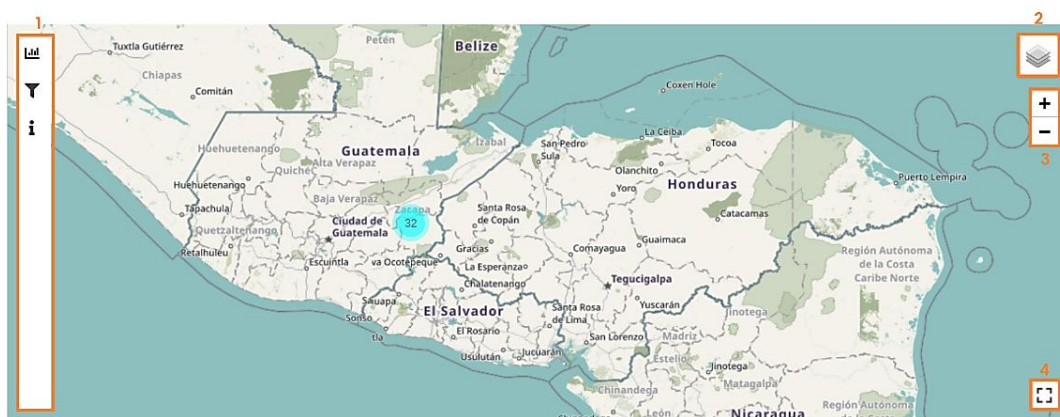
Apéndice 8. Manual del área pública de la aplicación web.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA **MANUAL DE USUARIO**

1. VISOR GEOGRÁFICO

El visor geográfico despliega en un mapa las muestras de agua registradas en el sistema y toda la información generada a partir de ellas. Además ofrece filtros, opciones y controles para personalizar los datos mostrados en el mapa. En la siguiente página se ilustra el visor geográfico y se describe los controles que ofrece.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA MANUAL DE USUARIO



No.	Nombre del control	Descripción de la función
1	Barra lateral.	Ofrece tres secciones: información del Índice de Calidad del Agua, filtrar las muestras por año e información general.
2	Selector de capas.	Permite cambiar la capa base del mapa y agregar o quitar capas vectoriales (ríos, lagos y muestras).
3	Zoom.	Permite aumentar o disminuir el nivel de zoom del mapa.
4	Pantalla completa.	Al dar clic sobre el botón de la esquina inferior derecha, el mapa se maximiza hasta abarcar todo el espacio de la página.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

Al dar clic sobre el primer ícono de la barra lateral, encontrará información sobre el Índice de Calidad del Agua. También podrá elegir la fórmula del ICA de la que desea ver los resultados en las muestras desplegadas en el mapa.



ICA

El índice de calidad de agua (ICA) (WQI, Water Quality Index) incorpora parámetros físicoquímicos y microbiológicos en una ecuación, para determinar la calidad de agua en un lugar y tiempo determinados. El índice de Brown o Índice de Calidad de Agua General, se puede determinar de dos formas, una de ellas es realizando una suma lineal ponderada de los subíndices que integran el Índice de Calidad del Agua (ICA_a) o bien mediante función ponderada multiplicativa de cada uno de los subíndices (ICA_m).

Fórmulas del ICA

☒ ICA_m (función ponderada multiplicativa)
☐ ICA_a (suma lineal ponderada)

Algunos autores (Landwehr y Denninger, 1976) mediante estudios han demostrado que el cálculo del Índice de Calidad del Agua mediante la función ponderada multiplicativa es mucho más sensible a las variaciones de los valores de cada uno de los parámetros que se emplean para determinar el ICA, por cual permite una mayor precisión en la determinación de la calidad de calidad del agua en un punto determinado e identifica también con mayor precisión cambios en calidad del agua porque es más sensible a la variación de los parámetros.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

También podrá elegir un uso del agua para emplear los rangos de clasificación del ICA correspondientes en la coloración de los elementos que representan las muestras y en la interpretación del resultado que se mostrará. También se muestra una tabla con la clasificación del ICA de acuerdo al uso seleccionado.



Usos de agua

- ☒ General
- ☐ Agua potable
- ☐ Agricultura
- ☐ Pesca y vida acuática
- ☐ Industrial
- ☐ Recreativo

Clasificación del ICA, uso: general

Rango	Color	Calidad
91 a 100	Blue	Excelente
71 a 90	Green	Buena
51 a 70	Yellow	Regular
26 a 50	Orange	Mala
0 a 25	Grey	Pésima

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

El segundo elemento de la barra lateral, denominado “filtrar muestras”, ofrece una lista de selección con los años para los que el sistema cuenta con información de calidad del agua. Al seleccionar un año, se mostrarán en el mapa solamente las muestras recolectadas en el año elegido.



Al dar clic sobre el tercer elemento de la barra lateral podrá consultar la atribución de las fuentes de donde se obtuvieron los mapas base y las capas de ríos y lagos.



SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

Las muestras se representan con círculos. Si la muestra tiene asociado un valor del Índice de Calidad del Agua, el color del círculo indicará el rango de calidad para el uso de agua seleccionado en la barra lateral. Dependiendo del nivel de *zoom* o acercamiento del mapa, las muestras cercanas se agruparán en un círculo que mostrará la cantidad de muestras agrupadas en esa región.



Al dar clic sobre el círculo de agrupación, se aumentará el nivel de acercamiento del mapa y podrá ver los círculos de las muestras. Si selecciona el círculo que representa una muestra se desplegará un cuadro con la información misma.



SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

2. INFORMACIÓN DEL AGUA

Seleccione el elemento “información del agua” del menú. Será dirigido a una página con un conjunto de filtros de búsqueda y una tabla de datos, tal como lo ilustra la siguiente figura.

Información sobre calidad del agua

Filtros de búsqueda

País	Departamento
Seleccione	Seleccione
Municipio	Localidad
Seleccione	Nombre de una localidad (ej. aldea)
Tipo de fuente	Fuente
Seleccione	Fuente (ej. nombre de un río)
Año	Conjunto de datos
Seleccione	Análisis Físico-Químico de agua

Fecha	Ubicación	Latitud	Longitud	Tipo de fuente	Fuente	pH	Temperatura de Agua	Conductividad
 01-05-2009	Chiquimula, Chiquimula, Chiquimula, GTM	14.792251	-89.565039	Corriente superficial	Río Taco	8.48 Unidades	29.5 °C	
 04-05-2009	Chiquimula, Chiquimula, Chiquimula, GTM	14.790656	-89.532078	Corriente superficial	Río Taco	7.87 Unidades	34.4 °C	
 06-05-2009	Chiquimula, Chiquimula, Chiquimula, GTM	14.805395	-89.524960	Corriente superficial	Río San Jose	8.1 Unidades	34.5 °C	
 07-05-2009	Chiquimula, Chiquimula, Chiquimula, GTM	14.823411	-89.514787	Corriente superficial	Río San Jose	8.21 Unidades	30 °C	
 08-05-2009	Shusho Abajo, Chiquimula, Chiquimula, GTM	14.821607	-89.563657	Corriente superficial	Río Shusho	8.48 Unidades	30 °C	

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DE USUARIO

La siguiente tabla explica la manera de utilizar los filtros de búsqueda proveídos.

Nombre del filtro	Descripción
País	Elija una de las opciones de la lista de selección.
Departamento	De clic sobre el campo correspondiente y elija una de las opciones de la lista de selección. Deberá seleccionar un país antes de marcar un departamento.
Municipio	Elija una de las opciones de la lista de selección. Deberá seleccionar primero un departamento para poder seleccionar un municipio.
Localidad	Ingrese el nombre de la localidad (ej. el nombre de una aldea).
Tipo de fuente	Seleccione un tipo de fuente entre las opciones proveídas.
Fuente	Ingrese el nombre de una fuente (ej. el nombre de un río).
Año	Elija un año de los contenidos en la lista de selección. Dicha lista solamente contendrá los años en los que se han registrado muestras.
Conjunto de datos	Puede elegir qué información necesita consultar de las muestras.

Apéndice 9. Manual de la aplicación de escritorio.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA MANUAL DE USUARIO

1. CALCULADORA DEL ICA, MUESTRA INDIVIDUAL

Para calcular el Índice de Calidad el Agua de una muestra, diríjase al menú lateral de la aplicación y seleccione la opción “individual”. Aparecerá un formulario con campos para los parámetros requeridos en el cálculo del ICA. Luego de ingresar los valores de todos los parámetros, podrá ver los resultados en la parte inferior. Se ofrecen dos resultados del Índice de Calidad del Agua, el primero utilizando una función ponderada multiplicativa y el segundo usando una suma lineal ponderada. Para conocer la diferencia entre las dos fórmulas del ICA, consulte la opción “¿qué es el ICA?” del menú lateral.



**Calculadora del ICA**
Muestra individual

Calculadora del ICA

- Individual
- Múltiple
- ¿Qué es el ICA?
- Acerca de

Coliformes fecales (NMP / 100mL)	7840	Temperatura ambiente (°C)	30.78
pH (Unidades)	8.34	Temperatura de la muestra (°C)	30
DBO5 (mg/L)	1.62	Turbidez (FAU)	718
Nitratos (mg/L)	10.53	Sólidos disueltos totales (mg/L)	605
Fosfatos (mg/L)	0.72	Oxígeno disuelto (% de saturación)	117.4
ICAm (función ponderada multiplicativa)		ICAa (suma lineal ponderada)	
39.77		57.20	

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA MANUAL DE USUARIO

2. CALCULADORA DEL ICA, MÚLTIPLES MUESTRAS

Si necesita calcular el Índice de Calidad el Agua de varias muestras, de clic sobre la opción “múltiple” del menú lateral. La sección “múltiples muestras” permite ingresar, en una tabla, los valores de los parámetros para el cálculo del ICA de cuantas muestras sea necesario. También es posible generar una hoja de cálculo con la información de la tabla.

Calculadora del ICA
Múltiples muestras

1. Nueva muestra 2. Eliminar muestra

Código	CF	pH	DBO5	NO3	PO4	T-amb	T-mu	T	SOT	OD	ICAm	ICAa
M-1	1,445	8,45	0,69	12,1	0,88	28,1	26	45,5	250	119,5	54,514	62,687
M-2	2,950	8,33	1,41	7,3	0,63	27,2	26	557	545	116,4	43,514	58,95

4. Referencia

Columna	Nombre	Dimensionales
CF	Coliformes fecales	NPM / 100 ml
pH	pH	Unidades de pH
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días	mg/L
NO3	Nitatos	mg/L
PO4	Fosfatos	mg/L
T-amb	Temperatura ambiente	°C
T-mu	Temperatura de la muestra	°C
T	Turbidez	FAU
SOT	Sólidos disueltos totales	mg/L
OD	Oxígeno disuelto	% de saturación
ICAm	ICA (función ponderada multiplicativa)	
ICAa	ICA (suma lineal ponderada)	

5. Generar xlsx

0%

La tabla de la página siguiente describe los elementos de la sección “múltiples muestras” enumerados en la figura anterior.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA
MANUAL DE USUARIO

No.	Nombre del elemento	Descripción del elemento
1	Botón "nueva muestra"	Añade una fila vacía a la tabla de muestras.
2	Botón "eliminar muestra"	Elimina la fila seleccionada de la tabla de muestras.
3	Tabla de muestras	Contiene los parámetros de las muestras y dos resultados del Índice de Calidad del Agua, el primero utilizando una función ponderada multiplicativa y el segundo usando una suma lineal ponderada. Las columnas están identificadas con abreviaturas que son explicadas en la tabla de referencia.
4	Tabla de referencia	Indica el nombre y dimensionales de los parámetros de las columnas identificadas con abreviaturas.
5	Botón "generar xlsx"	Genera una hoja de cálculo en formato XLSX con la información contenida en la tabla de muestras. Se abrirá una ventana para indicar el directorio donde se necesite guardar el documento.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

MANUAL DE USUARIO

3. ¿QUÉ ES EL ICA?

La sección denominada “¿qué es el ICA?” contiene información sobre el Índice de Calidad del Agua, una tabla con la clasificación general del ICA y una gráfica con los rangos de clasificación en función del uso del agua.



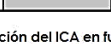
Calculadora del ICA
 Individual
 Múltiple
 ¿Qué es el ICA?
 Acerca de

El índice de calidad de agua (ICA) (WQI, Water Quality Index) incorpora parámetros físicoquímicos y microbiológicos en una ecuación, para determinar la calidad de agua en un lugar y tiempo determinados. El índice de Brown o Índice de Calidad de Agua General, se puede determinar de dos formas, una de ellas es realizando una suma lineal ponderada de los subíndices que integran el Índice de Calidad del Agua (ICAa) o bien mediante función ponderada multiplicativa de cada uno de los subíndices (ICAm).

Algunos autores (Landwehr y Denninger, 1976) mediante estudios han demostrado que el cálculo del Índice de Calidad del Agua mediante la función ponderada multiplicativa es mucho más sensible a las variaciones de los valores de cada uno de los parámetros que se emplean para determinar el ICA, por cual permite una mayor precisión en la determinación de la calidad del agua en un punto determinado e identifica también con mayor precisión cambios en calidad del agua porque es más sensible a la variación de los parámetros.

A continuación se muestran lineamientos para interpretar el ICA de manera general y en función del uso del agua.

Clasificación General del Índice de Calidad de Agua, propuesto por Brown.

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		90 a 100
Buena		70 a 90
Regular		50 a 70
Mala		25 a 50
Pesíma		0 a 25

Rangos de calificación del ICA en función del uso del agua

Apéndice 10. Fotografías de la segunda sesión de capacitación.



Apéndice 11. Comprobante de pago de la tarifa de registro en tienda de aplicaciones.

Google Payments <payments-noreply@google.com>
Responder a: Google Payments <payments-noreply@google.com>
Para: sinca.igalcunori@gmail.com

26 de marzo de 2019, 18:07



Gracias

Hola:

Hizo una compra en Google.

Google

26 de marzo de 2019 17:05:29 GMT-7

Artículo	Cantidad	Precio
Developer Registration Fee	1	USD 25.00
		Impuesto USD 0.00

USD 25.00

Forma de pago

Visa ••••9222

Número de pedido de Google

PDS.0749-6708-4150-84261

ANEXOS

1. Definición de los requerimientos generales del proyecto.
2. Carta de aceptación del proyecto.

Anexo 1. Definición de los requerimientos generales del proyecto.



REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA PARA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL, CUNORI

El Sistema de Información de Calidad del Agua –SINCA- fue desarrollado por el estudiante **César Emilio Casasola Miranda**, como proyecto del **Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**. El sistema se compone de tres aplicaciones: móvil, web y de escritorio. Los requerimientos generales presentados y verificados fueron:

1. El sistema permite la creación de estudios, asignando al usuario o grupo de usuarios que se encargarán de registrar los datos de las muestras y podrán obtener los resultados en distintos formatos.
2. La aplicación móvil permite al usuario registrar datos de ubicación, tiempo y parámetros a nivel de campo de las muestras tomadas para determinado estudio.
3. La parte privada de la aplicación web para gestión de estudios de calidad del agua permite al laboratorista o a un usuario asignado para el estudio, cargar los resultados del análisis físico-químico, microbiológico y de metales pesados de las muestras.
4. La parte privada de la aplicación web y el software de escritorio calculan el Índice de Calidad de Agua a partir de los parámetros que requiere la fórmula.
5. El usuario registrado podrá descargar los parámetros medidos en el campo, los resultados de laboratorio y el Índice de Calidad de todas las muestras tomadas en el estudio, en formato editable y de sólo lectura.
6. La parte pública de la aplicación web brinda acceso a los resultados de la información generada por los estudios, la cual será presentada en forma tabular y a través de un mapa.


Inga. Dayryn Estéfany Girón y Girón
Catedrática


Ing. Fredy Samuel Coronado López
Catedrático

Anexo 2. Carta de aceptación del proyecto.



Chiquimula, 17 de septiembre de 2019

Ingeniero en Ciencias y Sistemas
René Estuardo Alvarado González
Coordinador de Unidad de EPS y
Trabajos de Graduación
Ingeniería en Ciencias y Sistemas
Centro Universitario de Oriente CUNORI

Estimado Ingeniero Alvarado:

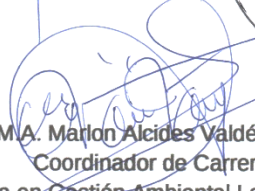
Atentamente le saludamos deferentemente esperando que sus labores sean un éxito, a la vez hacemos de su conocimiento la aceptación de entrega del proyecto de diseño e implementación del **“Sistema de Información de Calidad del Agua para la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental del Centro Universitario de Oriente”**, presentado por el estudiante **César Emilio Casasola Miranda**, carné **201244716**, de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del Centro Universitario de Oriente.

A nuestro criterio, dicho proyecto cumple con los requisitos del software solicitado, habiendo realizado las pruebas y correcciones necesarias.

Sin otro particular nos suscribimos, atentamente.


Inga. Dayryn Estéfany Girón y Girón
Catedrática


Ing. Fredy Samuel Coronado López
Catedrático


Vo.Bo. M.A. Marlon Alcides Valdés Velásquez
Coordinador de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNORI

