

Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante el análisis de datos

Santiago Esteban Botina Arciniegas, ✉ santiagobotina21@gmail.com

William Andrés Solarte Arturo, ✉ willydark56@gmail.com

Universidad CESMAG
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Sistemas
Pasto – Colombia

2024

Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante el análisis de datos

Santiago Esteban Botina Arciniegas, ✉ santiagobotina21@gmail.com

William Andrés Solarte Arturo, ✉ willydark56@gmail.com

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ingeniero de Sistemas

Asesor: Mg. Héctor Andres Mora

Universidad CESMAG

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de Sistemas

Pasto - Colombia

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado N°1

Firma del jurado N°2

San Juan de Pasto, mayo de 2024

NOTA DE EXCLUSIÓN

El pensamiento que se expresa en esta obra es exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete la ideología de la Universidad CESMAG

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a Dios, por todas las bendiciones otorgadas, por ser nuestro refugio en los momentos difíciles, por su amor incondicional y por guiarnos en cada paso del camino. Por darnos fuerza cuando nos sentíamos débiles y por bendecirnos siempre con oportunidades que nunca hubiéramos imaginado.

A nuestra familia, por ser nuestro apoyo y la fuente de nuestra fortaleza, les damos las gracias por estar siempre ahí para nosotros. Desde el primer día, ustedes han sido nuestros mayores admiradores, alentándonos, apoyándonos y celebrando cada logro con nosotros. Sin su amor incondicional y su sacrificio, este logro no sería posible.

A el programa de ingeniería de sistemas de la universidad CESMAG, a todos los docentes y la comunidad educativa, por brindarnos el espacio y compartir los conocimientos necesarios para formarnos como profesionales.

Además, un agradecimiento especial a nuestro asesor Mg. Héctor Andres Mora, por su orientación, tiempo, apoyo y dedicación durante todo nuestro trabajo de grado. Su experiencia, sabiduría y compromiso con nuestra formación académica han sido fundamentales para alcanzar este logro. Gracias por su paciencia, por inspirarnos a dar lo mejor de nosotros mismos y por guiarnos en cada etapa de este proceso.

Por último, queremos extender nuestra gratitud al Centro Internacional de producción limpia- LOPE SENA, al docente Gustavo Jurado y al grupo de estudiantes del área ambiental, quienes, con su experiencia, conocimiento y su constante colaboración contribuyeron significativamente al desarrollo de este trabajo de grado.

Santiago Esteban Botina Arciniegas
William Andres Solarte Arturo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios, por todas las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida, por la salud, por el amor y protección que me brindó en los momentos difíciles, pero sobre todo por el privilegio de nacer y crecer en una familia amorosa, comprensiva e incondicional, quienes siempre me apoyaron para cumplir este sueño.

Quiero dedicar este trabajo de grado a mis amados padres, mi madre Silvia Arciniegas por todo su amor, su ejemplo, consejos y por demostrarme que sin importar las circunstancias se puede salir adelante. De manera muy especial a mi padre, Andrés Botina, por ser el pilar fundamental de mi vida y mi más grande apoyo. Por ser mi compañero incondicional de vida y estar presente en cualquier circunstancia y situación. Su apoyo constante ha sido un soporte fundamental tanto en los momentos difíciles como en los más felices.

A mis abuelos Edgar, María, Piedad y mi bisabuela Digna, les agradezco por sus bendiciones, amor infinito y enseñanzas de humildad y gratitud que han cultivado en nuestra familia. A mi bisabuelo Bolívar, que me acompaña desde el cielo, gracias por seguir siendo una inspiración en mi vida.

A mi hermanito Juan José, gracias a tu constante alegría y amor al recibirme en casa, te convertiste en la fuerza e inspiración para trabajar por mis metas y sueños. Saber que soy un ejemplo para ti hace que cada día saque la mejor versión de mí.

Por último, le dedico este trabajo de grado con profundo agradecimiento a mi amigo William Solarte por su apoyo, comprensión y generosidad al compartir sus grandes conocimientos a lo largo de esta etapa.

Santiago Esteban Botina Arciniegas

DEDICATORIA

Este proyecto de grado, fruto de un arduo trabajo investigativo se lo dedico principalmente a Dios, por la vida que me otorgó, por las bendiciones que me ha dado y por las personas que ha puesto a mi lado que han sido de gran ayuda. Cada paso y cada tropiezo que he tenido me ha permitido forjar un camino de aprendizaje y reflexión que ahora me permiten sentirme orgulloso en esta etapa de la vida.

Dedico este proyecto de grado a mis padres, Nancy Arturo y William Solarte quienes han estado presentes a lo largo de este camino y me han dado su apoyo incondicional. Su amor, paciencia y aliento han sido fundamentales en cada paso que he dado. Gracias por estar presente. Este logro es también de ustedes.

A mis hermanas, Yuri Riascos e Isabella Guerrero quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta jornada. Su amor, comprensión y ánimo constante han sido un faro en los momentos difíciles y una alegría en los momentos felices. Gracias por estar siempre ahí para mí, por compartir risas, lágrimas y sueños juntos. Este logro también es suyo.

A Santiago Botina, quien me ha acompañado desde el inicio de esta carrera. Su apoyo inquebrantable, sus palabras de aliento y su amistad han sido un gran aliciente en todo este camino. Gracias por compartir este proceso conmigo, siempre recordaré con gran afecto los días en los que trabajamos sin descanso por cumplir con nuestros deberes buscando ser cada vez mejores y alcanzar nuestras metas.

Agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a la realización de este trabajo. A los docentes, por su dedicación, orientación y sabiduría impartida a lo largo de mi formación y a todos los que me dejaron importantes lecciones que recordaré por siempre.

William Andres Solarte Arturo

RESUMEN ANALÍTICO DE ESTUDIO R.A.E

Facultad	Ingeniería
Programa	Ingeniería de Sistemas
Fecha de elaboración	29 de abril de 2024
Autores de la investigación	Santiago Esteban Botina Arciniegas William Andrés Solarte Arturo
Director de la investigación	Mg. Héctor Andres Mora
Título de la investigación	HERRAMIENTA DE INFORMACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL AGUA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y PTAR DEL SENA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE DATOS

PALABRAS CLAVE

Agua, Índices, IRCA, ICA, Parámetros, Calidad, Analítica de Datos, Aplicativo Web

DESCRIPCIÓN

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad abordar los desafíos encontrados en la gestión y análisis de parámetros del agua en el SENA. El proyecto surgió al observar la relevancia y frecuencia de los procesos de análisis de agua para docentes y alumnos del área ambiental, reconociendo los riesgos del cálculo manual, especialmente en índices como el ICA e IRCA. Por consiguiente, se desarrolló un aplicativo específico que permitió no solo la automatización del análisis de los parámetros del agua, sino también la captura y almacenamiento de datos relevantes para la evaluación del agua. La integración de técnicas de machine Learning y analítica de datos representó un avance significativo, permitiendo transformar conjuntos de datos de alta dimensión en espacios más manejables y facilitando la toma de decisiones basadas en información confiable.

CONTENIDO

Capítulo 1: Este capítulo aborda la problemática de la gestión de los parámetros del agua en Colombia, señalando la persistente contaminación a pesar de la abundancia de recursos hídricos y sus impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente. Se destaca la necesidad de implementar metodologías precisas para evaluar el estado de los cuerpos de agua, lo que plantea la formulación del problema. Se resalta la importancia de optimizar el análisis de parámetros en sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA y se propone el desarrollo de un sistema de aprendizaje automático para este propósito, fundamentado en la importancia de la calidad del agua para la salud, el desarrollo económico y ambiental, así como la mejora necesaria en los procesos de análisis.

Capítulo 2: En este capítulo se expone el marco teórico de la investigación, acompañado de una revisión de antecedentes internacionales, nacionales y regionales que guardan estrecha

relación con el tema en cuestión. Estos antecedentes, encontrados durante el proceso de investigación, constituyeron una base sobre la cual se proporcionan un contexto significativo para su desarrollo. Además de la descripción de los supuestos teóricos se hace la definición de las variables nominales y operativas de investigación y la formulación de hipótesis.

Capítulo 3: En este capítulo se establece la metodología de investigación, donde se emplea un enfoque positivista cuantitativo para estudiar la calidad del agua. Se adopta un enfoque empírico-analítico, utilizando técnicas de machine learning y la metodología CRISP-DM para el análisis de datos. La investigación se clasifica como descriptiva analítica, combinando elementos de la investigación descriptiva y analítica para comprender las relaciones entre variables y sus efectos en la calidad del agua.

Capítulo 4: En este capítulo, se detalla cómo se lograron los objetivos de la investigación utilizando la metodología CRISP-DM. Para el primer objetivo, se realizó un proceso exhaustivo de comprensión del negocio y los datos. Respecto al segundo objetivo, se procedió con la preparación de los datos, seguida de la creación y evaluación de modelos utilizando técnicas de analítica de datos. Finalmente, para cumplir con el tercer objetivo, se realizaron los preparativos necesarios para el despliegue del aplicativo, seguido de una sesión de socialización con docentes y estudiantes del SENA, quienes participaron activamente en la evaluación del aplicativo.

Capítulo 5: Se realiza el análisis y discusión de resultados teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos con base en el análisis de las técnicas de modelado aplicadas, el análisis de usabilidad y funcionalidad del aplicativo web y con ello determinar el cumplimiento o incumplimiento de la hipótesis de investigación.

Conclusiones: Se presentan todas las conclusiones obtenidas al desarrollar la Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua.

Recomendaciones: Se presentan las sugerencias y recomendaciones futuras sobre el proyecto investigativo y de la Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 Objeto o Tema de Investigación.....	18
1.2 Línea de Investigación.....	18
1.3 Sub línea de investigación.....	19
1.4 Planteamiento del problema.....	19
1.5 Formulación del problema.....	22
1.6 Objetivos.....	22
1.5.1. General	22
1.5.2. Específicos	22
1.7 Justificación.....	22
1.8 Delimitación	24
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1 ANTECEDENTES.....	25
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	25
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	28
2.2 Supuestos teóricos de investigación.....	31
2.2.1 Agua y su importancia	31
2.2.2 Cuerpos de agua	32
2.2.3 Calidad del agua	32
2.2.4 Funciones del agua en las personas	33
2.2.5 Demanda del Recurso Hídrico en Colombia.....	33
2.2.6 Salud ambiental.....	34

2.2.7	Aguas residuales	34
2.2.8	Análisis del agua	34
2.2.9	PTAR	35
2.2.10	Problemática ambiental	35
2.2.11	Parámetros de calidad del agua	36
2.2.12	Parámetros físicos	37
2.2.13	Parámetros Químicos.....	40
2.2.14	Análisis del agua	43
2.2.15	Índice de calidad del agua – ICA	44
2.3	VARIABLES DE ESTUDIO	45
2.4	DEFINICIÓN NOMINAL DE LAS VARIABLES	45
2.5	DEFINICIÓN OPERATIVA DE LAS VARIABLES	47
2.6	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	52
2.6.1	Hipótesis de investigación.....	52
2.6.2	Hipótesis nula.....	52
2.6.3	Hipótesis alterna	52
3.	METODOLOGÍA	53
3.1	PARADIGMA.....	53
3.2	ENFOQUE	53
3.3	MÉTODO	54
3.4	TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.5	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	55
3.6	POBLACIÓN	56
3.7	MUESTRA	56

3.8	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	56
3.9	VALIDEZ DE LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	58
3.10	CONFIABILIDAD DE LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	60
3.11	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	61
4.	RESULTADOS	66
4.1	METODOLOGÍA APLICADA	66
4.2	DETERMINACIÓN DE LA FORMA DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DEL SENA	67
	67	
4.2.1	ENTENDIMIENTO DEL NEGOCIO	67
	4.2.1.1 Tabulación de los resultados de la encuesta.....	67
	4.2.1.2 Interpretación de resultados de la encuesta	69
4.2.2	ENTENDIMIENTO DE LOS DATOS	74
	4.2.2.1 Calculo del IRCA	74
	4.2.2.2 Calculo del ICA	76
4.3	IMPLEMENTACIÓN DE RUTINAS Y MÉTODOS DE MACHINE LEARNING PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE AGUA.....	78
	4.3.1 PREPARACIÓN DE LOS DATOS.....	78
	4.3.2 MODELADO.....	80
	4.3.3 EVALUACIÓN	84
4.4	VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA	85
4.4.1	DESPLIEGUE	85
	4.4.1.1 Desarrollo API	87
	4.4.1.2 Prueba de campo API.....	88

4.4.1.3 Despliegue y Socialización del Aplicativo	92
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
5.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TÉCNICAS DE MODELADO APLICADAS PARA CALCULAR EL IRCA.....	93
5.2 ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DEL APLICATIVO WEB.....	94
5.3 ANÁLISIS DE USABILIDAD DEL APLICATIVO.....	95
5.4 COMPARACIÓN DE ANTECEDENTES Y RESULTADOS: AVANCES EN LA EVALUACIÓN AUTOMATIZADA DE LA CALIDAD DEL AGUA	96
5.5 CUMPLIMIENTO DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACION.....	96
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA.....	101
ANEXOS.....	107

LISTA DE TABLAS

TABLA I. VARIABLES DEPENDIENTES DE ESTUDIO.....	45
TABLA II. VARIABLES INDEPENDIENTES DE ESTUDIO	46
TABLA III. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES	48
TABLA IV. ENCUESTA	62
TABLA V. EJEMPLO DE MATRIZ DE ANÁLISIS	63
TABLA VI. EJEMPLO DE MATRIZ DE REGISTRO	63
TABLA VII. EJEMPLO DE MATRIZ DE CATEGORÍAS	64
TABLA VIII. EJEMPLO MATRIZ DE RELATO.....	65
TABLA IX. TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTA DE RECOLECCION DE INFORMACION	68
TABLA X. PUNTAJE DE RIESGO PARA CADA CARACTERÍSTICA FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	75
TABLA XI. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO DE VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS	85
TABLA XII. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO USUARIO.....	86
TABLA XIII. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO REGISTRO.....	86
TABLA XIV. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MODELADO APLICADAS.....	93
TABLA XV. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE FUNCIONALIDAD	94
TABLA XVI. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD	95

LISTA DE FIGURAS

Fig.1 Diseño de una PTAR	35
Fig.2 Fases del modelo CRISP-DM.....	67
Fig. 3 Como se procesan los datos obtenidos en la toma de muestras	69
Fig.4 Como se procesan los datos obtenidos en laboratorio	70
Fig. 5 Funcionales más importantes para la población	71
Fig.6 Clasificación del nivel de riesgo del IRCA.....	76
Fig.7 Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA establecidos por el IDEAM	77
Fig. 8 Ponderación de los parámetros para el cálculo del ICA	78
Fig.1 9 Importación del dataset	80
Fig.1 10 División de los datos 'X' y 'y' en conjuntos de entrenamiento y prueba	81
Fig.11 Puntaje de Red Neuronal Artificial MLP.....	82
Fig.12 Predicción individual del modelo	84
Fig.13 Predicción múltiple del modelo	84
Fig.14 Estructura de carpetas API.....	88
Fig.15 Solicitud POST a puerto 5000	89
Fig.16 NGROK Funcionando	89
Fig.17 Formulario de registro de parámetros IRCA	90
Fig.18 Formulario de registro fotográfico y ubicación IRCA.....	91
Fig.19 Interfaz de resultados del IRCA.....	91
Fig. 20 Solicitud POST con respuesta exitosa	92
Fig.21 Registro fotográfico del despliegue del aplicativo web	92

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Cuestionario-Google Forms. Encuesta de recolección de información.	107
ANEXO 2. Registro fotográfico de las sesiones con estudiantes y docentes del SENA.	112
ANEXO 3. Carta de autorización dirigida al docente Gustavo Jurado para trabajar con datos sintéticos.....	113
ANEXO 4. Cuestionario-Google Forms.Encuesta de satisfacción de la funcionalidad y usabilidad del aplicativo.	114
ANEXO 5. Carta de conformidad y aprobación del aplicativo propuesto dirigida al docente Gustavo Jurado.....	119
ANEXO 6. Manual del sistema del aplicativo Water Quality Test.	120
ANEXO 7. Manual del usuario del aplicativo Water Quality Test.....	152
ANEXO 8. Ficha de catalogación del aplicativo Water Quality Test.....	194
ANEXO 9. Plan de pruebas del aplicativo Water Quality Test.	200
ANEXO 10 Soporte de registro del aplicativo Water Quality Test en la dirección nacional de derecho de autor.	208

INTRODUCCIÓN

Diariamente una persona promedio en la realización de sus actividades diarias puede consumir alrededor de 100 litros de agua, la cual puede ser obtenida de diferentes fuentes, si hablamos de agua potable, esta puede llegar a partir de fuentes naturales como ríos, lagos, esteros, aguas subterráneas, etc., y que es conducida por tuberías a las casas. Teniendo en cuenta la importancia que tiene el agua para las personas y la correcta realización de sus actividades diarias, resulta muy importante contar con herramientas que permitan la realización de procesos de análisis que permitan identificar de forma eficiente, posibles contaminantes en el agua y frente a esto, tomar decisiones oportunas. En función de sistematizar los procesos de análisis e interpretación de los parámetros del agua se realiza la presente investigación la cual buscará identificar todos los elementos que intervienen al momento de evaluar, analizar, interpretar y emitir resultados frente a la calidad del agua, con el propósito de construir una herramienta que a partir de datos previamente recolectados pueda generar respuestas de forma eficiente y rápida, facilitando así al personal encargado de estos procesos el desarrollo de sus actividades.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Objeto o Tema de Investigación.

Gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento, mediante una plataforma web

1.2 Línea de Investigación.

Analítica de datos.

La analítica de datos es una disciplina centrada en extraer conocimientos de los datos, incluso el análisis, la recopilación, la organización y el almacenamiento de datos, así como las herramientas o las técnicas utilizadas para hacerlo [1]. Se puede decir que, la analítica de datos es el conjunto de acciones que permiten recolectar y aprovechar los datos para encontrar tendencias del mercado y otros datos que se tienen a disposición.

Los datos con los que se trabaja deben ser procesados, inicialmente los datos deben ser clasificados y separados teniendo en cuenta sus características, posteriormente se deben añadir mediciones relevantes al tema de cada clasificación, finalmente es importante incluir a las entidades con quienes se relaciona la información [2]. Al utilizar la analítica de datos podemos encontrar beneficios tales como, mejora en la eficiencia operativa, obtención de información valiosa, ayudar con la gestión de riesgos, entender las necesidades del cliente, etc. [3]. Teniendo en cuenta que el presente proyecto pretende trabajar con grandes cantidades de información que permitan identificar los procesos involucrados en el cálculo de la calidad del agua y las características relacionadas con ésta, resulta eficiente y necesario trabajar con la analítica de datos.

1.3 Sub línea de investigación.

Aprendizaje automático

El aprendizaje automático se define como el campo que estudia los algoritmos computacionales que mejoran a partir de la experiencia. En términos simples, se refiere a la generación de programas computacionales que mejoran en alguna métrica de evaluación con el uso de datos [4].

El aprendizaje automático es el subapartado de la inteligencia artificial y la analítica de datos que se centra en desarrollar sistemas que aprenden, o mejoran el rendimiento, en función de los datos que consumen [4].

1.4 Planteamiento del problema.

Colombia es un país con una gran riqueza hídrica, fragmentada en contextos como ríos, mares, lagunas, cuencas, cascadas, entre otras. Su proporción tiene más del 50% del país al contar con mares fronterizos y ríos que lo atraviesan. No obstante, pese a eso, registros obtenidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2004, demuestran la problemática de contaminación del agua a nivel nacional, con aproximadamente 1.300 cuerpos de agua contaminados. Esta situación, asociada a que más del 80% de los asentamientos urbanos se abastecen de fuentes naturales, como ríos, arroyos, quebradas, entre otros, generan riesgo potencial en poblaciones, debido a su utilización en diferentes actividades domésticas, ocasionando que la comunidad en general sea altamente vulnerable [5].

A pesar de la riqueza en la cantidad de agua que tiene Colombia, paradójicamente los problemas de contaminación hídrica son severos, limitando efectivamente su disponibilidad para diferentes usos, generando impactos adversos en el medio ambiente y consecuencias graves en salud pública [5]. El no identificar contaminantes en el agua puede traer problemas graves tales como afectación de órganos vitales del cuerpo, sistema nervioso, exacerbación de

patologías como el cáncer, cardiopatías y afecciones respiratorias [6]. Asimismo, se resalta que, el uso de materiales nocivos, los productos de desecho domésticos e industriales, la minería y la agricultura contaminan el agua y el suelo, son una forma para exacerbar esas situaciones. Por eso, se entiende que los principales contaminantes del agua incluyen aguas residuales, productos derivados del petróleo (como bifenilos policlorados), nitratos, insecticidas, sedimentos y exceso de materia orgánica [6].

A partir de esas situaciones, se reconoce una problemática bastante interesante y es que, ante la exacerbación de la contaminación del agua, las estrategias y herramientas para su revisión están siendo cada vez menores, pues los procesos de revisión de calidad del agua se realizan a nivel manual, donde se sesga la información al mostrar errores en su discriminación. Resulta que los parámetros físicos (color, olor, temperatura) y los químicos (pH, nitrógeno, cloruro) no suelen mostrar su eficiencia con ese tipo de métodos [5]. En ese sentido, la calidad del agua está aumentando las problemáticas de salubridad en la población, sobre todo porque no existe un control a nivel de contaminación y alteración de sus parámetros.

Por lo anterior, se dice que, en Colombia, con las estadísticas del Ministerio de Salud, se ha comprobado alteración de los componentes del agua sobre todo en poblaciones vulnerables, llámese departamentos áridos, húmedos o aquellos que no cuentan con agua potable. Esto observado en la tasa de mortalidad a nivel de la primera infancia, pues dice el Ministerio de ambiente y salud que una proporción significativa de las enfermedades diarreicas son una causa de muerte en niños menores de cinco años y una de las principales causas de malnutrición a nivel mundial, esto a causa de la gran alteración de su tratamiento. De la misma manera, en el año 2020 estudios de la Universidad de Hopkins indican que el mal tratamiento o la ineficiencia de los procesos para el agua potable determinaron la propagación de la neumonía y la diarrea en la población infantil, ocasionando al día la muerte de 1.200 niños por diarrea.

De esa manera, la fuente de agua dietaría se ha definido como uno de los factores de riesgo de la población mundial; el consumo de agua contaminada favorece la transmisión de patógenos,

los cuales llegan a esta desde su fuente o durante el almacenamiento. El agua para consumo dietario es el producto final de una cadena de producción, por tanto, para proteger la salud pública, se debe monitorear su calidad e inocuidad, así como garantizar la correcta limpieza y sanitización de esta. Sin embargo, en varios países como en Colombia, el monitoreo del agua es insuficiente y tardío, por tanto, la detección de riesgos también es tardío o no se toma ninguna acción concreta, lo que genera múltiples enfermedades infecciosas y otros efectos adversos en salud [6].

La consecuencia de no realizar una correcta gestión e interpretación de los datos presenta un resultado final impreciso lo cual puede generar una toma de decisiones inadecuadas y la implementación de medidas incorrectas, por ende, puede que no se detecten algunos contaminantes que estén presentes en el agua, exponiendo a la población a graves riesgos para su salud. El consumo de agua contaminada puede dar origen a síntomas y algunas enfermedades, como por ejemplo leptospirosis, cólera, hepatitis A y giardiasis, siendo más frecuentes en niños entre 1 y 6 años, embarazadas y personas de la tercera edad, debido a alteraciones en el sistema inmune [7]. Si no se detectan contaminantes en el agua, esto también puede generar un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos. Teniendo en cuenta que el agua es un recurso que no solo es usado para el consumo humano, sino que también se utiliza en animales y plantas, el contar con información imprecisa frente a la calidad del agua puede conllevar a la muerte o el deterioro de estos.

Por eso, debido a la diversidad de factores que influyen en la contaminación del agua, es necesario emplear metodologías que permitan diagnosticar el estado actual de los cuerpos de agua a partir de datos previos. Resulta necesario implementar estudios que permitan generar conclusiones soportadas sobre la calidad de los cuerpos de agua. Por ello, conocer y determinar su calidad es un tema que preocupa cada vez más por motivos como la salud de la población, el desarrollo económico nacional y la calidad ambiental de los ecosistemas [8]. Por todo lo anterior, se observa que la medición de parámetros fisicoquímicos es una actividad indispensable al momento de evaluar la calidad del agua, el hacerlo se ha convertido en una

tarea rutinaria la cual maneja una gran cantidad de datos que necesitan un control adecuado y preciso para su correcta evaluación e interpretación.

1.5 Formulación del problema.

¿Cómo optimizar el proceso de análisis de los parámetros del agua de los diferentes sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA?

1.6 Objetivos

1.5.1. General

Analizar los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua para determinar su calidad, mediante el desarrollo de un sistema de aprendizaje automático.

1.5.2. Específicos

- Determinar la forma del análisis e interpretación actual de los parámetros de agua de los sistemas de abastecimiento del SENA.
- Implementar las rutinas y métodos de machine learning para el análisis e interpretación de los parámetros de agua de los sistemas de abastecimiento del SENA.
- Validar la herramienta propuesta.

1.7 Justificación

Dentro de una problemática tan específica como la calidad del agua es necesario asumir esto como un aspecto de estudio, sobre todo porque es una fuente de vital uso. De hecho, la vida humana es dependiente al 100% de este recurso, lo que significa un estricto cuidado al momento de tratarlo, manejarlo y utilizarlo. En ese sentido, es importante reconocer que las

entidades o empresas de tratamiento de agua potable estén a merced de las necesidades de las personas en un sector rural y urbano, de manera que sea posible su uso. Para ello, es necesario una coordinación a nivel de tratamiento, análisis y evaluación de sus parámetros que justifiquen la validez de funcionamiento en la vida de cualquier persona [8].

De esa manera, el Ministerio ambiental y de Salud reconoce como importante el tratamiento del agua a partir de sistemas que garanticen su potabilidad para el consumo humano, de manera que se ajuste todo a las necesidades sociales. Por eso, debe tenerse en cuenta un personal capacitado que aporte a la creación de métodos que solventen estas situaciones y apoye a los agentes principales para su análisis adecuado. Ante eso, se debe tener en cuenta que al usar métodos de análisis que pueden ser inadecuados o inexactos y la variabilidad de los resultados obtenidos al momento de realizar de forma manual los procesos de evaluación e interpretación de parámetros fisicoquímicos y biológicos para determinar la calidad del agua, existe una alta probabilidad de que no se detecten a tiempo ciertos contaminantes generando demora en la implementación de acciones preventivas y correctivas. Por lo que, resulta de vital importancia conocer cuáles son los problemas que se presentan al momento de realizar los procesos de adquisición análisis y descripción de datos dentro de un laboratorio fisicoquímico y determinar cómo influye en los resultados finales, partiendo de esto se busca ofrecer como solución una herramienta web que permita adquirir, analizar y describir datos al igual que realizar un reconocimiento de patrones [8].

La presente investigación nace de la necesidad de conocer y comprender los diferentes procesos utilizados dentro de un laboratorio al analizar la calidad del agua y de esta forma identificar la cantidad de tiempo utilizado en el análisis de los datos, y el porcentaje de errores que se presentan, así como las estrategias que utilizan los laboratorios para agilizar sus procesos. La investigación busca ofrecer una solución que permita facilitar la labor del personal de laboratorio, técnicos ambientales, inspectores de salud y estudiantes del área ambiental en los procesos de interpretación de datos. Teniendo en cuenta que no se tiene suficiente información sobre los procesos y metodologías aplicadas en los laboratorios frente al tratamiento de datos para determinar el ICA y las estrategias utilizadas, el presente trabajo

resulta oportuno para ampliar el conocimiento sobre los temas mencionados y las necesidades de intervención.

De igual forma la investigación permite que, la información obtenida contribuya a ampliar los datos conocidos sobre este tema y de esta forma compararlos con estudios similares para poder ofrecer estrategias de sistematización y automatización de procesos. La investigación tiene utilidad metodológica, ya que es posible que en un futuro se realicen nuevas investigaciones que tengan enfoques similares y con esto llevar a cabo comparaciones y realizar las adaptaciones necesarias frente a nuevas necesidades.

1.8 Delimitación

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de información web para la gestión y análisis de los parámetros del agua en los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA, utilizando técnicas de machine learning como, clasificación, clustering y regresión lineal. El propósito principal es tomar la información previamente recopilada y procesada por expertos, almacenarla y aplicar fórmulas para calcular los índices ICA, IRCA e ICOMI, permitiendo realizar un análisis de los resultados obtenidos y determinar la calidad del agua.

El proyecto se considera viable y se espera que los resultados obtenidos sean beneficiosos para el ámbito ambiental del SENA, al facilitar el estudio e investigación de los procesos de análisis de la calidad del agua. Se estima que la duración del proyecto será de aproximadamente un año, lo cual proporciona una referencia temporal para la construcción, implementación y finalización del desarrollo del sistema de información.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- El proyecto de grado titulado “Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac”, que tiene como autor a Jorge Fernando ALARCÓN CORRO, presenta como problema que, en Lima Perú, el caso más visible es la contaminación es el que padece el principal abastecedor de agua para la ciudad de Lima, el río Rímac, en la cual la mayor parte de su flora y fauna ha desaparecido, por lo que los ecosistemas que formaban su cauce han desaparecido debido al crecimiento acelerado de la ciudad. El objetivo del presente antecedente es aplicar métodos para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac para establecer el más confiable. El problema encontró su solución a partir de la elección de 7 métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA): PE, Universal, León, Oregon, NSF, Idaho y Dinius. Los cuales fueron calculados mediante el software ICATest v1.0 y hojas de cálculo. Luego, se clasificaron los métodos seleccionados en base a 3 criterios: análisis estadístico, accesibilidad a los parámetros requeridos y evaluación de parámetros utilizados en el ICA. Entre los 7 métodos elegidos, se propuso la inclusión del ICA – NSF como el método más adecuado para el río Rímac.

La investigación pudo ofrecer como resultado que, a partir de diagnóstico de la calidad del agua en el río Rímac, el factor de importancia de los parámetros demuestra que los nueve (9) parámetros de calidad considerados en el ICA – NSF son de relevancia, sin embargo fue posible identificar que los principales métodos para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) fueron identificados mediante el diagnóstico de la calidad del agua del río Rímac, siendo los siguientes: el ICA – NSF, el ICA – PE, el ICA – Oregon, el ICA – León, el ICA – Dinius, el ICA – Universal y el ICA – Idaho [9]. En ese sentido, el presente antecedente brinda un gran aporte en la realización del presente proyecto, ya que permite evaluar el funcionamiento y la exactitud en el procesamiento de los parámetros necesarios para determinar la calidad del

agua. Al conocer cómo trabajan estos métodos y sus características, es posible el implementar varios de los mismos en el proyecto actual, de modo que, el usuario pueda utilizar el método que se ajuste mejor a sus necesidades.

- El artículo titulado como “Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco” que tiene como autores a mencionar que la calidad del agua en la quebrada Togllahuayco ubicada en la parroquia Guangopolo del cantón Quit, se encuentra afectada por múltiples factores. Entre estos, se destaca el deterioro de la vegetación, la deforestación, la erosión del suelo, la introducción de especies exóticas, el uso de nacientes de agua como bebederos de ganado y la disponibilidad estacional del cauce. El objetivo fue realizar un estudio de tipo experimental, descriptivo y correlacional, implementando técnicas de muestreo y evaluación recomendadas para la investigación de contaminantes. Con el fin de evaluar la cantidad y calidad de agua disponible para el riego de un cultivo sustentable de quinua en la quebrada Togllahuayco.

Para ello se tomaron muestras de agua en puntos representativos entre ellos las partes altas, media y baja de la quebrada para determinar los cambios en la calidad del agua durante el trayecto desde el nacimiento del agua hasta la desembocadura. Se analizó en el laboratorio químico de la universidad central de Ecuador la concentración de sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros y la conductividad eléctrica, para calcular el índice de relación de adsorción de sodio (RAS). Después de realizar los métodos de evaluación se determinó que la quebrada Togllahuayco presenta un valor bajo de peligrosidad salina y un valor medio de peligrosidad sódica, considerándose apta para el riego. Los valores de CE son más bajos en la parte alta de la cuenca, esto quiere decir que la cantidad de sales es menor y la calidad del agua es excelente, esto se debe a que en la zona alta recién comienza la vertiente natural, mientras el río sigue su cauce los valores de CE van aumentando debido a que entra en contacto con la superficie y se produce un arrastre de cationes y aniones que enriquecen el agua [10].

Se evidencio en este trabajo que se puede determinar las zonas con más influencia de contaminación en un cuerpo de agua, para así detectar el punto exacto en donde se deben aplicar medidas preventivas y correctivas respecto a la calidad del agua y así determinar si esta cumple con los requerimientos mínimos para el riego, en nuestro caso se busca trabajar con agua cruda , potable y residual por ende también es importante que el aplicativo ayude a determinar en qué tipo de agua o zona del SENA se evidencia más contaminación y aplicar las respectivas medidas para que el agua cumpla con su lo que se requiere.

- De otra parte, el artículo titulado “Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador” que tiene como autores a Juan García González, Marcos Osorio Ortega y Rodrigo Saquicela Rojas. Menciona que a lo largo de la historia se han creado numerosos ICAs (Índice de calidad del agua), por ende, es difícil para los estudios de investigación del recurso hídrico y para los organismos e instituciones responsables y evaluadores de la calidad de agua el elegir un ICA adecuado, teniendo en cuenta las condiciones geográficas y circunstancias ambientales de su territorio. Por ende, se planteó como objetivo definir el ICA más idóneo que se ajuste a la normativa ambiental vigente: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en Ecuador.

Por ello se realizó el respectivo muestreo en los ríos seleccionados para el estudio pertenecen a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Ellos son el Pove, Otongo, Mapali, Cucaracha, Chila, Damas, Camal, Bolo y el Estero Kasama. En todos los ríos se tomaron tres puntos de muestreos El muestreo se realizó cumpliendo la metodología estipulada en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226, posteriormente se realizó el análisis de diferentes parámetros del agua, con base en lo anterior se seleccionaron los ICA de acuerdo con el cumplimiento de los siguientes criterios: amplio uso a nivel internacional, clasificación considerando el destino del recurso con fines de abastecimiento público y vida acuática, y viabilidad de los parámetros a evaluar. Todos los ICAs arrojaron calidades similares para los ríos Damas, Otongo y Mapali definiéndose como cuerpos en condiciones Buena para el consumo humano; y en el otro

extremo al Pove, cuya calidad determinaron como Pobre. Según los criterios de selección el ICA-NSF es el más adecuado describiendo mejor la calidad del agua, con menos parámetros, por tanto, se recomienda su uso para el territorio de Santo Domingo de los Tsáchilas. Sin embargo, como las pendientes resultaron ser iguales estadísticas, se recomienda realizar estudios con mayor cantidad de datos. El ICA-NSF es de utilidad para planificar y optimizar el uso de estas fuentes [11].

Al contar con un trabajo que determine qué tipo de ICA es el más idóneo para determinar la calidad del agua, se puede adaptar el presente proyecto considerando los ICA que arrojaron resultados más precisos, y de esta manera trabajar con ellos teniendo en cuenta la consideración de los usuarios dependiendo de los tipos de parámetros que se vayan a evaluar. En ese sentido es posible comprender que la apropiación de un método para la calidad de agua es una buena solución para aportar a la generación de sus composiciones y a la ayuda presentada hacia la humanidad.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- El proyecto de grado titulado PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN INSTALACIONES DE CAPTACIÓN DE UNA LOCALIDAD RURAL DEL MUNICIPIO DE TIBANÁ – BOYACÁ realizado por Arévalo Junco, Angee Daniela. El objetivo del trabajo es construir un prototipo de bajo costo que permita monitorear la calidad del agua subterránea en reservorios de captación de una localidad rural del municipio de Tibaná – Boyacá con respecto a los parámetros del análisis físico químico del agua susceptibles de ser medidos y monitoreados.

En los hogares en donde el agua que se consume es obtenida a partir de pozos o agua lluvia es necesario tomar las medidas necesarias para garantizar que la captación y el almacenamiento se hacen en condiciones seguras, además de las acciones de tratamiento del agua que normalmente se realizan para garantizar su inocuidad como hervirla antes de su consumo. Una de las medidas que permiten identificar si la calidad del agua captada es apta para el consumo

humano, animal o agrícola es el análisis microbiológico y físico químico del agua para determinar la presencia o ausencia de bacterias, oxígeno, nitrógeno y elementos metálicos entre otros. El problema encuentra solución con la construcción e implementación de un sistema de monitoreo el cual cuenta con un subsistema de captura el cual es el encargado de recolectar los datos obtenidos dentro del pozo por los sensores de pH, turbidez y temperatura en un tiempo de 5 a 10 segundos. El ESP32 permite que los datos obtenidos sean enviados de manera inmediata a un repositorio en la nube por medio del protocolo MQTT para posteriormente ser tratados y así evitar la saturación del sistema embebido. El sistema finalmente cuenta con un componente del usuario que se basa en el análisis de la información por medio de la visualización de los datos en una interfaz web

El proyecto deja como resultado una correcta implementación del prototipo el cual funciona perfectamente y es apto para su uso en zonas rurales en donde no hay acueducto o su servicio es limitado y por esta razón es común encontrar distintos tipos de instalaciones de captación de aguas subterráneas. presenta como problema la posible contaminación de estas fuentes de agua y los serios riesgos que ello conlleva para la salud de quienes la consumen (animales y seres humanos) o quienes simplemente entran en contacto con ella por su uso en la agricultura además otros usos industriales y comerciales, “es importante conocer las características de la cuenca de captación o acuífero local, así como determinar y controlar las situaciones que pudieran dar lugar a la contaminación del agua, tanto si el agua se obtiene de fuentes superficiales como subterráneas”.. El proyecto permite identificar la importancia que la comunidad le da a las instalaciones de captación para su uso diario, los diferentes tipos de parámetros que se pueden encontrar en el agua y que pueden llegar a causar graves consecuencias sobre la salud humana cuando no se encuentran en los niveles correctos [12].

El anterior antecedente presenta amplia información sobre la importancia de conocer la calidad del agua que diariamente es consumida en nuestros territorios, de igual forma nos enseña sobre el manejo que se debe hacer sobre los parámetros fisicoquímicos para determinar una correcta evaluación de la calidad del agua. El antecedente ofrece un enfoque similar al trabajado en el presente proyecto y aunque la solución propuesta por el antecedente se maneja de forma

diferente, la información obtenida permite sentar bases para el desarrollo del presente proyecto. De igual manera, determina que el abordaje correcto sobre las problemáticas alrededor del agua deben ser una fuente de estudio constante sobre todo cuando se refiere a la salud humana, siendo una prioridad a nivel mundial.

- El artículo titulado como “Calidad del agua potable: un caso de estudio hacia el desarrollo humano sostenible, municipio de María La Baja, Colombia” que tiene como autores a Rafael Fernando Oyaga Martínez, Ligia Cielo Romero Marína & Jairo Antonio Enamorado Estradab, presenta la necesidad de conocer los índices de calidad del agua ya que son diferentes los fenómenos que pueden afectar las condiciones de saneamiento con las que el recurso llega a la población, deteriorando su calidad. El exceso en el uso de fertilizantes en tierras de cultivo, un desarrollo urbano inapropiado, las grandes cantidades de sedimento presentes en estructuras de almacenamiento de agua (como presas) y la acumulación de partículas y crecimiento microbiano en los sistemas de abastecimiento del líquido, entre otros, pueden afectar la calidad del recurso. Se establece como objetivo evaluar la calidad del agua en el municipio de María La Baja, Colombia. Se consideraron parámetros físico – químicos y microbiológicos, tales como potencial de hidrógeno (pH), temperatura, color, turbiedad, oxígeno disuelto (OD), sólidos disueltos totales (SDT), conductividad, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5), dureza y presencia de E. Coli. La toma de datos se realizó en seis puntos de la localidad estudiada y se hizo acorde a lo planteado por la Standard Methods. La necesidad pudo ser solventada a partir de la elección de la metodología aplicada para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en este trabajo de investigación se encuentra referida en el Standard, la cual ha sido aplicada previamente a diferentes estudios de calidad del agua, y consiste en la toma de muestras en el campo, las cuales fueron realizadas utilizando frascos de vidrio sometidos previamente a la autoclave para su esterilización. Se pudo concluir que el agua provista a la comunidad por el sistema de acueducto de María La Baja no posee tratamiento y tiene presencia de coliformes fecales (E. coli), así como valores de turbiedad, color aparente y DBO5 por fuera de lo estipulado por la normativa colombiana, representando un riesgo para la salud de las personas.

A partir de la investigación y el proceso dado a las muestras obtenidas, se puede determinar como resultado que el agua de la zona de estudio muestra condiciones normales para los parámetros de calidad de agua natural: conductividad, pH, OD, SDT, temperatura, DQO, turbiedad, alcalinidad, dureza. Sin embargo, la alta presencia de E. Coli (*Escherichia Coli*) en número calificada por el examen de incontables deteriora severamente la calidad del agua y pone en riesgo la salud de las personas. Se debe evitar el consumo del agua de esta zona sino ha sido previamente tratada [13].

El presente antecedente permite nuevamente identificar la importancia de conocer la calidad del agua, lo que aporta significativamente al presente proceso investigativo y de igual forma, presenta la necesidad de contar con herramientas que permitan dar un correcto tratamiento a los datos que van a ser interpretados y garantizar con ello la fiabilidad de los mismos, se resalta la importancia de la información obtenida en el presente artículo ya que, gracias a esta se pueden dar la posibilidad de ampliar campos de acción para el sistema de información propuesto en el presente proyecto.

2.2 Supuestos teóricos de investigación

2.2.1 Agua y su importancia

Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro, formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H_2O). El agua es un elemento complejo y fascinante que nos recuerda constantemente nuestra dependencia de ella y la fragilidad de nuestra existencia. Sin agua no podemos vivir, el agua es fuente de vida, bienestar y placer. El agua no solo llega a nuestros hogares a través de tubos. También llega en los alimentos que consumimos y en otros productos de origen agrícola. La agricultura no solo consume cerca del 70 % del agua dulce que se extrae en el mundo [14].

Es importante resaltar que un 60% del cuerpo humano de un adulto es agua. En un bebé, el porcentaje es mayor, hasta un 75%. En el planeta, un 97% del agua está en mares y océanos. Sólo un 3% es, por tanto, agua dulce. De ésta, el 69% está congelada en casquetes polares y glaciares y otro 30% bajo tierra. Así, sólo el 1% de agua dulce está disponible en la superficie [15]. El agua es un nutriente esencial para la vida y el componente más abundante del cuerpo humano, participando de alguna manera en prácticamente todos los procesos fisiológicos.

La cantidad de agua presente en el cuerpo depende de muchos factores que son variables, no solo en función de cada persona en concreto sino también según su cronología y estados fisiopatológicos. La cantidad total de agua y su distribución en los distintos compartimentos depende de factores como: edad, sexo, raza, volumen corporal, temperatura, metabolismo, estado de salud, actividades físicas, dieta, medicación, etc. El agua total disminuye con la edad, desde aproximadamente un 75 % del peso corporal en los primeros meses de vida hasta un 55 % en las personas mayores, representando de media el 60 % en los adultos [16].

2.2.2 Cuerpos de agua

Son las extensiones de agua que se encuentran por la superficie terrestre o en el subsuelo, los cuerpos de agua se pueden caracterizar analizando básicamente tres componentes: su hidrología, sus características fisicoquímicas y la parte biológica, a su vez los cuerpos de agua se pueden clasificar en tres tipos, los cuales son: ríos, lagos y aguas subterráneas. De igual forma también se puede encontrar un cuarto tipo de cuerpo de agua de carácter transitorio el cual está caracterizado por su variabilidad y dentro de este último podemos encontrar ramificaciones las cuales son: embalses, ciénagas y estuarios [17].

2.2.3 Calidad del agua

De acuerdo con el decreto número 1575 de 2007 la calidad del agua se da por la comparación de las características químicas, físicas y microbiológicas que se pueden encontrar en el agua, así mismo con el contenido de las normas que regulan la materia [18].

El agua y su calidad, es un factor determinante en la salud de la población y un tema en el que los países ponen especial importancia en garantizar. La calidad del agua puede definirse como aquellos factores que describen las características químicas, físicas y biológicas del agua, dependiendo del uso que le vayamos a dar. En la definición, ya nos indican que, dependiendo de su uso, una misma agua no necesariamente se puede utilizar para todo y unos determinados valores no implican la misma calidad.

La contaminación o alteración de su calidad puede venir determinada por factores naturales, el clima, el estado de las tuberías, la contaminación del terreno o la concentración de los elementos presentes en el mismo de manera natural. El agua, en su recorrido por toda la red de distribución puede arrastrar ciertos elementos hasta llegar a nuestro grifo, que hacen que la calidad de la misma se vea alterada, por ello, es recomendable medir su calidad justo en el momento del consumo [19].

2.2.4 Funciones del agua en las personas

Considerando que nuestros cuerpos son casi $2/3$ agua, entender el rol importante del agua en el cuerpo puede ser una fuente de salud. El agua es necesaria para el mantenimiento de los fluidos corporales y el balance iónico adecuado. Es vehículo de la digestión, absorción, el metabolismo y transporte de los nutrientes hacia y desde los tejidos. Participa en la eliminación por heces y evita el exceso de calor producido por el organismo, provee el entorno fluido para las heces, orina y saliva. Interviene en la regulación de la sudoración, la evaporación de la superficie corporal y la respiración [20].

2.2.5 Demanda del Recurso Hídrico en Colombia

La demanda del recurso hídrico hace referencia al uso que se le da al agua, La estimación realizada por el IDEAM para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en Colombia se representa mediante los siguientes usos: agrícola, doméstico, industrial, pecuario y otros servicios [21].

2.2.6 Salud ambiental

De acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social (2007) la Salud Ambiental se basa en un conjunto de políticas planificadas y desarrolladas de manera transitoria, con la participación de diversos actores sociales, busca de favorecer la calidad de vida y salud de la población de las presentes y futuras generaciones, con el fin de materializar el derecho a un ambiente sano, a través de la transformación positiva de los determinantes sociales sanitarios y ambientales [21].

2.2.7 Aguas residuales

Las aguas residuales son el resultado de las actividades domésticas humanas, especialmente las relacionadas con procesos sanitarios (fosas sépticas) y actividades industriales o comerciales; lo que termina por alterar su composición y las convierte en poseedoras de bacterias, toxinas y componentes nocivos.

Siendo el agua el componente vital para la conservación de la vida en el planeta y teniendo en cuenta su limitada existencia, resulta imperativo evitar su pérdida constante e irre recuperable. En este sentido, se ha propuesto procesarla y devolverla a su ciclo reduciendo su impacto y contaminación [22].

2.2.8 Análisis del agua

Este es un proceso químico en el que se extrae una buena muestra del líquido a analizar (dependiendo de la extensión del estudio, se puede llegar a necesitar hasta 1,5 litros). A partir de esa muestra, se determinará su calidad.

No obstante, según las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud, no hay que llevar a cabo un exhaustivo proceso de detección de todos y cada uno de los agentes patógenos, ya que hacerlo requeriría un tiempo excesivamente largo y su

procedimiento sería demasiado complejo (OPS, 1988). Por lo cual, es suficiente identificar ciertos microorganismos que son perjudiciales para la higiene y sanidad humana: los llamados indicadores bacterianos de contaminación [23].

2.2.9 PTAR

Las aguas residuales pueden provenir de actividades industriales, agrícolas y de uso doméstico. Para tratar estas aguas se realizan procesos fisicoquímicos con los que se busca reducir la materia suspendida por medio de precipitaciones o sedimentos. En este caso es un conjunto de procedimientos de tipo físico, químico y biológico que permiten convertir el agua contaminada en agua reutilizable o que no genere contaminación a suelos o aguas tanto superficiales como subterráneas. Las aguas residuales se producen diariamente, tanto en nuestras casas, nuestros trabajos y en fábricas, industrias y actividades humanas de todo tipo [24].

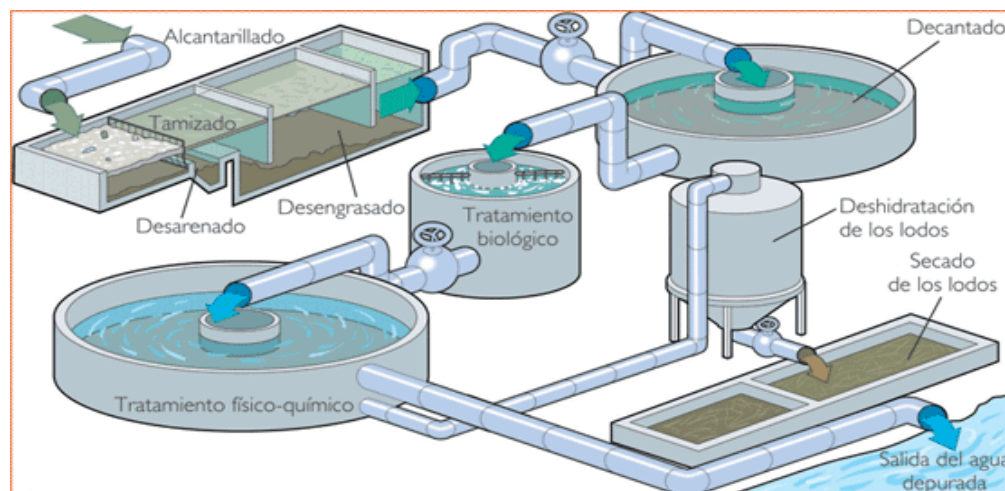


Fig.1 Diseño de una PTAR

Fuente: Mas Industria – Ingeniería del agua

2.2.10 Problemática ambiental

Las descargas de las aguas residuales de tipo doméstico y productivo, se han convertido en uno de los problemas más críticos ambientalmente; el aumento en descargas cada vez mayor

de debe incremento poblacional en la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes esto se presenta a la situación socioeconómica y de orden público del país.

La situación de descargas se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática [25].

2.2.11 Parámetros de calidad del agua

La vigilancia de la calidad del agua para el abastecimiento a la población, comienza en el origen de la misma, es decir, en embalses, ríos y pozos, continúa durante su tratamiento en las estaciones de tratamiento de agua potable y a través de su paso por la red de distribución hasta que llega al consumidor.

Para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos: Físicos: sabor y olor, color, turbidez, conductividad, t°. Químicos: pH, O₂, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, amoniacosulfuros, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, etc. [26].

La vigilancia de la calidad del agua para el abastecimiento a la población, comienza en el origen de la misma, es decir, en embalses, ríos y pozos, continúa durante su tratamiento en las estaciones de tratamiento de agua potable y a través de su paso por la red de distribución hasta que llega al consumidor.

El monitoreo es el seguimiento regular o continuo del estado de los parámetros del agua o de los factores que los afectan, a través de una serie de mediciones tomadas en el tiempo, de uno o más elementos particulares, llamados “variables”, con el propósito de orientar acciones

específicas de manejo del agua. El monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control [26].

La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan en unos niveles de toxicidad aceptables tanto para las personas como para los organismos acuáticos.

2.2.12 Parámetros físicos

Existen ciertas características del agua, se consideran físicas porque son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto), y tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. El ser humano tiene la particularidad de detectar fácilmente algunas características físicas de las aguas residuales, puesto que por medio de sus sentidos puede hacerse una idea de la magnitud de las mismas. Por ejemplo, es fácil discriminar el agua por su olor; que, por cualquier otra característica no perceptible, como una concentración [27]. En conclusión, podemos decir que los parámetros físicos son todos aquellos parámetros que su incremento o disminución se pueden notar por medio de los sentidos. Algunos de los parámetros más utilizados para determinar la calidad de un cuerpo de agua son los sólidos suspendidos totales, el oxígeno disuelto y la conductividad [28]. A continuación, se presentan las principales características físicas de las aguas residuales.

Color

Para hablar de color en el agua, hay que aclarar que se encuentra el color verdadero y el aparente. El color verdadero se debe principalmente a sustancias disueltas en el agua como el humus y materia orgánica disuelta, para analizar este parámetro, no se toma en cuenta el material suspendido, por ende, antes de analizarlo se realiza filtración [28].

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella.

Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas:

La descomposición de la materia;

La materia orgánica del suelo;

La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.

Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados y constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. La falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos, por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua [27].

Temperatura

La temperatura en el agua se ve afectada por la radiación solar y por el cambio de estaciones presentes en las zonas templadas, en lo general en los ecosistemas de montaña alta, el agua siempre permanece fría y empieza a incrementar su temperatura entre más cerca esté al nivel del mar.

La temperatura a su vez también afecta muchos procesos y organismos biológicos, ya que muchos de estos son sensibles a cualquier cambio de temperatura o alteración del medio en el que se encuentra. Algunos organismos ya se pueden denominar dependiendo a la temperatura en donde su desarrollo es mucho más óptimo, estas agrupaciones se dividen en psicrófilos, mesófilos y termófilos.

De igual forma la temperatura puede afectar los parámetros fisicoquímicos, uno de estos es el oxígeno disuelto, ya que a una temperatura menor las moléculas de agua se unen, reteniendo el escape de oxígeno gaseoso a la atmósfera, por lo tanto, comparten una relación inversamente proporcional. Una definición sobre la temperatura está relacionada con una magnitud que mide el nivel térmico de un cuerpo de agua y este se basa en la noción de frío o calor que transfiere este cuerpo de agua [28].

Turbidez

La turbiedad en el agua es la dificultad que tiene el agua para transmitir luz, y esto se debe a la materia en suspensión como materia orgánica e inorgánica, lodos, material coloidal, arcilla entre otras. Este tipo de parámetro se mide generalmente con un turbidímetro, y las medidas se expresan en unidades nefelométricas de turbidez [28].

Aunque no se conocen sus efectos directos sobre la salud, está afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, se ha demostrado que, en el proceso de eliminación de organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbidez reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante.

Cuando hablamos de turbidez, hablamos de un indicador de calidad de las aguas. Es causada por la presencia de material en suspensión que puede proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o también puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas [29].

Sólidos suspendidos

Los sólidos en suspensión, se definen como un contaminante convencional en la ley sobre agua limpia de Estados Unidos, pueden ser un indicador de la calidad de cualquier muestra de agua,

ya sea del océano o de aguas residuales. Cuando se vierte agua a través de un filtro previamente pesado, las partículas que quedan una vez que el filtro se seca se clasifican como sólidos suspendidos. Este tipo de medición proporciona un peso seco real de los sólidos en suspensión, por lo que los profesionales de la calidad del agua suelen combinar la medición de sólidos suspendidos con sus mediciones estándar [30].

Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos, se refieren a cualquier mineral, sal, metal, en forma de moléculas, átomos, cationes o aniones disuelto en el agua. Los sólidos disueltos comprenden las sales inorgánicas (principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que se disuelven en el agua. La concentración de sólidos disueltos es la suma de todas las sustancias filtrables presentes en el agua que pueden determinar gravimétricamente [30].

2.2.13 Parámetros Químicos

Están relacionados con la capacidad de solvencia que tiene el agua, por lo que es mucho más complicado de determinar a comparación de los parámetros físicos. Algunos de los parámetros químicos más importantes al momento de analizar la calidad del agua, es la alcalinidad, dureza, sólidos disueltos, metales, sustancias orgánicas, fósforo y nitrógeno [28].

PH

El PH está dado por la concentración de iones de hidrógeno presentes en un cuerpo de agua. Cuando el PH está por encima de 7 se puede considerar que el agua es alcalina, pero si está por debajo de 7 se asume que el agua empieza a ser ácida. En el proceso de tratamiento de aguas residuales, este parámetro se toma en cuenta en procesos como la coagulación, la desinfección, entre otros.

Mientras que en los procesos biológicos en donde se trata con diferentes microorganismos, el PH debe controlarse de tal forma que el medio sea propicio para el crecimiento de las cepas y con esto el consumo de materia orgánica sea eficaz. El PH del agua se puede determinar con un potenciómetro o de forma menos precisa por medio del papel tornasol [28].

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo [31].

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO₂ y H₂O. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua, es el único medio utilizado para medir la cantidad de residuos industriales en el agua, siendo un análisis indispensable en plantas de tratamiento de agua y efluentes [31].

Mercurio

Es considerado un contaminante no deseable del agua, debido a que es un metal tóxico para el ser humano. Es normal encontrarlo en el agua de forma inorgánica, este puede pasar a compuestos orgánicos por medio de los microorganismos que se encuentran presentes en los sedimentos, como puede hacerlo el plancton y trasladarse a las algas y hacerlo sucesivamente hasta llegar a organismos de niveles tróficos como aves rapaces, peces y el hombre. Hablamos del mercurio (Hg) como elemento químico mineral: manifestaciones, reacciones y los efectos contaminantes en el medio ambiente y particularmente sobre los daños que ocasiona al ser humano [32].

Cloruro

Los cloruros se encuentran en concentraciones bajas en aguas superficiales. El ion cloruro forma sales muy solubles en el agua y a su vez puede ser muy corrosivo dependiendo el tamaño del ion. Si la concentración de este parámetro es muy alta afecta directamente el uso potencial agrícola e industrial. En agua potable lo mejor es que no se exceda una concentración de 250mg/l, ya que si se excede esta concentración el sabor natural de un cuerpo de agua puede cambiar. Si se nota un incremento considerable de este parámetro se puede relacionar con alguna fuente de contaminación presente en el medio, por lo tanto, para disminuir la concentración se debe implementar procesos de desmineralización [28].

Sulfatos

Los sulfatos se pueden encontrar en diferentes concentraciones en el agua, pero por lo general los límites permisibles para aguas dulces es que no excedan los 250mg/l, ya que si se supera esta concentración puede tener efectos purgantes en el sistema acuático. El ion sulfatos también contribuye a la salinidad del agua y unido con otras sales aumenta su grado de solubilidad [28].

Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

El nitrógeno es un elemento esencial que en grandes concentraciones puede generar eutroficación y a su vez prolifera el crecimiento de algas, afectando directamente el oxígeno disuelto en el agua, esta afectación también se da por la oxidación que tiene el elemento para llegar a su última forma de nitratos. Es importante determinar todas las formas del nitrógeno, ya que de esta forma sabemos el tiempo transcurrido desde la polución en un cuerpo de agua. En el tratamiento de aguas residuales, más exactamente en la parte biológica, es necesario conocer los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico, ya que de esta forma se determina si contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los microorganismos [28].

El nitrógeno se encuentra en diferentes formas como: amonio, nitritos, nitratos entre otras. Los nitritos son derivados de forma natural y antrópica, en la parte natural se da por medio de la cadena de nitrificación, en donde el nitrito por medio de bacterias nitrificadores cambia de forma a nitratos [28].

El nitrógeno dependiendo las condiciones y el medio en el que se encuentra puede oxidarse o reducirse, a esto se le conoce con nitrificación y desnitrificación. El agua superficial en general tiene concentraciones de nitratos menores a 10mg/l, mientras que las aguas que tienen escurrimiento de aguas procedentes de cultivos en donde se utilizan fertilizantes, las concentraciones pueden llegar a centenares de mg/l. Cuando el agua para consumo humano tiene concentraciones elevadas de nitratos puede generar cianosis infantil [28].

2.2.14 Análisis del agua

El análisis del agua es un proceso indispensable para conocer las características de calidad de agua y permite determinar si esta es apta para el consumo humano o dependiendo de su calidad puede ser empleada para diferentes usos. Existen diferentes tipos de análisis en el agua de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente y Protección Social [12].

Análisis básico

Este procedimiento se lleva a cabo para determinar la turbiedad, pH, color aparente, cloro residual libre o usado, Escherichia coli y coliformes totales [12].

Análisis físico y químico del agua

En este análisis se llevan a cabo los procedimientos de laboratorio que se realizan a una muestra de agua y así evaluar sus características físicas y químicas. Las sustancias químicas excepto el nitrato que se encuentran en el agua de consumo humano por un largo tiempo (años) tienen un alto porcentaje de peligro para la salud. La calidad del agua presenta sus variaciones

de forma progresiva, excepto cuando sobre las aguas subterráneas se vierten de forma esporádica sustancias o elementos contaminantes [12].

2.2.15 Índice de calidad del agua – ICA

El ICA es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas, químicas y en algunos casos microbiológicas del cuerpo de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación [33].

Toma en cuenta una gama de factores ambientales a través de variables simples que permiten el análisis de los principales orígenes de la contaminación: oxígeno disponible, materia orgánica, sólidos, mineralización, acidez, entre otros, y características claves de la columna de agua como la temperatura [33].

2.3 VARIABLES DE ESTUDIO

2.4 DEFINICIÓN NOMINAL DE LAS VARIABLES

Las variables dependientes mostradas en la tabla 2 se basan en la medición y evaluación de múltiples parámetros y características del agua que son considerados como variables independientes. Los índices de calidad presentados a continuación se construyen utilizando una combinación ponderada de variables independientes para obtener un valor que refleje la calidad general del agua.

TABLA I. VARIABLES DEPENDIENTES DE ESTUDIO

Variable	Descripción	Tipo de Variable	Naturaleza
Índice de calidad del agua (ICA)	Es un número que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos de bienestar humano independiente de su uso. Este índice es usado generalmente para aguas residuales.	Dependiente	Cuantitativo
Índice de riesgo de calidad del agua (IRCA)	Este índice se enfoca en evaluar el riesgo potencial que tiene el agua para la salud humana. Este índice es usado generalmente para agua potable o agua tratada.	Dependiente	Cuantitativo

La construcción de un índice de calidad del agua implica una relación de dependencia entre los parámetros fisicoquímicos mencionados en la tabla 3 y las variables dependientes. El valor del índice de calidad del agua depende de los valores de las variables independientes y de cómo se ponderan y combinan entre sí.

TABLA II. VARIABLES INDEPENDIENTES DE ESTUDIO

Variable	Descripción	Tipo de Variable	Naturaleza
Temperatura	Es una medida de cantidad de energía térmica que influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno y la precipitación de compuestos.	Independiente	Cuantitativa
PH	El PH es una medida de acidez que influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.	Independiente	Cuantitativa
Sólidos totales	Los sólidos totales son la cantidad de materia orgánica presente en una muestra de agua, medida en miligramos por litro (mg/L).	Independiente	Cuantitativa
Sólidos totales fijos	Se denominan sólidos totales fijos a aquella materia orgánica que permanece en una muestra de agua después de que a esta se le ha aplicado un proceso de evaporación.	Independiente	Cuantitativa
Sólidos totales volátiles	Los sólidos totales volátiles son la cantidad de materiales inorgánicos y orgánicos que están en solución en el agua	Independiente	Cuantitativa
Turbiedad	Es originada por las partículas en suspensión o coloides. Es decir, causada por las partículas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.	Independiente	Cuantitativa
Color	Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella.	Independiente	Cualitativa

Sólidos sedimentables	Los sólidos sedimentables son partículas que se mantienen suspendidas en el fondo de un recipiente de una muestra de agua, después de un periodo de tiempo determinado, pueden ser causados por la erosión del suelo, la descarga de aguas residuales sin tratar y la actividad industrial.	Independiente	Cuantitativa
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.	Independiente	Cuantitativa
Demanda química de oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO ₂ y H ₂ O.	Independiente	Cuantitativa
Grasas y aceites	Las grasas y aceites son contaminantes que algunas veces están presentes en el agua los cuales provienen de aguas residuales industriales o domésticas, los cuales pueden obstruir los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales.	Independiente	Cuantitativa

2.5 DEFINICIÓN OPERATIVA DE LAS VARIABLES

Las variables independientes corresponden a aquellas que han sido previamente medidas por el personal del área ambiental en los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA, estas variables proporcionan información de gran relevancia para evaluar y monitorear la calidad del agua al momento de determinar los índices de calidad o las variables dependientes.

TABLA III. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES

Variable	Indicador	Fuente	Técnica de recolección	Técnica de análisis
Índice de calidad del agua (ICA)	<ul style="list-style-type: none"> • Un valor alto del ICA indica que presenta alta calidad del agua considerándola limpia y saludable y por ende apta para su uso. • Un bajo valor del ICA indica que el agua es de baja calidad, esta puede presentar diversos contaminantes y por ende se considera insegura para su uso debido a que puede afectar la salud humana y el medio ambiente. 	PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Índice de riesgo de calidad del agua (IRCA)	<ul style="list-style-type: none"> • Un valor alto del IRCA indica un mayor riesgo para la salud humana en relación con la calidad del agua, lo que significa que puede contener contaminantes perjudiciales para la salud. • Un valor alto del IRCA indica que el agua es apta para el consumo y de igual manera un riesgo mínimo para la salud humana 	Sistemas de abastecimiento	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Índice de calidad de agua para riego (ICOMI)	<ul style="list-style-type: none"> • Un valor alto del ICOMI indica que el agua es alta para el riego y presenta pocos o ningún impacto negativo en el suelo. • Un valor bajo del ICOMI indica que el agua puede contener características o contaminantes que pueden afectar negativamente los cultivos o el suelo. 	Cuerpo de agua	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Los cambios de temperatura pueden ser perjudiciales para la vida acuática. • Un cambio de temperatura puede ser indicador de la presencia de contaminantes. • Los cambios de temperatura pueden afectar el rendimiento en los procesos de tratamiento de agua. 	Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos

PH	<ul style="list-style-type: none"> • Rangos altos y bajos de PH pueden afectar a la salud humana. • Si el PH se encuentra fuera de su rango normal, puede indicar presencia de contaminantes en el agua. 	Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Sólidos totales	<ul style="list-style-type: none"> • Altas concentraciones de sólidos totales indican presencia de metales o productos químicos tóxicos. • Las bajas concentraciones de sólidos totales pueden indicar que el agua es de buena calidad y que puede que no esté contaminada. 	Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Sólidos totales fijos	<ul style="list-style-type: none"> • Las altas concentraciones de sólidos totales fijos pueden ser una indicación de la presencia de sustancias químicas tóxicas o metales pesados en el agua. 	Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos
Sólidos totales volátiles	<ul style="list-style-type: none"> • Las altas concentraciones de sólidos totales volátiles pueden ser una indicación de la presencia de contaminantes orgánicos en el agua, lo que puede ser perjudicial para la salud humana y el medio ambiente. 	Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR	Muestreo de agua	Algoritmos de machine learning y minería de datos

<p>Turbiedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La turbiedad puede afectar la apariencia y la aceptabilidad del agua potable. • La baja turbiedad del agua puede indicar que hay pocas partículas suspendidas en el agua y es más atractiva visualmente. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de machine learning y minería de datos</p>
<p>Color</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color marrón: puede indicar materia orgánica. • Color verde: puede indicar presencia de algas en el agua. • Color rojizo o amarillento: presencia de metales disueltos. • Color azul: puede indicar presencia de sales disueltas en el agua. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de machine learning y minería de datos</p>
<p>Sólidos sedimentables</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una alta concentración de sólidos sedimentables indica que el agua está contaminada y puede ser peligrosa para la vida acuática. • Una baja concentración de sólidos sedimentables indica una mayor calidad del agua y una menor presencia de contaminantes en el agua. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de machine learning y minería de datos</p>
<p>Demanda biológica de oxígeno (DBO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un alto nivel de DBO indica que hay materia orgánica en el agua que lleva a una reducción en la cantidad de oxígeno disponible el cual es vital para la vida de los peces y ecosistemas acuáticos. • Un bajo nivel de calidad de DBO indica poco material orgánico, lo que beneficia a los ecosistemas acuáticos. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de machine learning y minería de datos</p>

<p>Demanda química de oxígeno (DQO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un alto nivel de DQO indica la presencia de contaminantes orgánicos perjudiciales para la salud y el medio ambiente. • Un bajo nivel de DQO es un indicador de buena calidad del agua y de que hay pocos contaminantes orgánicos presentes. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de machine learning y minería de datos</p>
<p>Grasas y aceites</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los altos niveles de grasas y aceites pueden afectar a los sistemas de alcantarillado y a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, afectan la vida acuática y propician malos olores y algas. • Los bajos niveles de grasas y aceites indican que hay pocos contaminantes orgánicos presentes en el agua. 	<p>Cuerpo de agua Planta de tratamiento PTAR</p>	<p>Muestreo de agua</p>	<p>Algoritmos de Machine Learning y minería de datos</p>

2.6 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.6.1 Hipótesis de investigación

La gestión correcta de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante una herramienta de información web facilitará la labor de los estudiantes y docentes encargados de estos procesos a la hora de determinar la calidad del agua y permitirá obtener resultados de manera eficiente y segura.

2.6.2 Hipótesis nula

La herramienta de información web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA dificultará la labor de los estudiantes y docentes encargados de estos procesos a la hora de determinar la calidad del agua por lo que los resultados obtenidos no serán fiables.

2.6.3 Hipótesis alterna

La herramienta de información web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento, será utilizada en diferentes puntos del departamento de Nariño en los cuales no cuenten con un sistema de gestión de los parámetros del agua para determinar la calidad de esta.

3. METODOLOGÍA

3.1 PARADIGMA

La presente investigación se enmarca dentro del paradigma cuantitativo positivista ya que este utiliza preferentemente información cuantitativa o cuantificable para describir o tratar de explicar los fenómenos que estudia. Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías; de igual manera se aplicó a todas las ciencias, entre estas las ciencias sociales, convirtiéndose en el fundamento de la investigación mediante el uso del método científico el cual según los positivistas asegura el alcance de la verdad como vía de razonamiento, operando desde la lógica deductiva [34]. El presente proyecto cuenta con variables cuantitativas y cuantificables que se obtendrán a partir de una previa recolección de datos y que al ser trabajadas permitirán describir y explicar los factores que intervienen e influyen al momento de determinar la calidad del agua, los resultados obtenidos se trabajarán mediante análisis estadístico y podrán ser presentados a los usuarios finales.

3.2 ENFOQUE

El enfoque de esta investigación es empírico-analítico ya que este es un método de observación que se basa en la experimentación y la lógica empírica, utilizado para profundizar en el estudio de los fenómenos, pudiendo establecer leyes generales a partir de la conexión que existe entre la causa y el efecto [35]. Este enfoque se caracteriza porque tiene como finalidad de describir, explicar, predecir y controlar los fenómenos, eventos, problemas o situaciones en estudio, mediante la aplicación del método hipotético-deductivo, buscando la generalización de los resultados [34]. El actual proyecto pretende obtener información a partir de la observación de los procesos de recolección de muestras y del tratamiento que se les da a las mismas, una vez hecho esto se procede a realizar procesos de experimentación aplicando diversas fórmulas matemáticas con el fin de describir y explicar los factores que intervienen e influyen al momento de determinar la calidad del agua.

3.3 MÉTODO

El método utilizado será cuantitativo, el cual nos brinda un enfoque basado en la recopilación y análisis de datos numéricos para estudiar fenómenos y responder las preguntas de investigación. Se hace uso de un diseño riguroso, muestras representativas y técnicas estadísticas y matemáticas. Los resultados que se obtienen son de índole numérica y descriptiva. Las técnicas de machine learning que se utilizarán son las siguientes:

Clasificación: La clasificación se refiere a un método o algoritmo utilizado para clasificar datos en diferentes categorías o clases basándose en características o atributos específicos.

Clustering: Esta técnica también conocida como agrupamiento sirve para identificar patrones y estructuras ocultas y para ello lo que hace es segmentar los datos en grupos de dimensiones similares para realizar un proceso de análisis [36].

Regresión lineal: Es una técnica utilizada para modelar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes [37].

La metodología que se utilizará en el presente proyecto es CRISP-DM la cual proporciona una descripción normalizada del ciclo de vida de un proyecto estándar de análisis de datos, de forma análoga a como se hace en la ingeniería del software con los modelos de ciclo de vida de desarrollo de software. El modelo CRISP-DM cubre las fases de un proyecto, sus tareas respectivas, y las relaciones entre estas tareas. En este nivel de descripción no es posible identificar todas las relaciones; las relaciones podrían existir entre cualquier tarea según los objetivos, el contexto, y el interés del usuario sobre los datos [38].

El método utilizado se ajusta al presente proyecto ya que permite obtener resultados a partir del análisis de los datos los cuales se presentarán de forma numérica y descriptiva, de igual forma, las técnicas de machine learning utilizadas y la metodología CRISP-DM permitirán llevar a cabo un adecuado control de los procesos desarrollados y sus resultados.

3.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptiva analítica, ya que esta combina elementos de la investigación descriptiva y la investigación analítica. Busca describir un determinado fenómeno o situación teniendo como propósito exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, por otra parte, tiene como objetivo analizar las relaciones entre las variables, para ello se utilizan técnicas de recopilación de datos cuantitativos y cualitativos para realizar el análisis identificando patrones y relaciones entre las variables. En resumen, es un enfoque de investigación que combina la descripción de una situación o fenómeno con el análisis de las relaciones entre las variables involucradas [39]. La presente investigación cuenta con un amplio número de variables las cuales se relacionan entre sí y tienen como propósito trabajarse de manera cuantitativa para obtener resultados cualitativos acerca de la calidad del agua y los elementos que intervienen para determinar la misma.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se propone un diseño experimental considerando la realización de pruebas de diferentes tipos y los resultados obtenidos por los algoritmos. El diseño experimental es una técnica estadística. Esta se basa en la manipulación intencional de la variable independiente para observar y medir sus efectos en relación con la variable dependiente. A su vez, se realiza en el marco de un modelo experimental específico de un proceso estadístico [40].

En otros términos, el diseño experimental se orienta a determinar cómo impacta la relación entre dos variables. Este tipo de método se caracteriza por ser cuantitativo. Es decir, se utilizan fórmulas, funciones y expresiones matemáticas para medir los cambios observados en la variable dependiente. Ya la hemos mencionado varias veces. Pero, ¿qué es una variable dependiente? Dentro de un estudio o modelo estadístico, la variable dependiente es aquella que se explica por su relación con otra variable, denominada independiente [40].

La importancia de realizar diseños experimentales es que, en general, se basan en proyectos o investigaciones que tienen un anclaje y base teórica. En virtud de los resultados que se obtienen al aplicar el diseño experimental, se enriquece la producción de conocimiento, a la vez que permite revisarlo y aportar nueva información [40]. Se considera que el presente proyecto debe contar con un diseño de investigación experimental ya que con esta podemos trabajar directamente con las variables, es posible manipular la variable con el propósito de ver cómo se comportan las variables que dependen de esta. El uso de fórmulas y funciones matemáticas permite obtener resultados que sean fáciles de interpretar y cuantificar [40].

3.6 POBLACIÓN

Para el presente proyecto la población está constituida por docentes y alumnos sin distinción de edad los cuales desarrollan técnicos o tecnólogos en el área ambiental dentro del servicio nacional de aprendizaje SENA.

3.7 MUESTRA

El muestreo utilizado para la presente investigación estaría conformado por el 20% de los estudiantes de técnicos o tecnólogos en el área ambiental los cuales estén realizando su etapa lectiva y teniendo en cuenta que el número de docentes que imparten la materia de toma de muestras o prácticas de laboratorio no es muy elevado se pretende trabajar con el 70% de ellos.

3.8 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Primero está la encuesta que es una técnica de recolección de información que se lleva a cabo utilizando como instrumento, la aplicación de un cuestionario a una muestra de personas. Las encuestas proporcionan información sobre las opiniones, actitudes y comportamientos de los ciudadanos. La encuesta se aplica ante la necesidad de probar una hipótesis o descubrir una solución a un problema, e identificar e interpretar, de la manera más metódica posible, un conjunto de testimonios que puedan cumplir con el propósito establecido [41]. Teniendo en

cuenta que la presente investigación tiene como propósito la construcción de una herramienta software que sistematice los procesos de análisis e interpretación de datos la cual será usada por docentes y alumnos del área ambiental resulta de vital importancia contar con información tomada de los mismos que permita la construcción y adaptación del aplicativo, por lo anteriormente mencionado se considera que el uso de la encuesta como técnica de recolección cumplirá con el propósito requerido proporcionando información confiable y de primera mano para poder ser usada en la presente investigación.

También se encuentra la revisión documental, que está dentro del grupo de los métodos cualitativos. Consiste en realizar una investigación y recopilación de información a través de la revisión de diferentes fuentes documentales [42]. Es importante aclarar que esta técnica de recolección de datos tiene algunas complicaciones, sobre todo, porque el investigador debe tener un buen criterio de análisis y selección de fuentes. Hay que tener presente que los documentos no necesariamente presentan información objetiva, y que en algunas ocasiones pueden haber sido alterados con el propósito de obtener algún beneficio personal. En este sentido, es importante hacer una evaluación de los documentos que se utilizarán para recolectar datos y verificar su validez antes de utilizarlos. La revisión documental es una de las técnicas de recolección de datos que más requiere de profesionales con experiencia en el tema [42].

En este punto se resalta que se encuentra un par a la revisión documental y es la investigación documental. La investigación documental es una de las técnicas de la investigación cualitativa que se encarga de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros; en ella la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio. Este tipo de investigación también puede ser encontrada como investigación bibliográfica, que se caracteriza por la utilización de los datos secundarios como fuente de información. Su objetivo principal es dirigir la investigación desde dos aspectos, primeramente, relacionando datos ya existentes que proceden de distintas fuentes y posteriormente proporcionando una visión

panorámica y sistemática de una determinada cuestión elaborada en múltiples fuentes dispersas [43].

3.9 VALIDEZ DE LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Existen dos formas de validez: la validez externa que se refiere a la generalización de los conceptos de una investigación, y la validez interna que trata sobre la precisión de un instrumento para medir lo que se ha propuesto medir [44]. Para este caso se trabajará sobre la validez interna con el propósito de garantizar que la encuesta y la revisión documental retornen resultados fiables. La validez se trabajará de la siguiente forma: garantizar que los resultados reflejen una imagen lo más completa posible, clara y representativa de la realidad o situación estudiada, del mismo modo se debe validar el contenido haciendo referencia a la medida en que las preguntas de la encuesta aborda el tema de investigación y reflejan las variables de interés, y las preguntas de esta misma midan de forma correcta el concepto que se está investigando [45].

Diseño de la muestra

Se inicia con la definición de la población de participantes de acuerdo con los objetivos planteados. De este grupo, se obtiene la muestra empleando criterios bien definidos. Estos pueden ser geográficos, temporales u otros según los objetivos y las variables del estudio. En algunos casos, la muestra puede ser equivalente a la población [45].

Redacción de los ítems

La redacción de los ítems empieza por decidir cuál es la información que se desea recoger. Esta dependerá de los objetivos de la investigación y de variables preliminares del estudio. Las preguntas de contenido sirven para que el investigador obtenga información sobre los fenómenos materia de la investigación; las preguntas demográficas averiguan sobre las características personales o contextuales de los participantes. Las preguntas de filtro permiten

detectar subgrupos dentro de la muestra (por ejemplo, comportamientos específicos de los estudiantes, empleo de nuevas tecnologías por parte de los docentes, etc.). Se debe tener en cuenta que las preguntas involucran respuestas asociadas y que éstas deben aportar para el cumplimiento de los objetivos de la encuesta. Por lo tanto, no puede dejar de lado la intencionalidad de la misma ni de la investigación [45].

Confección del cuestionario

Se considera necesario realizar la organización en el formato adecuado para su administración a la muestra de participantes. Esto implica decidir los medios que se emplearán para aplicarla y, luego, redactar las indicaciones necesarias sobre la finalidad de la investigación, el procedimiento para aplicar el instrumento, la duración, la garantía de confidencialidad, y el compromiso sobre el empleo de los resultados de la investigación; así como el aporte que, para ella, supone la participación de los encuestados [45].

Piloto y refinamiento

Con la finalidad de detectar posibles problemas de comprensión de las preguntas, dificultades con las alternativas de respuesta definidas o con las instrucciones, el cuestionario se debe someter a una evaluación que permita mejorarlo antes de la aplicación a la muestra de investigación. El proceso de validación del instrumento se puede realizar mediante el juicio de expertos, la evaluación entre pares y la aplicación de una prueba piloto [45].

Administración y primer informe

Se debe llevar a cabo la aplicación del instrumento y la redacción del informe técnico sobre el diseño del cuestionario y de la muestra, así como el proceso de administración propiamente dicho. Asimismo, se incluirá en este informe el análisis de los datos obtenidos en el recojo de información [45].

En cuanto a la validez de la recolección de información se debe tener en cuenta que la fuente de información sea confiable y relevante para la investigación, que se aborde el tema de investigación y que estos documentos seleccionados sean representativos de la población de la investigación. Dentro de la recolección de información es importante contar con una estructura que permita evaluar la información teniendo en cuenta que cuente con: selección de técnicas e instrumentos, ejecución de trabajo de campo, registro riguroso de la información y análisis e interpretación de la información [45].

3.10 CONFIABILIDAD DE LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La confiabilidad tiene que ver con la exactitud y precisión de los procedimientos de medición; es decir, cuando al repetir la investigación, bajo condiciones iguales, existe la posibilidad de obtener los mismos resultados. Teniendo en cuenta que debemos garantizar la confiabilidad de nuestras técnicas de recolección se pretende buscar que la investigación sea estable, segura, congruente, igual a sí misma en diferentes tiempos y previsible para el futuro y procurar que exista confiabilidad interna, es decir, cuando varios observadores, al estudiar la misma realidad, concuerdan en sus conclusiones. Tanto las encuestas como la revisión documental deben garantizar fiabilidad en los resultados de investigación por ello es importante que la encuesta mida de manera consistente y precisa lo que se pretende medir, por ello es importante utilizar preguntas claras y precisas, por otro lado, en la revisión documental es importante asegurarse que los documentos sean fiables y de calidad y que sus fuentes sean confiables y autorizadas [44].

Evaluar la validez y la confiabilidad dentro de un proceso de investigación es una parte muy importante para garantizar que los instrumentos de recolección de datos y la información recopilada sean consistentes y precisos a la hora de obtener los insights derivados del análisis de las variables de un estudio. La confiabilidad es un concepto utilizado para evaluar la calidad de un estudio, y principalmente se utilizan en la investigación cuantitativa para indicar hasta qué punto un método, una técnica o una prueba mide algo de manera efectiva [46].

Los resultados de un estudio pueden considerarse confiables cuando tienen un alto grado de validez, es decir, cuando no hay sesgos. Sin embargo, este término se utiliza más cuando se están desarrollando instrumentos o escalas clínicas (por ejemplo, para evaluar depresión, calidad de vida, gravedad de las enfermedades). Así, una vez que se establece que una escala es reproducible y consistente, entonces puede concluirse que es confiable [47].

3.11 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Primero, cuando se selecciona la encuesta como técnica de recolección de datos dentro de la investigación, el instrumento básico para la recogida de información lo constituye el cuestionario estandarizado, el cual consiste en un listado de preguntas estandarizadas (leídas literalmente y siguiendo el mismo orden con cada encuestado). Este es un instrumento que agrupa una serie de preguntas relativas a un evento, situación o temática particular, sobre el cual el investigador desea obtener información. Del mismo modo, señala que consiste en un conjunto más o menos amplio de preguntas formuladas con el propósito de conseguir respuestas, a fin de obtener datos e información sobre un tema o problema específico. Se trata de un instrumento rigurosamente estandarizado que traduce y operacionaliza determinados problemas que son objeto de investigación [45].


Dentro de los instrumentos que podemos encontrar dentro de una encuesta se tiene a uno de los más utilizados actualmente, el cual es el cuestionario online. Los cuestionarios por internet están siendo cada vez más populares y su uso se está extendiendo, en parte porque sus ventajas frente a otras formas de indagación resultan muy evidentes [48], además la aplicación de los mismos, generalmente no requiere mayor gasto o inversión ya que muchas plataformas prestan el servicio en cuestión, facilitando también el análisis de las mismas.

Para empezar con la construcción de un cuestionario es importante analizar algunos aspectos. Hay múltiples factores metodológicos que influyen directamente al crear un cuestionario apto para nuestro proyecto. A la hora de diseñar sus encuestas, es necesario pensar en los encuestados, una vez hecho lo anterior, se recomienda tener en cuenta 7 aspectos relevantes,

los cuales son: El medio para recopilar datos, esfuerzo para responder, redacción de las preguntas, formato de las preguntas, precisión de la información, presentación visual y plan analítico [49]. Frente a lo anterior se presenta uno de los diseños de cuestionario que se pretende utilizar para recolectar información en el presente proyecto.

Ejemplo de encuesta

TABLA IV. ENCUESTA

		Institución universitaria CESMAG				
Antecedentes						
Nombre completo						
Cargo que ocupa						
Descripción del cargo						
Descripción de funciones en el cargo						
Investigación						
Las siguientes preguntas tienen como propósito recopilar información relevante frente a los procesos que se realizan en cuanto a la gestión de parámetros fisicoquímicos del agua para su análisis						
¿Con cuánta frecuencia se realiza el muestreo de los abastecimientos de agua?		Una vez al mes	Tres veces al mes	Cinco veces al mes	Siete veces al mes	Más de ocho veces al mes
Respuesta						
¿Cuánto tiempo toma la aplicación de fórmulas o plantillas para evaluar los parámetros?		10 minutos	20 minutos	30 minutos	40 minutos	Más de 50 minutos
Respuesta						
¿Cuántas veces debe repetir el proceso de evaluación de datos por errores?		0 veces	1 vez	Entre 3 y 5 veces	Entre 6 y 10 veces	Más de 10 veces
Respuesta						
¿Cuántos errores se presentan al evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua de forma manual?		0 errores	Entre 1 y 3 errores	Entre 3 y 5 errores	Entre 6 y 10 errores	Más de 10 errores
Respuesta						
Acuerdo de participación						
¿Está de acuerdo con que la información brindada en el presente cuestionario sea utilizada para fines investigativos dentro del proyecto?				Si	No	
Fecha:						
Firma:						

Como segundo aspecto se muestran un conjunto de instrumentos que se emplean en la revisión documental para disponer de la información y concebir ciertos fenómenos, situaciones y temas:

Matriz de análisis: Es un instrumento empleado para extraer información no evidente, agrupando, relacionando e interpretando las categorías relacionadas con el tema, situación o evento que se estudia. La siguiente matriz de análisis es un ejemplo de cómo se evaluará la información obtenida de uno de los temas a trabajar dentro del proyecto el cual es, el manejo de los parámetros del agua para determinar el ICA.

TABLA V. EJEMPLO DE MATRIZ DE ANÁLISIS

Análisis interno	Análisis externo
Fortalezas:	Oportunidades:
Debilidades:	Amenazas:

Matriz de registro: Se anota de forma organizada la información recolectada en otros instrumentos por el investigador, como: memorias y cuentas, informes de gestión, reportes técnicos, entre otros. Es importante destacar que este instrumento tiene por objeto registrar, más no realizar una medición, por lo que no es imprescindible realizar la validación de este, pero sí constatar que los datos que se encuentran en los documentos sean fehacientes y respondan a los criterios establecidos en la recolección de datos. La siguiente matriz de registro ejemplifica cómo se deben registrar los datos de las personas a las cuales se les recolectará información de primera mano para la realización del proyecto.

TABLA VI. EJEMPLO DE MATRIZ DE REGISTRO

Datos	
Nombre completo	
Fecha de nacimiento	

Área laboral	
Género	
Nivel de estudio	
Años de experiencia laboral	
Cargo profesional	
Tiempo de permanencia en el cargo	
Teléfono	
Dirección	

Matriz de categorías: Esta matriz permite describir la situación de interés, así como clasificar la información, mediante la revisión de los documentos construidos en investigaciones previas. La siguiente matriz de categorías se trabaja ejemplificando como se organizará la información obtenida de una fuente de información, recolectando datos importantes que nos permitan llevar un control de los datos en cuestión.

TABLA VII. EJEMPLO DE MATRIZ DE CATEGORÍAS

Índice	Área de investigación	Fecha de realización	Descripción	Beneficio de la información	Tipo de información	Sitio de la información
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Relatos: El relato es la presentación de experiencias y conocimientos personales de los actores sociales [45].

TABLA VIII. EJEMPLO MATRIZ DE RELATO

Nombre de la persona	Fecha del relato	Lugar de los acontecimientos	Acontecimientos del relato

4. RESULTADOS

4.1 METODOLOGÍA APLICADA

Para el desarrollo de la presente investigación, se eligió utilizar el modelo CRISP-DM junto con la metodología SCRUM. Al combinar ambos enfoques, se buscó aprovechar la estructura y la flexibilidad de SCRUM, mientras se seguía el marco establecido por CRISP-DM para la minería de datos.

La metodología CRISP-DM se conceptualiza en 6 fases las cuales pueden sucederse repetitivamente si tras los resultados de los análisis exploratorios se descubren aspectos que redefinen los objetivos de negocio [53]:

1. Entendimiento del negocio:

- Comprender el problema del negocio y los objetivos del proyecto.

2. Comprensión de los datos:

- Analizar los datos disponibles identificando patrones y relaciones.

3. Preparación de los datos:

- Limpiar y estructurar los datos para su uso en el modelo.

4. Modelado:

- Desarrollar el modelo de análisis de datos y realizar una evaluación para determinar su precisión.

5. Evaluación:

- Estimar la efectividad del modelo y determinar si cumple con los objetivos del proyecto.

6. Despliegue:

- Implementar el modelo y realizar un seguimiento continuo para garantizar su efectividad.



Fig.2 Fases del modelo CRISP-DM

Fuente: Instituto de ingeniería del conocimiento

Dada la naturaleza visual de la aplicación, también se optó por la metodología SCRUM en la etapa número 6 de la metodología CRISP-DM para desarrollar módulos como el login, registro del ICA e IRCA, y un dashboard que permite una mejor visualización de registros. Esto permitió avanzar de manera ágil y eficiente el desarrollo de la aplicación, asegurando la entrega oportuna de funcionalidades importantes para los usuarios.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA FORMA DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DEL SENA

4.2.1 ENTENDIMIENTO DEL NEGOCIO

4.2.1.1 Tabulación de los resultados de la encuesta

Para el desarrollo de la primera etapa de la metodología CRISP-DM, se llevó a cabo una encuesta la cual tuvo como objetivo recolectar información detallada sobre las necesidades y expectativas de los usuarios, con el fin de identificar desafíos específicos. Esta encuesta, que

incluyó preguntas de selección múltiple y abiertas, orientó el diseño del aplicativo para optimizar los procesos de monitoreo y caracterización del agua en el SENA. La encuesta se realizó a una muestra de 23 personas vinculadas al SENA, compuesta por 17 estudiantes, 3 docentes de toma de muestras o prácticas de laboratorio, y 2 contratistas de servicios tecnológicos, este grupo representativo fue seleccionado para identificar los requisitos necesarios en la implementación del aplicativo propuesto.

TABLA IX. TABULACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTA DE RECOLECCION DE INFORMACION

PREGUNTA	PARAMETRO	PORCENTAJE
1. ¿Cuál es su rol en el SENA?	Docente	13%
	Estudiante	73,9%
	Otro	13,1%
2. Área de especialización	Toma de muestras	0%
	Procesamiento de muestras	4,3%
	Ambas	39,1%
	Estudiante	52,2%
	Otro	4,3%
3. ¿Cómo se procesan los datos en la toma de muestras de agua?	Manualmente	69,6%
	Utilizando herramientas automatizadas	4,3%
	No estoy involucrado/a en este proceso	26,1%
4. ¿Cómo procesan los datos obtenidos en laboratorio?	Manualmente en Excel	43,5%
	Utilizando un software especializado	0%
	No estoy involucrado/a en este proceso	47,8%
	Otro	8,6%
5. ¿Qué funcionalidades consideras más importantes para el aplicativo propuesto?	Registro de usuarios	30,4%
	Asignación de roles	30,4%
	Ingreso de parámetros de muestra	73,9%
	Cálculo automático de ICA e IRCA	39,1%
	Generación de gráficas estadísticas	47,8%
	Visualización de ubicaciones en mapa	56,5%
6. ¿Estarías dispuesto/a participar en pruebas piloto del aplicativo y proporcionar retroalimentación?	SI	87%
	NO	13%

7. ¿Cómo te gustaría proporcionar retroalimentación para asegurar que los usuarios se adapten fácilmente a la nueva plataforma?	Sesiones de retroalimentación regulares presenciales	59,1%
	Sesiones de retroalimentación regulares de manera remota (Virtual)	45,5%
	Formularios de retroalimentación	36,4%

4.2.1.2 Interpretación de resultados de la encuesta

Procesamiento de datos en la toma de muestras de agua

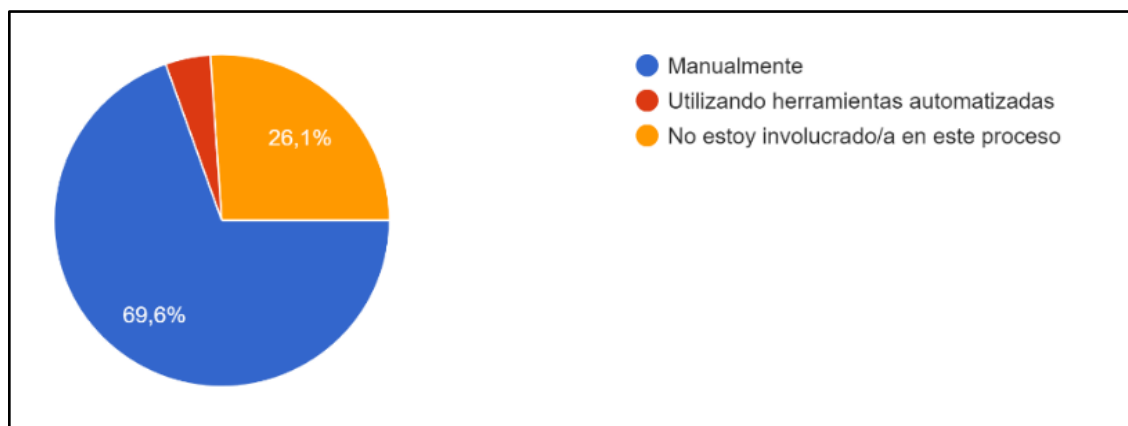


Fig. 3 Como se procesan los datos obtenidos en la toma de muestras

Fuente: Esta investigación

La mayoría de los encuestados (69,9%) indicaron que la toma de muestras de agua se realiza manualmente, lo que evidencia que esto puede implicar ciertos desafíos en términos de eficiencia y precisión en los resultados. Esto considero las posibles ventajas de la implementación de la herramienta automatizada, de modo que se pudo comprender las necesidades y perspectivas de las personas que estaban involucradas en el proceso de toma de muestras de agua.

Procesamiento de los datos obtenidos en laboratorio

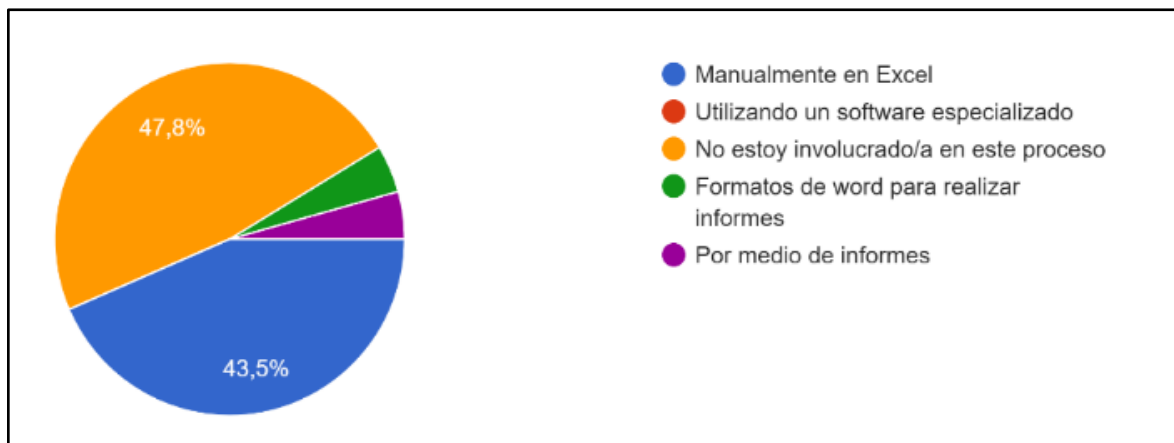


Fig.4 Como se procesan los datos obtenidos en laboratorio

Fuente: Esta investigación

Un porcentaje considerable de los encuestados (43,5%) indicó que los resultados obtenidos en laboratorio se procesan manualmente en Excel mientras que otro pequeño grupo indicó que estos datos se trabajan por medio de informes, el uso de las herramientas ofimáticas anteriormente mencionadas sugiere una posible área de mejora en términos de eficiencia y precisión en el procesamiento de datos y precisión de los resultados, ya que los resultados obtenidos en laboratorio muestran los índices de riesgo y calidad del agua.

Preguntas sobre el aplicativo propuesto

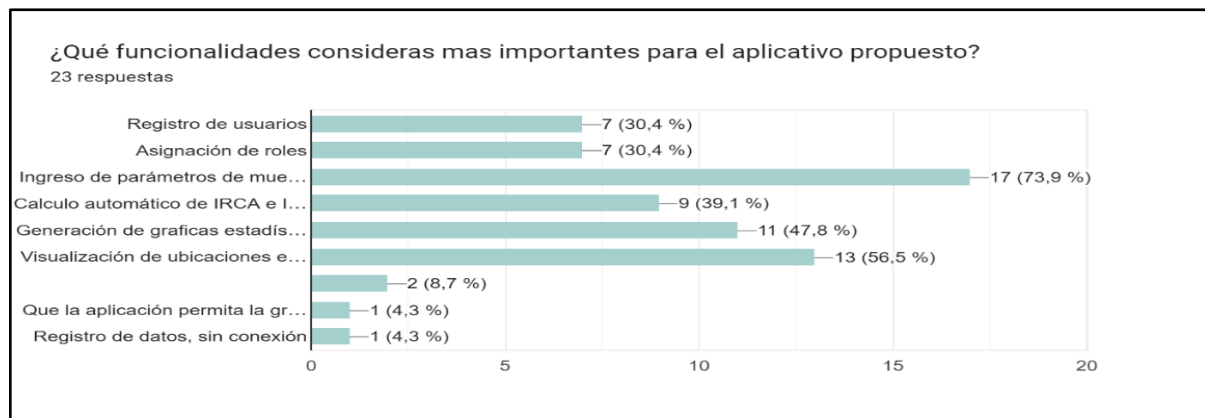


Fig. 5 Funcionales más importantes para la población

Fuente: Esta investigación

La población encuestada pudo seleccionar varias respuestas por lo que esto ayudó a identificar las siguientes tendencias:

- Una alta prioridad al ingreso de parámetros de agua lo que sugirió que los usuarios consideran fundamental tener una manera eficiente de ingresar la gran cantidad de datos que son relevantes para el análisis del agua.
- El hecho de que el centro de producción limpia Lope SENA cuente con varios cuerpos de agua y diferentes puntos de captación en ellos, hizo que la funcionalidad de visualización de ubicaciones en mapa fuera bien valorada debido a la utilidad de contextualizar los datos de las muestras en relación con la ubicación geográfica.
- La "Generación de gráficas estadísticas" y el "Cálculo automático de ICA e IRCA" pueden ser considerados importantes porque ayudan a los usuarios a comprender los datos de manera más rápida y efectiva, permitiendo una interpretación visual y análisis automatizado de los resultados.

Preguntas de respuesta abierta

¿Cuáles son los principales desafíos a los que se enfrenta al realizar estos procesos de manera manual?

- *Manejo de datos*
- *Sesgos, datos ausentes*
- *Que los datos salgan incorrectos, mal muestreo*
- *La confiabilidad de los resultados de los parámetros ya que pueden presentar fallos al tomar cada tipo de muestreo.*
- *Pérdida de datos*
- *La sistematización de datos y resultados*
- *Se pueden presentar riesgos al momento de manipular los reactivos y que estos se derramen en la mano*
- *Rapidez y exactitud*
- *Pérdida o daño de los formatos recolectados en campo, errores en su digitalización.*
- *Requerimientos de tiempo, limitaciones en la estandarización del proceso, alto aporte a la incertidumbre de los resultados por la actividad de muestreo*
- *El tiempo de respuesta y emisión de resultados*
- *Procesamiento de datos*
- *Que la toma de la muestra no sea del todo exacta.*
- *Una tarea más larga. Para conseguir el objetivo*

Las respuestas proporcionadas por la población reflejaron una serie de desafíos comunes que enfrentan los encargados de realizar procesos manuales de recolección y análisis de datos a la hora de evaluar la calidad del agua. Se puede concluir que los principales problemas que se presentan a la hora de realizar estos procesos se basan en la gestión y sistematización de datos, lo que genera preocupaciones sobre la precisión, confiabilidad y seguridad en los resultados obtenidos.

¿Cómo crees que el aplicativo podría mejorar los procesos actuales?

- *Toma de muestras positivas*
- *Facilidad.*
- *Mejoraría en realizar un mejor muestreo una mejor toma de muestras*

- *Mejoraría los procesos de toma de muestras y la recolección de datos sería mucho más fácil*
- *Tomar con más exactitud las muestras de calidad de agua.*
- *Tener certeza en la información consolidada*
- *Mayor calidad de datos obtenidos*
- *Los datos arrojados por los análisis quedarían mejor organizados, lo cual nos lleva a un punto en específico*
- *Sería una forma más eficiente, de almacenar los datos*
- *Mayor celeridad en la toma y análisis de la información*
- *Mayor eficiencia en el registro, control y procesamiento de la información de calidad del agua.*
- *Optimización de tareas y garantía de trazabilidad en la información*
- *Eficiencia en la obtención de información y agilidad en la entrega de resultados*
- *Haciendo que el proceso sea más óptimo y exacto.*
- *En la eficacia para la recolección de muestras*

Las respuestas proporcionadas destacaron una serie de beneficios potenciales que este aplicativo podría ofrecer, incluyendo una toma de muestras más precisa, una recolección de datos más fácil y una entrega de resultados más rápida.

Al desarrollar el aplicativo, fue crucial tener en cuenta las necesidades y desafíos particulares que enfrentan los profesionales en este campo, como la necesidad de una toma de muestras exacta, la gestión eficiente de datos y la garantía de la calidad de los resultados. Además, el aplicativo podría mejorar la trazabilidad de los datos, proporcionando una plataforma centralizada para el registro, control y procesamiento de la información de calidad del agua.

¿Qué tipo de información adicional te gustaría ver en las visualizaciones y reportes del aplicativo?

- *Donde se ubica en las quebradas más contaminación*
- *Gráficas*
- *Visualizaciones claras del lugar donde se toman las muestras, ubicación, altitud, beneficios etc....*
- *Análisis estadísticos*
- *Tendencias de la información en los últimos tiempos.*
- *Análisis temporales y estadística descriptiva*

- *Rangos de valores de referencia de los resultados*
- *Mejores resultados.*

Estas respuestas proporcionaron una visión clara de las necesidades y expectativas de los usuarios con respecto a la información adicional que les gustaría ver en las visualizaciones y reportes del aplicativo. Estas se centran en la capacidad del aplicativo para proporcionar una comprensión clara y completa de la calidad del agua, incluida su distribución geográfica, tendencias temporales, análisis estadísticos y comparaciones con estándares de referencia.

4.2.2 ENTENDIMIENTO DE LOS DATOS

Durante la segunda etapa de la metodología CRISP-DM, conocida como "Entendimiento de los Datos", se logró comprender en detalle la naturaleza y las características de los datos proporcionados. Para este caso, los datos suministrados por los docentes del área ambiental del SENA consistieron en la normativa sanitaria y ambiental vigente en Colombia para la medición, evaluación e interpretación de los Índices de Calidad del Agua (ICA) y los Índices de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA).

En este punto, se pudo entender la forma en que se calculan estos índices mediante las fórmulas establecidas en la normativa correspondiente. Además, se facilitaron hojas de cálculo que contenían información sobre los parámetros del agua, lo que permitió profundizar aún más en el análisis y la comprensión de los datos disponibles. Estas herramientas proporcionaron una visión detallada de los aspectos técnicos y prácticos relacionados con la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento del SENA.

4.2.2.1 Cálculo del IRCA

Para calcular el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA), como se especifica en el artículo 13 de la Resolución 2113 de 2007, se asigna un puntaje de riesgo según lo estipulado en la Tabla X que se encuentra a continuación a cada característica física, química y microbiológica que no cumpla con los valores aceptables establecidos en dicha resolución.

TABLA X. PUNTAJE DE RIESGO PARA CADA CARACTERÍSTICA FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

PUNTAJES DE RIESGO		
Parámetro	Puntaje de riesgo	Valor máximo aceptable
Color Aparente	6	15
Turbiedad	15	2
pH	1,5	6,5 y 9,0
Cloro residual libre	15	0,3 y 2,0
Alcalinidad total	1	200
Calcio	1	60
Fosfatos	1	0,5
Manganeso	1	0,1
Molibdeno	1	0,07
Magnesio	1	36
Zinc	1	3
Dureza total	1	300
Sulfatos	1	250
Hierro total	1,5	0,3
Cloruros	1	250
Nitratos	1	10
Nitritos	3	0,1
Aluminio	3	0,2
Fluoruros	1	1
COT	3	5
Coliformes Totales	15	0
Escherichia Coli	25	0
Sumatoria de puntajes asignados	100	

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

De acuerdo al Artículo 14 de la resolución 2115 de 2007 el cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA, el artículo 15 de la resolución 2115 de 2007 define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fig.6 Clasificación del nivel de riesgo del IRCA

Fuente: Resolución 2115 de 2007

4.2.2.2 Calculo del ICA

Según lo establecido en la hoja metodológica del IDEAM el índice de calidad del agua (ICA) es una representación numérica agregada y simplificada, derivada de la suma aritmética equiponderada de los valores obtenidos al medir la concentración de seis variables fisicoquímicas básicas en los puntos de monitoreo [50].

1. Oxígeno disuelto
2. Sólidos suspendidos totales
3. Demanda química de oxígeno
4. Conductividad eléctrica
5. Potencial de hidrógeno (PH)
6. Relación nitrógeno total/fósforo total

Los valores calculados del indicador se comparan con los establecidos en tablas de categorización permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías que a su vez se asocian a un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente).

DESCRIPTOR	SÍMBOLO	RANGO	R	G	B	COLOR
BUENO	CIRCULO	0,91 – 1,00	15	69	241	
ACEPTABLE	TRIANGULO	0,71 – 0,90	36	148	6	
REGULAR	CUADRADO	0,51 – 0,70	255	255	0	
MALO	PENTÁGONO	0,26 – 0,50	255	153	0	
MUY MALO	HEXÁGONO	0 – 0,25	204	0	0	

Fig.7 Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA establecidos por el IDEAM

Fuente: IDEAM

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_j = \left(\sum W_i * I_{ij} \right)$$

Donde:

ICA_j Es el índice de calidad del agua calculado a la altura de un punto de monitoreo j .

W_i Es el ponderado o peso relativo asignado a la variable de calidad i .

I_i Es el valor calculado de la variable i , obtenido al ingresar el valor de la concentración de la variable obtenida en el punto de monitoreo j , en la curva funcional o ecuación correspondiente.

i Corresponde a la variable que hace parte del indicador.

En la figura 8 se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador, su unidad de medida y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

VARIABLE	UNIDADES	PESO DE IMPORTANCIA 1 (ICA 5 variables)	PESO DE IMPORTANCIA 2 (ICA 6 variables)
Oxígeno Disuelto - OD	% Saturación	0,2	0,17
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17
Conductividad Eléctrica - CE	uS/cm	0,2	0,17
N total/P total - NT/PT	mg/L/mg/L	--	0,17
pH	Unidades de pH	0,2	0,15

Fig. 8 Ponderación de los parámetros para el cálculo del ICA

Fuente: IDEAM

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE RUTINAS Y MÉTODOS DE MACHINE LEARNING PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE AGUA

4.3.1 PREPARACIÓN DE LOS DATOS

Entendiendo que la creación de un modelo es un proceso complejo que requiere un enfoque metódico, se decidió trabajar exclusivamente en el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA). Este índice el cual es más robusto y depende de varios parámetros para su evaluación, permitió trabajar con múltiples variables. Teniendo en cuenta que el SENA no disponía de los suficientes datos reales para la evaluación del IRCA, fue necesario utilizar datos sintéticos basados en parámetros del agua para simular situaciones del mundo real, esto se hizo con la

autorización del docente del SENA encargado de la materia de toma de muestras Gustavo Jurado Chávez.

Se eligió Python y Google Colab debido a su amplio uso en análisis de datos y aprendizaje automático, su sintaxis clara y la abundancia de bibliotecas especializadas que facilitan la manipulación y visualización de datos. Google Colab, siendo una plataforma en línea gratuita y basada en la nube, elimina la necesidad de instalar software adicional. La combinación de Python y Google Colab ofreció ventajas significativas en términos de adaptabilidad y facilidad de uso, convirtiéndolos en la mejor opción para trabajar con la metodología CRISP-DM.

- **Creación y lectura del dataframe**

Durante el desarrollo de la preparación de datos utilizando la metodología CRISP-DM, se comenzó con la construcción de un dataframe que contenía una variedad de parámetros. El objetivo era asegurar que al evaluar estos parámetros en la fórmula del IRCA, se obtuviera todas las posibles clasificaciones del nivel de riesgo de calidad del agua, según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

Para que la biblioteca 'pandas' pudiera interpretar de manera correcta el archivo plano CSV fue necesario especificar el separador de campos por punto y coma mediante el parámetro `sep=";"` para dividir adecuadamente los datos en columnas.

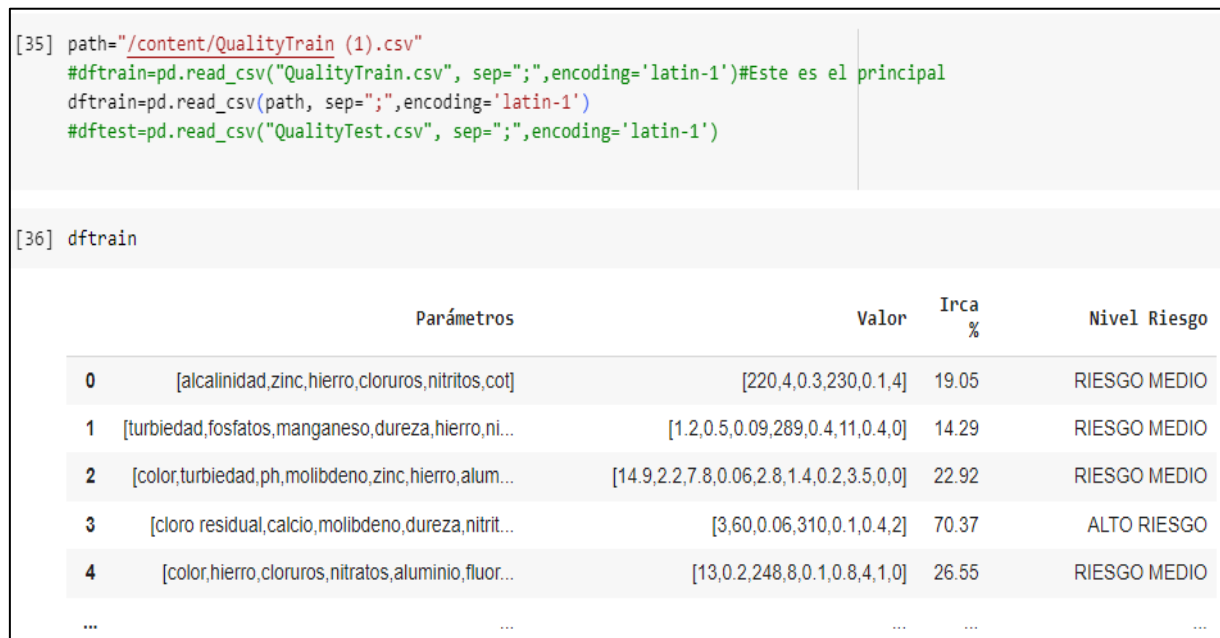


Fig.1 9 Importación del dataset

Fuente: Esta investigación

- **Limpieza de datos**

Haciendo uso de la operación de la biblioteca pandas: `dftrain.dropna(inplace=True)` se eliminó las filas del dataframe que tienen valores nulos permitiendo hacer estos cambios en el dataframe original.

4.3.2 MODELADO

- **Particionado de los datos**

Se creó una variable `X` que almacena las variables independientes (parámetros) utilizados para evaluar el IRCA las cuales se encuentran en las dos primeras columnas del dataframe.

```
X=dftrain.iloc[:,0:2]
```

De igual manera se creó una variable `y` que almacena la variable objetivo en este caso los valores del IRCA calculado por los parámetros que fueron almacenados en `X`

Lo anterior permitió realizar análisis y modelos predictivos basados en estas características y el IRCA correspondiente.

```
y=dftrain['Irca %']
```

- **Implementación de transformadores**

Se aplicaron transformaciones específicas a los datos X, utilizando clases personalizadas como VectorizerTransformer y QKernelTransformer, respectivamente. Las cuales manipulan y transforman los datos de entrada de acuerdo con las necesidades específicas del proceso de modelado. VectorizerTransformer realiza una transformación específica basada en nombres de parámetros, mientras que QKernelTransformer calcula características adicionales basadas en las características originales.

```
vt=VectorizerTransformer()  
X=vt.transform(dftrain.iloc[:,0:2])
```

```
qk=QKernelTransformer()  
X=qk.transform(X)
```

- **Asignación de datos para prueba y entrenamiento**

Se dividieron los datos 'X' y 'y' en conjuntos de entrenamiento y prueba. En este caso, se estableció el 20% de los datos como conjunto de prueba y un 80% de los datos para entrenamiento, teniendo en cuenta que nuestro dataframe contenía 200 datos.

```
Xtrain,Xtest,ytrain,ytest=train_test_split(X,y,test_size=0.2,random_state=2023)  
  
Xtrain.shape,Xtest.shape  
  
((160, 2), (40, 2))
```

Fig.1 10 División de los datos 'X' y 'y' en conjuntos de entrenamiento y prueba

Fuente: Esta investigación

- **Técnicas de modelado**

En la realización del modelado se utilizaron las siguientes técnicas de la biblioteca tales Scikit-learn como:

- Redes Neuronales Artificiales (ANN) como MLPRegressor.
- Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) como SVR.
- Árboles de Decisión: Se utilizó el estimador DecisionTreeRegressor.
- Bosques Aleatorios (Random Forest): Se utiliza el estimador RandomForestRegressor.

Finalmente, la técnica que mejor puntaje arrojó fue la Red Neuronal Artificial (MLP) o modelo de perceptrón multicapa la cual permitió capturar hiperparámetros al especificar tres capas ocultas de tamaños 1000, 100 y 10, respectivamente, y un número máximo de iteraciones de 100000 arrojando un puntaje final R^2 de (0.9971917920727917, 0.9933541990376782).



```
MLP

▶ annp=Pipeline([
    ... ('vectorizer', VectorizerTransformer()),
    ... ('qkernel', QKernelTransformer()),
    ... ('scaler', StandardScaler()),
    ... ('ann', MLPRegressor(hidden_layer_sizes=[1000,100,10], max_iter=100000))
])

anntr = TransformedTargetRegressor(regressor=annp, transformer=StandardScaler())
anntr.fit(Xtrain,ytrain)
anntr.score(Xtest,ytest),anntr.score(Xtrain,ytrain)

(0.9971917920727917, 0.9933541990376782)
```

Fig.11 Puntaje de Red Neuronal Artificial MLP

Fuente: Esta investigación

- **Creación del modelo**

Clase ‘VectorizerTransformer’

Se definió una clase llamada ‘VectorizerTransformer’ estableciendo los nombres de los 22 parámetros necesarios para calcular el IRCA. Haciendo uso del método ‘transform’ toma los datos de entrada ‘X’ y los convierte en una matriz donde cada columna representaba el nombre de cada parámetro, cada parámetro se codificó en una representación binaria, donde se asigna un valor de 1 si el parámetro está presente y un valor de 0 si no lo está. Posteriormente, se incluyeron valores reales asociados a cada parámetro cuando estén disponibles con el método ‘getDataset’.

Luego se iteró a través de un ciclo ‘for’ cada parámetro y valor, creando dos listas: una para los parámetros codificados binariamente y otra para los valores reales. Luego, se convirtió estas listas en matrices NumPy y se concatenaron horizontalmente para obtener una matriz final de datos preparados para el análisis del IRCA. Esta clase permitió definir y transformar los datos de entrada, garantizando que se tengan en cuenta los 22 parámetros esenciales para evaluar el IRCA.

Clase ‘QKernelTransformer’

Más adelante se definió una clase en donde se establecieron dos parámetros: ‘puntajerriesgo’ es un array que almacena los puntajes de riesgo asignados a cada parámetro, mientras que ‘valormaxacep’ es una matriz que contiene los valores máximos aceptables para cada parámetro.

Luego, se iteró sobre cada uno de los 22 parámetros en los datos y se aplicaron dos funciones (nuevo y nuevo2) a pares específicos de columnas en el dataframe. Esta clase se utilizó para aplicar una transformación específica a los datos de entrada, calculando puntajes de riesgo basados en los valores de los parámetros y los valores máximos aceptables.

4.3.3 EVALUACIÓN

En la etapa de evaluación, se cargó el modelo desde el archivo que contiene los parámetros y la arquitectura del modelo que se entrenó previamente. Posteriormente se realizaron dos predicciones una individual y una múltiple. Para ello el modelo requirió que se establecieran dos arreglos uno para el nombre de los parámetros y otro para el valor asignado a este.

```

Individual prediction

[ ] X=[[ 'alcalinidad,zinc,hierro,cloruros,nitritos,cot' ], '[220,4,0.3,230,0.1,4]']
X=pd.DataFrame(X)
X

```

	0	1
0	[alcalinidad,zinc,hierro,cloruros,nitritos,cot]	[220,4,0.3,230,0.1,4]

```

[ ] model.predict(X)

array([18.21803288])

```

Fig.12 Predicción individual del modelo

Fuente: Esta investigación

```

Multiple prediction

[ ] X=[
  ['alcalinidad,zinc,hierro,cloruros,nitritos,cot'], '[220,4,0.3,230,0.1,4]',
  ['alcalinidad,calcio,fosfatos,zinc'], '[0.01,0.01,0.01,0.01]',
  ['color,ph,calcio,fosfatos,molibdeno,magnesio,dureza,hierro,cloruros,fluoruros,cot,coliformes totales,escherichia coli'], '[12,8.2,56,0.3,0.06,34,
]
X=pd.DataFrame(X)
X

```

	0	1
0	[alcalinidad,zinc,hierro,cloruros,nitritos,cot]	[220,4,0.3,230,0.1,4]
1	[alcalinidad,calcio,fosfatos,zinc]	[0.01,0.01,0.01,0.01]
2	[color,ph,calcio,fosfatos,molibdeno,magnesio,d...	[12,8.2,56,0.3,0.06,34,302,0.5,246,1.2,5.2,0,0]

```

[ ] model.predict(X)

array([18.21803288, 10.72376347, 11.11724425])

```

Fig.13 Predicción múltiple del modelo

Fuente: Esta investigación

Con esto se comprobó que los resultados arrojados del IRCA en la predicción individual fueron los esperados al igual que los resultados obtenidos en la predicción múltiple.

4.4 VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA

4.4.1 DESPLIEGUE

Durante la fase final de despliegue, se optó por emplear la metodología ágil SCRUM para el desarrollo de tres módulos principales dentro del aplicativo web. Estos módulos tuvieron como objetivo principal facilitar el intercambio fluido de datos entre la base de datos y la aplicación. A continuación, se detallan las historias de usuario asociadas a cada uno de estos módulos.

TABLA XI. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO DE VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Módulo	ID De la historia	Rol	Característica / Funcionalidad
Visualización y resultados	HU 01	Usuario	Quiero ver la información de los parámetros evaluados en los registros de evaluación de la calidad del agua.
	HU 02	Usuario	Quiero visualizar en una gráfica estadística, información sobre los niveles de cada parámetro evaluado
	HU 03	Usuario	Quiero conocer información acerca de los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros del agua
	HU 04	Usuario	Quiero generar un informe PDF donde se me muestre información relevante sobre el valor de los parámetros del agua y sus resultados
	HU 05	Usuario	Quiero visualizar información relevante del registro, tal como, fecha, lugar y descripción
	HU 06	Usuario	Quiero visualizar en un mapa el lugar donde se tomó la muestra para evaluar el IRCA

	HU 07	Usuario	Quiero ver una o más imágenes que muestren el lugar donde se tomó la muestra
	HU 08	Usuario	Quiero visualizar varias imágenes estadísticas que me den información general sobre los registros del IRCA por año
	HU 09	Usuario	Quiero ver en un mapa los lugares donde se tomaron las muestras del IRCA filtradas por año

TABLA XII. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO USUARIO

Módulo Usuario	HU 10	Usuario	Quiero contar con la posibilidad de registrarme al aplicativo web
	HU 11	Usuario	Quiero contar con la posibilidad de iniciar sesión en el aplicativo Web
	HU 12	Usuario	Quiero contar con la posibilidad de recuperar mi contraseña en caso de perderla
	HU 13	Usuario	Quiero contar con la posibilidad de asignar diferentes roles, para conceder diferentes permisos dentro del aplicativo a nuevos usuarios

TABLA XIII. HISTORIAS DE USUARIO MÓDULO REGISTRO

Módulo Registro	HU 14	Usuario	Quiero ingresar los valores de los parámetros evaluados para obtener el resultado de la evaluación
	HU 15	Usuario	Quiero ingresar información relevante sobre los registros de evaluación de los parámetros tales como ubicación, imágenes y descripción
	HU 16	Usuario	Quiero modificar los datos de un registro previamente generado
	HU 17	Usuario	Quiero eliminar un registro previamente generado
	HU 18	Usuario	Quiero el aplicativo web cuente con un diseño responsive el cual me

			permita acceder a él desde diferentes dispositivos
	HU 19	Usuario	Quiero el aplicativo haga uso de analítica de datos para mostrar información relevante de los registros

En los manuales de usuario y del sistema, anexos al presente trabajo, se encuentra una descripción detallada de todas las funciones de los módulos mencionados además de detallar el diseño y las tecnologías utilizadas para el desarrollo del aplicativo web. Estos manuales son una guía completa que explica cómo opera y cómo se utiliza cada característica y funcionalidad del aplicativo web. Para garantizar seguridad en el aplicativo se definieron 4 roles dentro de este: (super administrador, administrador, gestor y lector), el manual de usuario describe todas las funcionalidades específicas para cada uno de estos roles. Por ejemplo, en el módulo de visualización de resultados, se incluyen instrucciones sobre cómo ver información de parámetros evaluados, generar informes PDF y visualizar gráficos estadísticos. De igual manera en el módulo de usuario, se detallan los pasos para registrarse, iniciar sesión, recuperar contraseña, así como la respectiva gestión de roles según las necesidades de los usuarios. Asimismo, en el módulo de registro, se explican acciones como ingresar valores de parámetros, modificar registros previos, entre otras funcionalidades.

4.4.1.1 Desarrollo API

Teniendo en cuenta que el aplicativo requiere la implementación de la analítica de datos fue necesario construir una API haciendo uso de Flask el cual es un “micro” framework escrito en Python que permitió trabajar con la analítica de datos y realizar los procesos de predicción a partir del modelo. Para lograr esto, la plataforma recibe los parámetros del agua y sus respectivos valores, lleva a cabo los procesos de predicción y retorna el valor esperado. La figura 14 muestra la estructura de carpetas del API

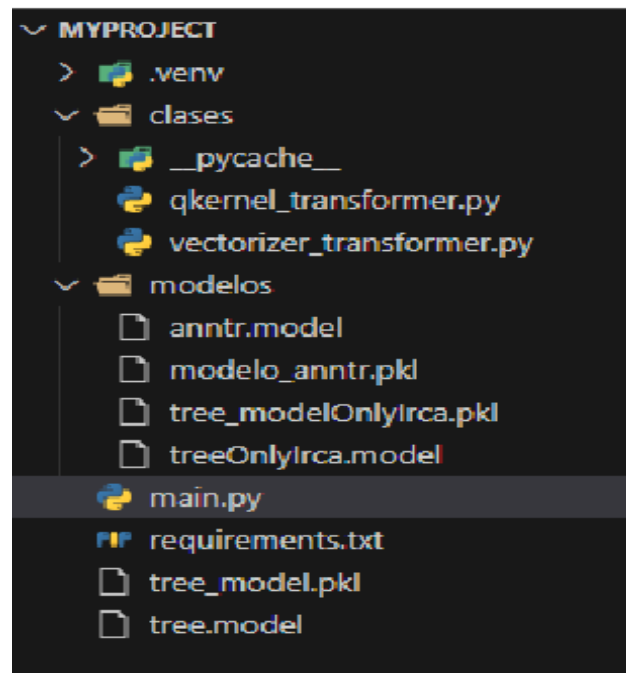


Fig.14 Estructura de carpetas API

Fuente: Esta investigación

Flask implementó dos modelos los cuales trabajan de forma complementaria para realizar el cálculo de calidad de agua frente al índice de calidad IRCA.

4.4.1.2 Prueba de campo API

Una vez se cuenta con la API fue necesario realizar pruebas de campo para confirmar que la predicción a partir de los modelos se está realizando de forma correcta. Para llevar a cabo las pruebas locales arrancamos la API de Flask en el puerto 5000 y se hace uso de una herramienta como POST MAN para realizar solicitudes POST y enviar los datos necesarios, buscando que la respuesta sea la esperada, tal como se ve en la figura 15.

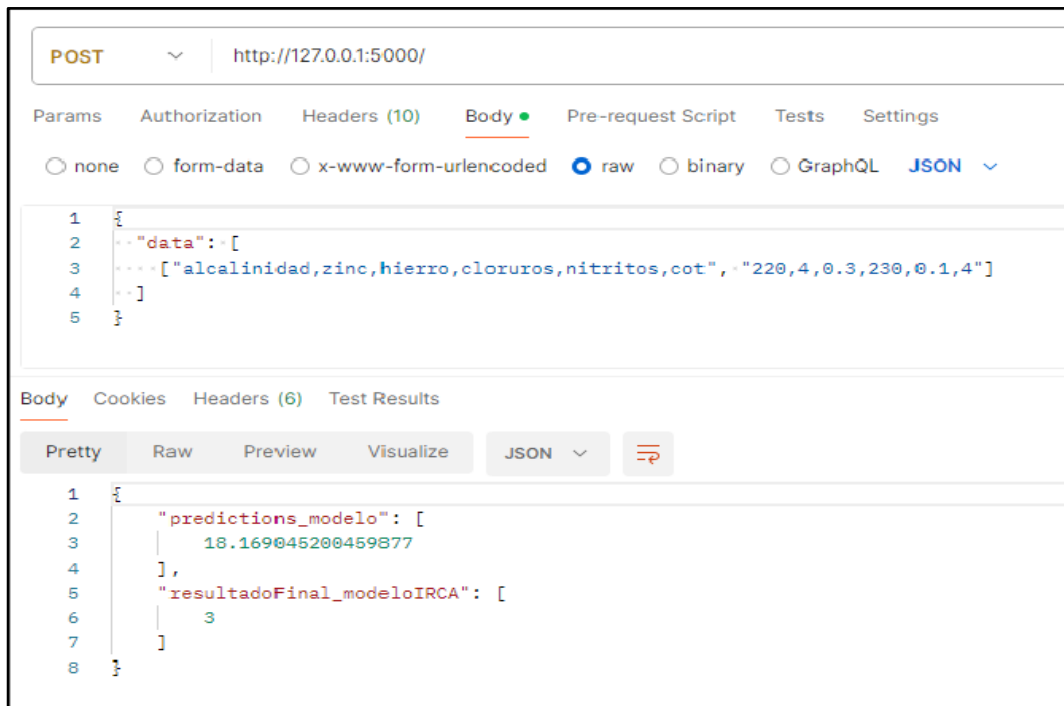


Fig.15 Solicitud POST a puerto 5000

Fuente: Esta investigación

Una vez realizada la prueba local para comprobar el funcionamiento de flask, se trabajó con la herramienta NGROK la cual permite trabajar con un API en un servidor WEB, en la figura 16 se puede ver la herramienta funcionando desde la consola.

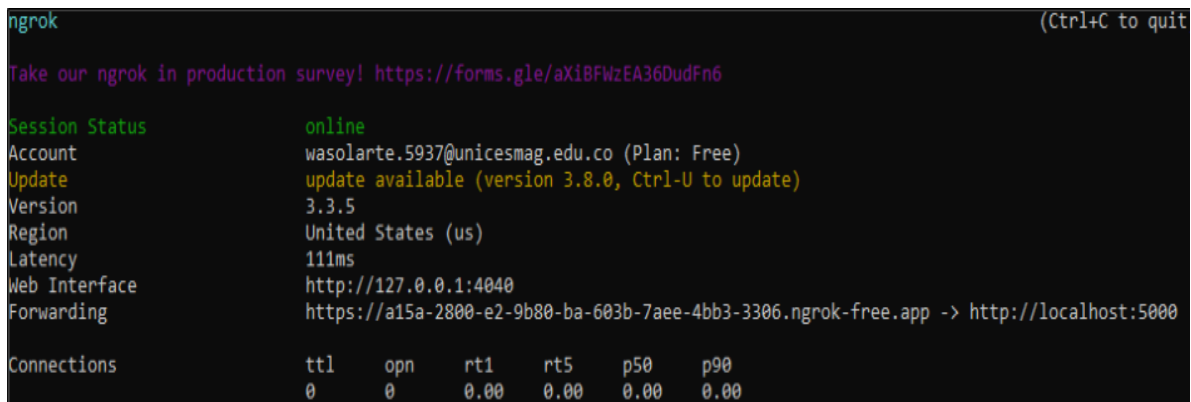


Fig.16 NGROK Funcionando

Fuente: Esta investigación

La herramienta NGROK proporciona un end point el cual puede ser utilizado en el aplicativo web para comprobar que la predicción del índice de calidad IRCA, haciendo uso de flask funciona de forma correcta.

Una vez activo el servidor se ingresa al aplicativo, se diligencia los parámetros evaluados según las necesidades del usuario tal como se muestra en la siguiente imagen, de igual manera se registra la posición geográfica de donde fue tomada la muestra y un registro fotográfico de este punto.

Water Quality Test

Crear Registro

Información General

Añade información sobre los parametros IRCA

TITULO DEL REGISTRO: Registro centro

FECHA DEL REGISTRO: 02/04/2024

DESCRIPCIÓN: Toma de muestras Centro

COLOR APARENTE: 10

TURBIEDAD: Turbiedad

PH: 3

CLORO RESIDUAL: Color Residual Libre

ALCALINIDAD TOTAL: Alcalinidad Total

CALCIO: 65

FOSFATOS: 0.3

MANGANESO: Manganeso

MOLIBDENO: Molibdeno

MAGNESIO

ZINC

DUREZA TOTAL

Fig.17 Formulario de registro de parámetros IRCA

Fuente: Esta investigación

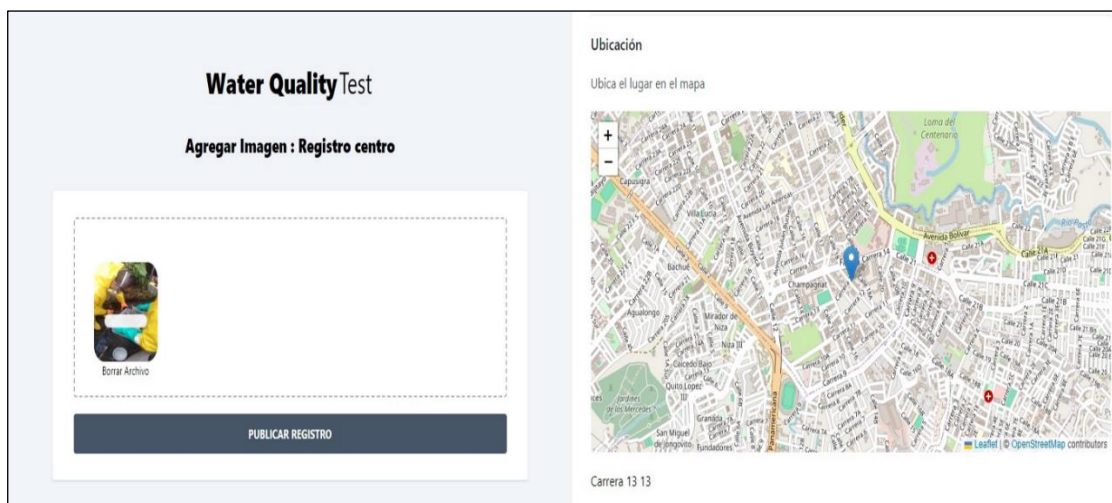


Fig.18 Formulario de registro fotográfico y ubicación IRCA

Fuente: Esta investigación

El formulario realizará las respectivas validaciones y posteriormente se enviarán los parámetros al API en una solicitud POST, la cual haciendo uso del modelo de predicción retornará el valor esperado.



Fig.19 Interfaz de resultados del IRCA

Fuente: Esta investigación

Tal como se muestra en la figura 20, el resultado obtenido y la respuesta 200 permiten comprobar que el proceso se llevó a cabo de manera satisfactoria.



Fig. 20 Solicitud POST con respuesta exitosa

Fuente: Esta investigación

4.4.1.3 Despliegue y Socialización del Aplicativo

Después de contar con todos los elementos necesarios del aplicativo, el día 17 de abril se llevó a cabo el despliegue del aplicativo web con apoyo del docente Gustavo Jurado en el centro internacional de producción limpia LOPE-SENA regional Nariño, durante esta sesión presentamos cada uno de los módulos del aplicativo web y sus funcionalidades con el mismo grupo de estudiantes con el que se realizó la encuesta de recolección de información. Posteriormente, se llevó a cabo una encuesta diseñada para evaluar la funcionalidad y usabilidad del aplicativo web. Los resultados de esta encuesta indicaron una evaluación positiva por parte de los usuarios y los comentarios recibidos en esta sesión reflejaron una satisfacción general con la experiencia de uso y la capacidad del aplicativo para cumplir con sus necesidades y expectativas, por lo que el aplicativo fue bien acogido por el grupo.



Fig.21 Registro fotográfico del despliegue del aplicativo web

Fuente: Esta investigación

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se llevaron a cabo seis etapas de la metodología CRISP-DM. Inicialmente, se realizó una investigación exhaustiva sobre las prácticas de análisis de los parámetros del agua en el SENA mediante encuestas, reuniones y revisión de la normativa ambiental colombiana. Para el desarrollo del modelo, se construyó un conjunto de datos específico y se aplicaron técnicas de analítica de datos y machine learning que permitieron un correcto análisis de los parámetros del agua. Finalmente, se implementó y validó la herramienta propuesta, desplegándose y recopilando comentarios de docentes y estudiantes del SENA. Estas acciones nos permitieron comprender mejor los métodos de análisis existentes, desarrollar una herramienta efectiva y validar su utilidad en el contexto específico del SENA.

5.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TÉCNICAS DE MODELADO APLICADAS PARA CALCULAR EL IRCA

Al aplicar cada una de las técnicas de modelado y determinar el coeficiente de determinación R^2 de cada una, se obtuvieron los siguientes resultados.

TABLA XIV. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MODELADO APLICADAS

TÉCNICA DE MODELADO	Coficiente de determinación R^2 del modelo
Red Neuronal MLP (Multilayer Perceptron)	0.997
Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) como SVR.	0.442
Árbol de decisión (DecisionTreeRegressor).	0.901
Random Forest (RandomForestRegressor).	0.982

Por lo anterior se pudo concluir que para el propósito de construir un modelo que permita calcular el Índice de Riesgo de la calidad del agua (IRCA), tanto la Red Neuronal MLP como el Random Forest serían excelentes opciones debido a su capacidad para explicar la variabilidad en los datos. Sin embargo, se optó por la Red Neuronal MLP ya que su coeficiente de determinación era el que más se acercaba a 1.

5.2 ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD DEL APLICATIVO WEB

Teniendo en cuenta que la funcionalidad de un aplicativo se refiere a todas las características y capacidades que permiten a los usuarios realizar las tareas deseadas de manera efectiva y eficiente, se buscó que los usuarios evaluaran los módulos principales del aplicativo para cumplir con los objetivos propuestos. La tabla XIV muestra los resultados obtenidos en la etapa de despliegue.

TABLA XV. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE FUNCIONALIDAD|

MÓDULO	PREGUNTA	PARÁMETRO	PORCENTAJE	CUMPLE	NO CUMPLE
MÓDULO USUARIO	1. ¿Encontraste alguna dificultad al registrarte en el aplicativo web?	SI	0%	X	
		NO	100%		
MÓDULO REGISTRO DE DATOS	2. ¿Encontraste alguna dificultad al ingresar los valores de los parámetros evaluados?	SI	0%	X	
		NO	100%		
MÓDULO DE VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS	3. ¿Encontraste útil la visualización de la información de los parámetros evaluados?	SI	100%	X	
		NO	0%		
	4. ¿Consideras que la información proporcionada sobre los resultados de la evaluación de los parámetros del agua fue clara y comprensible?	SI	100,00%	X	
		NO	0%		

Los resultados de la tabla sugieren que el aplicativo ha tenido un buen desempeño en términos de funcionalidad en los módulos evaluados. Los usuarios no encontraron dificultades significativas al registrar datos, ingresar valores o visualizar los resultados, y la información presentada fue considerada clara y útil.

5.3 ANÁLISIS DE USABILIDAD DEL APLICATIVO

Entendiendo que la usabilidad es la medida en que un producto o sistema puede ser utilizado por los usuarios para alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y satisfactoria en un contexto específico de uso, se realizó un formulario para evaluar la experiencia del usuario durante la interacción con la interfaz y las funciones del sistema. La tabla XV muestra los resultados obtenidos de esta evaluación.

TABLA XVI. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD

PREGUNTA	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	NEUTRAL	INSATISFECHO	MUY INSATISFECHO
1. ¿Cómo evalúas la facilidad de uso del proceso de inicio de sesión, registro y recuperación de contraseña en el aplicativo web?	54,5%	45,5%	0%	0%	0%
2. ¿Cómo calificas la facilidad de uso al momento de ingresar información relevante sobre los registros de evaluación de los parámetros, como ubicación, imágenes y descripción?	54,5%	45,5%	0%	0%	0%
3. ¿Cómo calificas la facilidad de uso al momento de crear, modificar y eliminar registros?	36,4%	63,6%	0%	0%	0%
4. ¿Qué tan satisfecho estás con la presentación de gráficas estadísticas sobre los niveles de cada parámetro evaluado?	54,5%	36,4%	9,1%	0%	0%
5. ¿Qué tan satisfecho estás con la generación de informes PDF que muestran información relevante sobre el valor de los parámetros del agua y sus resultados?	90,9%	9,1%	0%	0%	0%

La mayoría de los usuarios se encontraron satisfechos o muy satisfechos con la usabilidad y presentación de información en el aplicativo web, lo que sugiere que el diseño y funcionamiento general del aplicativo son efectivos y bien recibidos por los usuarios.

5.4 COMPARACIÓN DE ANTECEDENTES Y RESULTADOS: AVANCES EN LA EVALUACIÓN AUTOMATIZADA DE LA CALIDAD DEL AGUA

En comparación con algunos antecedentes mencionados en la presente investigación que se centran en métodos manuales para evaluar la calidad del agua, el proyecto propone un enfoque automatizado utilizando un aplicativo web. Esto mejora la eficiencia en la recopilación, análisis y presentación de datos.

Siguiendo el ejemplo del tercer antecedente titulado “Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador”, donde se identifican zonas con contaminación y se proponen medidas correctivas, el proyecto podría explorar la integración de funciones que sugieran acciones correctivas basadas en los resultados del análisis de la calidad del agua, teniendo en cuenta que actualmente únicamente se están dando recomendaciones frente a los resultados obtenidos al evaluar los índices.

El antecedente mencionado en la presente investigación titulado “Aplicación de métodos de Índices de Calidad de Agua (ICA) en el río Rímac”, menciona el uso de un software denominado ICATest v1.0 el cual únicamente trabaja con el ICA y no ofrece accesibilidad y compatibilidad con diferentes dispositivos, a diferencia del aplicativo web desarrollado el cual utiliza tecnologías avanzadas como la analítica de datos. El presente proyecto no solo es relevante para el SENA, sino que también tiene el potencial de ser escalable y replicable en otras instituciones o contextos similares. Esto aumenta su valor y relevancia más allá de su aplicación inicial.

5.5 CUMPLIMIENTO DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACION

Basándose en los datos proporcionados y en la hipótesis de investigación planteada, se puede afirmar que los resultados obtenidos respaldan la hipótesis inicial presente en el inciso 2.6.1 del presente trabajo de investigación. La evaluación de funcionalidad y usabilidad del aplicativo web mostró que los usuarios no encontraron dificultades significativas al utilizar la

herramienta y que se sintieron satisfechos con la facilidad de uso y la presentación de información. Esto indica que la gestión de los parámetros del agua a través de la herramienta de información web efectivamente facilita la labor de los estudiantes y docentes encargados de estos procesos. El aplicativo proporciona herramientas intuitivas y funcionalidades específicas que simplifican las tareas de recopilación, análisis e interpretación de datos, lo que se traduce en un proceso más accesible y comprensible para los usuarios.

La implementación de la herramienta web refuerza la seguridad en los resultados obtenidos respecto a la calidad del agua. La estandarización de los procesos, la validación de datos y la generación de informes detallados garantizan la fiabilidad de la información proporcionada, lo que permite una evaluación confiable de la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA.

CONCLUSIONES

- Estudiar la metodología usada actualmente en el análisis e interpretación de los parámetros del agua en el SENA permitió comprender la relevancia en el cumplimiento de las normativas ambientales establecidas en Colombia. La integración de estas normativas en los procesos de evaluación refleja un compromiso con la protección del medio ambiente y la salud pública, pero también resalta la necesidad de una constante adaptación a los avances científicos y tecnológicos.
- Se identificó que algunos parámetros presentan puntajes de riesgo más altos que otros, lo que afecta significativamente al índice de riesgo y de calidad. Dado su impacto considerable en los resultados, estos parámetros deben ser prioritarios a la hora de realizar procesos de evaluación y monitoreo de la calidad del agua.
- Aplicar la metodología CRISP-DM, no solamente permitió una comprensión profunda del contexto del proyecto, sino que también facilitó entender cómo se evalúa la calidad del agua y preparar los datos necesarios para el desarrollo del modelo. Además, las herramientas de recolección de información contribuyeron a la colaboración con la comunidad educativa del área ambiental del SENA, lo que favoreció la correcta aplicación de las dos primeras fases de esta metodología y por ende dar cumplimiento al primer objetivo de la investigación.
- La implementación de rutinas y métodos de machine learning ha demostrado ser efectiva para el análisis e interpretación de los parámetros de agua en el SENA. Fue necesario aplicar una variedad de técnicas y explorar diferentes enfoques para encontrar la mejor manera de predecir los datos y crear un modelo robusto. Esta búsqueda resultó en la construcción de un modelo de predicción eficiente y funcional que arrojó un elevado nivel de exactitud al calcular el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA). A partir de estos resultados, se vislumbran nuevas aplicaciones de la analítica de datos en otros módulos del aplicativo, así como la posibilidad de realizar predicciones más precisas y útiles a

medida que se disponga de una base de datos con suficiente información histórica. Esta expansión no solo mejorará la calidad de los servicios ofrecidos, sino que también proporcionará una visión más profunda y predictiva sobre la calidad del agua en la institución, facilitando una gestión más efectiva y proactiva.

- La validación exitosa de la herramienta propuesta no solo asegura su implementación y uso en los diferentes sistemas de abastecimiento del SENA, sino que también sienta las bases para su escalabilidad y aplicabilidad en otras entidades que trabajan en la evaluación del agua. Al contar con un respaldo sólido de confiabilidad y precisión, este aplicativo puede ser fácilmente adaptado en múltiples sectores y organizaciones. Además, la socialización de la herramienta ha permitido identificar posibles áreas de mejora teniendo en cuenta los comentarios y retroalimentaciones de los usuarios. Este proceso es fundamental para garantizar que la herramienta cumpla con los estándares de calidad y las necesidades específicas del SENA en términos de evaluación de la calidad del agua, lo que contribuye a su continua optimización y adecuación a las demandas del usuario final.

RECOMENDACIONES

- Dado a que la normatividad ambiental en Colombia podría cambiar se sugiere que todas las actualizaciones al aplicativo estén alineadas a esta. Es fundamental garantizar que el aplicativo cumpla con los estándares y regulaciones establecidos para la evaluación y gestión de la calidad del agua en Colombia.
- Se recomienda ampliar el conjunto de datos utilizado en el modelo buscando mejorar su precisión en la estimación del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA). La inclusión de una mayor cantidad de datos en el dataset permitirá al modelo una evaluación más precisa y representativa de la calidad del agua.
- Una vez se cuente con una base de datos robusta alimentada por los usuarios, se recomienda utilizar esta información para construir un nuevo modelo descartando así el uso de datos sintéticos. La incorporación de datos reales proporcionará una representación más precisa de las condiciones ambientales y contribuirá a la fiabilidad y validez de los resultados.
- Teniendo en cuenta que el proceso de toma de muestras de agua se lleva a cabo en vertientes, cuerpos de agua y diferentes sistemas de abastecimiento. Se sugiere la exploración y adopción de tecnologías emergentes, como sistemas de información geográfica (SIG), con el fin de mejorar la eficiencia y precisión de los análisis, permitiendo una gestión más proactiva y basada en datos de la calidad del agua en tiempo real.
- Se recomienda explorar y desarrollar nuevos módulos que integren análisis de datos avanzados para funciones como predicciones y detección de patrones. La implementación de herramientas de análisis de datos adicionales podría brindar una mayor profundidad y valor al aplicativo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. L. B. Pozas, «CIO,» 02 12 2021. [En línea]. Available: <https://cio.com.mx/que-es-la-analitica-de-datos-analizar-y-gestionar-datos-para-tomar-decisiones/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [2] O. Peña, «Poliverso,» 16 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.poli.edu.co/blog/poliverso/analitica-de-datos>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [3] I. Dorantes, «ERP soluciones,» 2021. [En línea]. Available: <https://erpsol.com.mx/2022/06/02/analisis-de-datos/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [4] F. V. F. A. J. D. Claudio Aracena, «Science Direct,» 6 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864022001195>. [Último acceso: 30 Abril 2024].
- [5] J. P.-H. R. P.-U. J. L. M.-N. Urledys Hernández-Álvarez, «SciElo,» 21 04 2021. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262021000100024#:~:text=Registros%20obtenidos%20por%20el%20Ministerio,Cali%20y%20Sogamoso%2C%20donde%20la. [Último acceso: 01 05 2023].
- [6] M. E. J. H. H. X. P. S. Ana de las Mercedes Grijalva Endara, «ReciMundo,» 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/883>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [7] S. L. Hinrichsen, «TUASAUDE,» 02 2023. [En línea]. Available: <https://www.tuasaude.com/es/consecuencias-de-beber-agua-contaminada/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [8] «InduAnálisis,» 08 02 2019. [En línea]. Available: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/importancia_de_la_calidad_del_agua__15. [Último acceso: 01 05 2023].
- [9] J. F. A. Corro, «CIBERTESIS,» 2019. [En línea]. Available: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12169>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [10] J. G.-G. M. S. G. L. C. B. D. C.-V. Joffre Quinteros Carabalí, «Universidad central del Ecuador,» 11 03 2019. [En línea]. Available:

- <https://www.redalyc.org/journal/6538/653869484005/html/#:~:text=Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de,h%C3%ADdrico%20de%20la%20quebrada%20Togllahuayo&text=Resumen%3A%20El%20agua%20utilizada%20para,el%20deterioro%20qu%C3%ADmico%20del%20suelo..> [Último acceso: 01 05 2023].
- [11] M. O.-O. R. S.-R. M. C. J. García-González, «Universidad politecnica de valencia,» 30 04 2021. [En línea]. Available: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/13921/13774>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [12] A. D. Arévalo Junco, «Universidad Piloto de Colombia,» 11 01 2019. [En línea]. Available: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4769>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [13] L. C. R. M. J. A. E. E. Rafael Fernando Oyaga Martínez, «SEXTANTE,» 21 10 2018. [En línea]. Available: <https://sextante-ensb.com/index.php/inicio/article/view/64>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [14] J. C. Alejandro Camargo, «SCIELO,» 09 2019. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0486-65252019000100007. [Último acceso: 01 05 2023].
- [15] J. Cuadra, «EcologíaVerde,» 12 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/importancia-del-agua-para-el-planeta-y-el-ser-humano-179.html>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [16] F. M. L. R.-M. M. S. d. P. I. V. L. A. M. Jordi Salas-Salvadó, «SCIELO,» 04 04 2021. [En línea]. Available: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112020000700026&script=sci_arttext&tlng=pt. [Último acceso: 01 05 2023].
- [17] C. A. S. Ramírez, «Google libros,» 2021. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=definici%C3%B3n+calidad+del+agua&ots=cd1MTjYIei&sig=wq5wTdtDLIGNZtCwwhKSANDL7s#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20calidad%20del%20agua&f=false>. [Último acceso: 01 05 2023].

- [18] G. d. Colombia, «Gobierno de Colombia,» 09 05 2007. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [19] «E-LAB,» [En línea]. Available: <https://agqlabs.es/tienda/2020/09/02/la-calidad-del-agua-y-su-importancia/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [20] «Sedapar,» 28 04 2023. [En línea]. Available: <https://www.sedapar.com.pe/portal-maestro/el-agua-y-la-vida/el-agua-en-nuestro-cuerpo/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [21] V. Y. D. T. Y. M. D. P. S. MINISTERIO DE AMBIENTE, «Ministerio de vivienda ciudad y territorio,» 22 06 2007. [En línea]. Available: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [22] F. y. n. d. C. SA, «Blog fibras y normas,» 2023. [En línea]. Available: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/procesos-de-aguas-residuales-ptar-definicion-tipos-etapas-del-proceso-conclusiones/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [23] «BiaLab,» 05 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.bialab.co/publicaciones/actualidad/analisis-de-agua-en-que-consiste-y-para-que-sirve>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [24] «Insumos ambientales SA,» 2023. [En línea]. Available: https://www.insumosambientales.com/plantas-de-tratamiento-de-agua-ptar-y-ptap/?gclid=EAIaIQobChMIvcT01_vS_gIVvPvjBx0-qQuQEAMYASAAEgKVQPD_BwE. [Último acceso: 01 05 2023].
- [25] N. N. P. Luis Ernesto Alférez Rivas, «Revista: Caribeña de Ciencias Sociales,» 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [26] O. M. ROJAS DEUDOR, «UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN,» 2018. [En línea]. Available: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/529/1/T026_72554099_T.pdf. [Último acceso: 01 05 2023].

- [27] S. M. L. BRANGO, «Universidad de Cordoba,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4562/lopezbrangosol-paterninauriberberth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [28] C. D. S. Garzón, «Universidad Cooperativa de Colombia,» 2019. [En línea]. Available: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/db3397fb-ba1c-49cd-8f36-6bf8227b6542/content>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [29] Wilmar, «PureWater,» 01 05 2023. [En línea]. Available: <https://purewater.com.co/interpretacion-analisis-de-agua/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [30] «Hach,» 2023. [En línea]. Available: <https://es.hach.com/parameters/solids>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [31] «InduAnálisis,» 04 06 2019. [En línea]. Available: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31. [Último acceso: 01 05 2023].
- [32] V. H. A. R. H. M. P. L. G. L. R. Milton Fabián Herrera Herrera, «ReciMundo,» 03 2020. [En línea]. Available: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/745>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [33] «GOV.CO,» [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20calidad%20de%20Agua,humano%20independiente%20de%20su%20uso>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [34] J. L. V. Solórzano, «Mundo recursivo,» 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.atlantic.edu.ec/ojs/index.php/mundor/article/view/38>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [35] Y. P. Sarmiento, «GoConqr,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.goconqr.com/es/mapamental/3911637/metodo-empirico-analitico>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [36] KeepCoding, «KEEPCODING,» 07 11 2022. [En línea]. Available: <https://keepcoding.io/blog/que-es-clustering-o-agrupamiento/>. [Último acceso: 03 05 2023].

- [37] M. Sotaquirá, «CodificandoBits,» 16 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.codificandobits.com/blog/regresion-lineal/>. [Último acceso: 03 06 2023].
- [38] Singular, «Singular,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.sngular.com/es/data-science-crisp-dm-metodologia/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [39] «El mundo de la metodología,» 19 01 2016. [En línea]. Available: <http://elmundodelametodologia19.blogspot.com/2016/01/tipos-de-investigacion.html>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [40] «Tesis y masters,» 2023. [En línea]. Available: <https://tesisymasters.com.co/diseno-experimental/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [41] «QuestionPro,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [42] F. Machuca, «crehana,» 06 06 2022. [En línea]. Available: <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/tecnicas-recoleccion-de-datos/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [43] L. & C. A. F. A. Reyes-Ruiz, «Bonga,» 2020. [En línea]. Available: <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6630/La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20para%20la%20compresi%C3%B3n%20ontol%C3%B3gica%20del%20objeto%20de%20estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [44] J. E. García, «SciElo,» 11 22 2021. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-63882020000300079&script=sci_arttext. [Último acceso: 01 05 2023].
- [45] W. A. B. Q. É. P. María Cristina Useche, «Universidad de la guajira,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [46] M. Narvaez, «QuestionPro,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-validez-y-confiabilidad-en-la-investigacion/>. [Último acceso: 01 05 2023].

- [47] H. M. G. J. N. S. G. M. A. E. Miguel Ángel Villasís, «Revista alegría,» 2018. [En línea]. Available: <https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/560/977>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [48] M. A. M. y. L. Finkel, «Universidad Complutense,» 04 02 2020. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/58785/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [49] J. E. S. Diaz, «QuestionPro,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/7-puntos-importantes-que-debe-considerar-en-el-diseno-de-encuestas/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [50] IDEAM, «Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua,» Bogota DC, 2011.
- [51] J. C. G. G. S. A. A. V. Karol J. Briñez A, «Revista de ingeniería,» 01 01 2020. [En línea]. Available: <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7489>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [52] Nestle, «Aquaefundación,» 12 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.fundacionaquaefundacion.org/wiki/importancia-del-agua/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [53] Y. H. Trujillo, «Mérieux NutriSciences,» 01 01 2022. [En línea]. Available: <https://www.merieuxnutrisciences.com/na/es/importancia-calidad-del-agua/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [54] M. A. M. y. L. Finkel, «Universidad Complutense,» 04 02 2020. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/58785/>. [Último acceso: 01 05 2023].
- [55] P. Haya, «Instituto de ingeniería del conocimiento (iic),» 29 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.iic.uam.es/innovacion/metodologia-crisp-dm-ciencia-de-datos/>. [Último acceso: 3 Marzo 2024].

ANEXOS

ANEXO 1 Cuestionario-Google Forms. Encuesta de recolección de información.

ENCUESTA DE EVALUACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE APLICATIVO WEB EN EL SENA

¡Bienvenido/a a nuestra encuesta sobre la implementación de un aplicativo web diseñado para facilitar el registro y manejo de los datos recolectados en los trabajos de Monitoreo y caracterización de la calidad del agua en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Este proyecto tiene como objetivo optimizar los procesos de toma de muestras y análisis de calidad del agua, asegurando su conformidad con la normativa sanitaria y ambiental establecida en Colombia. La implementación de este aplicativo busca mejorar la eficiencia y precisión en las actividades relacionadas con el muestreo y análisis de la calidad de agua, beneficiando tanto a docentes como a estudiantes.

Preguntas de información personal

1. Nombre *

Dirección de correo electrónico

2. ¿Cuál es su rol en el SENA? *

Marca solo un óvalo.

- Docente
- Estudiante
- Otro:

3. Área de especialización *

Marca solo un óvalo.

- Toma de muestras
 - Procesamiento de muestras
 - Ambas
 - Estudiante
 - Otro:
-

Preguntas sobre procesos actuales

5. ¿Cómo se procesan los datos obtenidos en la toma de muestras de agua? *

Marca solo un óvalo.

- Manualmente
 - Utilizando herramientas automatizadas
 - No estoy involucrado/a en este proceso
 - Otro:
-

6. ¿Cómo procesan los datos obtenidos en laboratorio? *

Marca solo un óvalo.

- Manualmente en Excel
- Utilizando un software especializado
- No estoy involucrado/a en este proceso

Otro:

7. ¿Cuáles son los principales desafíos a los que se enfrenta al realizar estos procesos de manera manual?

Preguntas sobre el aplicativo propuesto

8. ¿Qué funcionalidades consideras más importantes para el aplicativo propuesto? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Registro de usuarios
- Asignación de roles
- Ingreso de parámetros de muestra
- Cálculo automático de IRCA e ICA
- Generación de gráficas estadísticas
- Visualización de ubicaciones en mapas

Otro:

9. ¿Cómo crees que el aplicativo podría mejorar los procesos actuales? *

10. ¿Qué tipo de información adicional te gustaría ver en las visualizaciones y reportes del aplicativo?

Preguntas sobre adaptación y retroalimentación del aplicativo

11. ¿Estarías dispuesto/a participar en pruebas piloto del aplicativo y proporcionar retroalimentación? *

Marca solo un óvalo.

- SI
 NO

12. ¿Cómo te gustaría proporcionar retroalimentación para asegurar que los usuarios se adapten fácilmente a la nueva plataforma?

Selecciona todos los que correspondan.

- Sesiones de retroalimentación regulares presenciales
 Sesiones de retroalimentación regulares de manera remota (Virtual)
 Formularios de retroalimentación
 Otro:

-
13. ¿Considera que la retroalimentación continua con los usuarios es crucial para la mejora constante del aplicativo web? ¿Por qué?
-
-

¡Muchas Gracias!

Tu participación es fundamental para entender tus perspectivas, necesidades y expectativas en relación con la automatización de estos procesos y así ayudarnos a diseñar un aplicativo que se adapte a las necesidades reales de la comunidad del SENA.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

ANEXO 2. Registro fotográfico de las sesiones con estudiantes y docentes del SENA.



ANEXO 3. Carta de autorización dirigida al docente Gustavo Jurado para trabajar con datos sintéticos.



San Juan de Pasto, 27 de septiembre de 2023

Docente:
GUSTAVO ADOLFO JURADO CHAVEZ

Saludo de paz y bien,

Por medio del presente expresamos nuestro compromiso y dedicación en el desarrollo del proyecto de investigación titulado "Gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante una herramienta de información web".

Actualmente estamos desarrollando un aplicativo de análisis de datos relacionados con la calidad del agua, específicamente para calcular el Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA). Para llevar a cabo este proyecto de manera efectiva, estamos utilizando datos sintéticos en lugar de datos reales. Estos datos sintéticos se basan en parámetros del agua y se generan artificialmente para simular situaciones del mundo real. La razón detrás de esto es que no disponemos de datos reales de parámetros para evaluar la calidad de agua para realizar nuestras pruebas y análisis.

Dado su conocimiento y experiencia en la toma de muestras de agua, consideramos que su autorización y respaldo para el uso de estos datos sintéticos son esenciales para avanzar en nuestro proyecto. Estamos comprometidos a garantizar la precisión y la validez de los resultados que obtendremos a partir de estos datos sintéticos. Por lo tanto, le solicitamos su autorización para utilizar los datos sintéticos en nuestro aplicativo y llevar a cabo el análisis de datos con fines académicos. Su apoyo sería de gran valor para nuestro proyecto, y su firma en este documento indicaría su aprobación.

Agradecemos de antemano su atención y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Santiago Esteban Botina Arciniegas
C.C. 1.010.093.252 Pasto, Nariño
Estudiante programa de ingeniería de sistemas

William Andrés Solarte Arturo
C.C. 1.005.265.937 Pasto, Nariño
Estudiante programa de ingeniería de sistemas

Gustavo Adolfo Jurado Chávez
Docente asesor del proyecto

ANEXO 4. Cuestionario-Google Forms.Encuesta de satisfacción de la funcionalidad y usabilidad del aplicativo.

ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL APLICATIVO WEB: WaterTest

¡Bienvenido/a a nuestra encuesta para evaluar nuestro aplicativo web diseñado para facilitar el registro y manejo de los datos recolectados en los trabajos de Monitoreo y caracterización de la calidad del agua en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Gracias por utilizar nuestro aplicativo. Queremos conocer tu opinión sobre tu experiencia de uso y las funcionalidades que ofrece. Por favor, tómate unos minutos para completar esta encuesta. Tu opinión es muy valiosa para nosotros y nos ayudará a mejorar nuestro servicio.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Preguntas de información personal

1. Nombre *

2. Dirección de correo electrónico

3. ¿Cuál es su rol en el SENA? *

Marca solo un óvalo.

Docente

Estudiante

Otro:

4. Área de especialización *

Marca solo un óvalo.

- Toma de muestras
- Procesamiento de muestras
- Ambas
- Estudiante
- Otro:
-

MÓDULO USUARIO

5. ¿Encontraste alguna dificultad al registrarte en el aplicativo web? *

Marca solo un óvalo.

- SI
- NO

6. ¿Cómo evalúas la facilidad de uso del proceso de inicio de sesión, registro y * recuperación de contraseña en el aplicativo web?

Marca solo un óvalo.

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

MÓDULO REGISTRO DE DATOS

7. ¿Encontraste alguna dificultad al ingresar los valores de los parámetros evaluados? *

Marca solo un óvalo.

- SI
- NO

8. ¿Cómo calificas la facilidad de uso al momento de ingresar información relevante * sobre los registros de evaluación de los parámetros, como ubicación, imágenes y descripción?

Marca solo un óvalo.

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

9. ¿Cómo calificas la facilidad de uso al momento de crear, modificar y eliminar * registros?

Marca solo un óvalo.

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

MÓDULO VISUALIZACIÓN Y RESULTADOS

10. ¿Encontraste útil la visualización de la información de los parámetros evaluados? *

Marca solo un óvalo.

- SI
- NO

11. ¿Qué tan satisfecho estás con la presentación de gráficas estadísticas sobre los * niveles de cada parámetro evaluado?

Marca solo un óvalo.

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

12. ¿Consideras que la información proporcionada sobre los resultados de la * evaluación de los parámetros del agua fue clara y comprensible?

Marca solo un óvalo.

SI

NO

13. ¿Qué tan satisfecho estás con la generación de informes PDF que muestran * información relevante sobre el valor de los parámetros del agua y sus resultados?

Marca solo un óvalo.

Muy útil

Útil

Neutral

Poco útil

Nada útil

¡Muchas Gracias!

Tu participación es fundamental para entender tus perspectivas, necesidades y expectativas con respecto a la automatización de estos procesos. Nos ayudará a implementar mejoras en el diseño y funcionalidad del aplicativo, asegurando que satisfaga las necesidades reales de la comunidad del SENA y mejore su experiencia en el uso del aplicativo web.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

ANEXO 5. Carta de conformidad y aprobación del aplicativo propuesto dirigida al docente Gustavo Jurado.



San Juan de Pasto, 19 de abril de 2024

Docente:
GUSTAVO ADOLFO JURADO CHAVEZ

Cordial saludo,


La presente carta se dirige a usted por parte de los estudiantes investigadores Santiago Esteban Botina Arciniegas y William Andres Solarte Arturo quienes desarrollaron el aplicativo web "Water Quality Test" diseñado para sistematizar los procesos de evaluación de calidad del agua en los índices ICA e IRCA. Como parte integral del proyecto de investigación, se llevó a cabo una socialización de la versión 1.0 del aplicativo el día 17 de abril de 2024, en la cual participaron los estudiantes del área ambiental del SENA, así como el docente Gustavo Jurado.

Se agradece sinceramente el apoyo continuo del docente Gustavo Jurado durante el proceso de desarrollo de esta herramienta. Su experiencia y conocimiento han contribuido significativamente a mejorar la funcionalidad y utilidad del aplicativo.

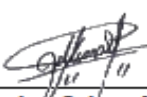
En este sentido, como parte de los requisitos del proyecto de investigación, se solicita la firma del docente Gustavo Jurado en esta carta como muestra de su conformidad y aprobación del aplicativo propuesto. Su aval será de gran importancia para respaldar la validez del trabajo realizado. La firma de aceptación del docente avala al aplicativo, reconociendo que se trata de una primera versión sujeta a posibles ajustes y mejoras en el futuro.

Se agradece de antemano el tiempo y la colaboración del docente Gustavo Jurado en este asunto. Quedamos a disposición para cualquier consulta adicional que pueda surgir.

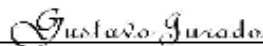
Atentamente,



Santiago Esteban Botina Arciniegas
C.C. 1.010.093.252 Pasto, Nariño
Estudiante programa de ingeniería de sistemas



William Andres Solarte Arturo
C.C. 1.085.265.937 Pasto, Nariño
Estudiante programa de ingeniería de sistemas



Gustavo Adolfo Jurado Chávez
Docente asesor del proyecto

ANEXO 6. Manual del sistema del aplicativo Water Quality Test.



Water Quality Test / Manual del Sistema

William Solarte
Santiago Botina
Héctor Mora
Jorge Rivera

Contenido

Introducción	123
1. Aplicativo Water Quality Test	124
2. Marco del proyecto	125
3. Metodología de diseño	127
4. Desarrollo del sistema de información	129
5. Diagrama arquitectónico	130
6. Diagrama de clases	132
7. Diagrama entidad relación	133
8. Base de datos	135
9. Gestión de roles	135
10. Componentes técnicos	135
11. Desarrollo API	136
12. Prueba de campo API	137
13. Procesos	139
Gestión de registros	139
Referencias	151

Lista de figuras

Figura 1 Arquitectura	11
Figura 2 Capas	12
Figura 3 Flujo de procesos en el uso de Water Quality Test	13
Figura 4 Diagrama de clases	14
Figura 5 Diagrama entidad relación	15
Figura 6 Tabla de herramientas	17
Figura 7 Estructura de carpetas	18
Figura 8 Flask iniciando	18
Figura 9 Solicitud POST a puerto 5000	19
Figura 10 NGROK funcionando	20
Figura 11 Gestión de registros IRCA e ICA	21
Figura 12 Creación de registros	22
Figura 13 Formulario IRCA sección A	22
Figura 14 Formulario IRCA sección B.....	23
Figura 15 Formulario IRCA sección C	23
Figura 16 Formulario IRCA sección final	24
Figura 17 Formulario ICA	24
Figura 18 Formulario ICA sección final	25
Figura 19 Datos de registro seleccionado sección A	26
Figura 20 Tabla de clasificación del IRCA	26
Figura 21 Graficas estadísticas de parámetros IRCA	27
Figura 22 Datos registro ICA sección A	28
Figura 23 Datos registro ICA sección B	28
Figura 24 Gráficas estadísticas de parámetros ICA	29
Figura 25 Edición y eliminación de registros	29
Figura 26 DASHBOARD IRCA sección A	30
Figura 27 DASBOARD IRCA sección B	31
Figura 28 DASHBOARD ICA	31

Introducción

Water Quality Test, es un sistema de información que funciona en recursos remotos. Permite hacer gestión y seguimiento de los módulos que intervienen en el cálculo de la calidad del agua mediante el uso de los índices de calidad IRCA e ICA. Se definieron variables y parámetros a los cuales se les aplican diferentes fórmulas para determinar un resultado óptimo. La aplicación presenta diferentes componentes y módulos que presentan la información sobre los parámetros, registros e índices de calidad de forma clara. La herramienta vincula a las partes: Super administrador, administrador gestor y lector.

Cada uno de estos actores tiene su Rol determinado dentro de la herramienta informática, permitiendo que de manera muy dinámica y fácil cada actor vinculado al aplicativo, pueda saber el estado de los registros que se han llevado a cabo, podrá visualizar el monitoreo de los parámetros, así mismo, acceder a la información de los registros. El rol de Super administrador y administrador permiten la gestión de los usuarios.

La plataforma está diseñada para estudiantes, docentes, investigadores y usuarios del área ambiental interesados en la evaluación de la calidad del agua mediante los índices de calidad IRCA e ICA, igualmente para los sectores académicos interesados en proyectos de investigación con enfoques similares.

Este documento describe el diseño, la metodología de desarrollo, las tecnologías utilizadas y la implementación del aplicativo Water Quality Test.

Los Autores de esta producción de software, a saber: Santiago Botina, William Solarte, Héctor Mora, Jorge Rivera.

1. Aplicativo Water Quality Test

Water Quality Test es una herramienta integral desarrollada para la gestión y evaluación en los procesos para determinar la calidad del agua, diseñada para la comunidad educativa del SENA, incluyendo estudiantes, docentes e ingenieros ambientales. Este aplicativo web ha sido creado con el propósito de modernizar, sistematizar y optimizar los procesos previamente manuales, como el registro y análisis de parámetros que intervienen en determinar la calidad del agua, en el desarrollo de este sistema, se abarcó todo el proceso que va desde la fase de investigación previa, como fue: el estudio analítico en el desarrollo de los procesos del cálculo de la calidad del agua, el soporte del sistema pasando por el diseño, la arquitectura, el desarrollo, y la fase de pruebas.

Water Quality Test abarca todas las fases del proyecto, desde la consultoría inicial hasta la implementación final del sistema. Durante el desarrollo, se han empleado metodologías ágiles y modernas para garantizar la eficiencia y calidad del producto.

El sistema consta de módulos específicos para la gestión de datos, incluyendo el registro de parámetros de calidad del agua, localización geográfica de las muestras, registros fotográficos y generación de informes en formato PDF.

El objetivo principal de Water Quality Test es optimizar los procesos y ofrecer un servicio de alta calidad al momento de la recolección y representación de los datos relacionados con la calidad del agua.

En el desarrollo de Water Quality Test se han utilizado técnicas y herramientas que permiten la ejecución de procesos para cumplir con los objetivos propuestos. Se ha dado especial énfasis a la selección de la metodología de diseño de software adecuada, garantizando la compatibilidad con sistemas externos y la obtención de resultados óptimos.

2. Marco del proyecto

Water Quality Test, es una aplicación que permite gestionar la información necesaria para el cálculo de la calidad del agua mediante los índices de calidad IRCA e ICA, Cuenta con tecnologías robustas que le permiten llevar a cabo los diferentes procesos necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto. A continuación, se presenta una descripción breve de las tecnologías más relevantes utilizadas en el desarrollo.

Pug: El proyecto implementa para sus vistas el motor de plantillas Pug la cual es de Node.js y permite al aplicativo contar con una sintaxis simplificada y legible que permite escribir código HTML de manera más concisa y clara lo que reduce significativamente la cantidad de código necesario para representar una página web o una interfaz de usuario. [1]

Windows: Para la construcción del aplicativo y sus características se hizo uso del sistema operativo Windows 10 el cual garantiza una amplia compatibilidad con una gran variedad de hardware y software lo que facilita la integración con otros sistemas y herramientas utilizadas en el proyecto. [2]

JWT: Un JWT es un estándar para la autenticación y el intercambio de información. Es posible almacenar objetos JSON de forma segura y compacta. Este token es un código Base64 y se puede firmar con un par de claves secretas o privadas/públicas. Esta herramienta proporciona un método seguro para la autenticación y autorización de usuarios. Utiliza algoritmos de firma digital para verificar la integridad de los datos y garantizar que no hayan sido alterados por terceros. [3]

Nodejs (Express): Esta herramienta es un entorno que trabaja en tiempo de ejecución, de código abierto, multiplataforma, que permite crear toda clase de herramientas de lado servidor y aplicaciones en JavaScript. Esta herramienta utiliza JavaScript tanto en el lado del servidor como en el del cliente. Esto nos permite utilizar un lenguaje de programación coherente en toda la aplicación, lo que simplifica el desarrollo y la mantenibilidad del código.

Express es el framework web que proporciona mecanismos para Escritura de manejadores de peticiones con diferentes verbos HTTP en diferentes caminos, Integración con motores de renderización de "vistas" para generar respuestas mediante la introducción de datos en plantillas y demás. El trabajar con estas tecnologías proporciona una base sólida para el desarrollo de la aplicación y permite que sea escalable y mantenible. [4]

Sequelize: Sequelize es un ORM para Node.js que soporta múltiples bases de datos se utiliza para asignar datos relacionales, como (tablas, columnas y filas) a objetos JS. Esta herramienta permite realizar el modelado de datos mediante la definición de modelos JavaScript que representan las tablas de la base de datos. Permite definir relaciones entre los modelos y realizar operaciones CRUD (Crear, Leer, Actualizar, Eliminar) de manera intuitiva y expresiva. [5]

Flask: Flask es un “micro” Framework escrito en Python y concebido para facilitar el desarrollo, Además ofrece las herramientas necesarias para construir una aplicación web o una API, lo que resulta en un código limpio y fácil de entender. Flask permite integrar la funcionalidad del modelo de predicción del índice de calidad del agua IRCA de forma eficiente y es fácil de implementar. [6]

MySQL: Encontramos en esta herramienta al sistema de gestión de bases de datos relacional más extendido en la actualidad el cual está basado en código abierto. MySQL es altamente escalable y puede manejar grandes volúmenes de datos y un alto número de conexiones concurrentes. Esto lo hace adecuado para aplicaciones que necesitan crecer y adaptarse a medida que aumenta la carga de trabajo tal como el presente proyecto. El contar con esta herramienta ofrece seguridad en la información y en la gestión de los datos del aplicativo al tiempo que permite la escalabilidad del mismo teniendo en cuenta que va dirigido a un amplio número de usuarios. [7]

3. Metodología de diseño

En el desarrollo de nuestro sistema, hemos empleado dos metodologías principales: CRISPDm y Scrum. Estas metodologías se basan en enfoques ágiles que permiten la planificación y desarrollo eficiente del software, así como la gestión efectiva de proyectos de analítica de datos y desarrollo de aplicaciones web.

CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) fue utilizada específicamente para la fase de analítica de datos, modelado y predicción de índices de calidad del agua. Esta metodología proporciona un marco estructurado que guía el proceso de minería de datos desde la comprensión del negocio y los datos hasta la evaluación y despliegue del modelo predictivo. Algunas razones por las cuales optamos por CRISP-DM incluyen:

- **Estructura Organizada:** CRISP-DM proporciona una estructura clara y organizada para abordar problemas de minería de datos, lo que nos permitió realizar un análisis sistemático de los datos y generar insights significativos para la predicción de índices de calidad del agua.
- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Esta metodología es altamente flexible y puede adaptarse a diferentes tipos de proyectos y requisitos específicos del negocio. Nos permitió adaptar y ajustar el proceso según las necesidades cambiantes del proyecto y los datos disponibles.
- **Enfoque Iterativo:** CRISP-DM promueve un enfoque iterativo en el desarrollo del modelo predictivo, lo que nos permitió realizar múltiples iteraciones de análisis de datos, modelado y evaluación para mejorar continuamente la precisión y el rendimiento del modelo.
- **Colaboración Interdisciplinaria:** CRISP-DM fomenta la colaboración entre diferentes equipos y áreas de expertise, incluyendo expertos en dominio del agua, científicos de datos y desarrolladores de software. Esto permitió una integración efectiva de conocimientos y habilidades diversas para abordar los desafíos del proyecto.

SCRUM, fue empleada para la creación general del aplicativo web Water Quality Test, con el objetivo de asegurar un desarrollo ágil y colaborativo. Algunas razones para elegir Scrum incluyen:

- Trabajo en Equipo: Scrum permite el trabajo en equipo y la colaboración entre los diferentes roles involucrados en el proyecto, incluyendo desarrolladores, diseñadores, y stakeholders. Esto facilitó una comunicación efectiva y una gestión transparente del progreso del proyecto.
- Adaptabilidad al Cambio: Scrum es altamente adaptable al cambio, lo que nos permitió responder de manera ágil a los requisitos cambiantes del proyecto y a los feedbacks de los usuarios.
- Entregas Incrementales: Scrum se basa en entregas incrementales y regulares de funcionalidades, lo que nos permitió obtener retroalimentación temprana de los usuarios y clientes, y ajustar el desarrollo en consecuencia.
- Transparencia y Visibilidad: Scrum proporciona una estructura transparente y visible para el desarrollo del proyecto, a través de reuniones diarias (Daily Scrums), revisiones de sprint y retrospectivas. Esto permitió una mayor visibilidad del progreso del equipo y una identificación rápida de los problemas.

La combinación de CRISP-DM y Scrum nos permitió abordar de manera efectiva tanto la fase de analítica de datos como el desarrollo del aplicativo web, garantizando un enfoque estructurado, colaborativo y ágil en todas las etapas del proyecto.

4. Desarrollo del sistema de información

Durante el proceso de desarrollo del sistema de información Water Quality Test, se llevaron a cabo las siguientes actividades para garantizar su funcionalidad y eficiencia:

- **API de recepción de datos y predicción:**
Se desarrolló una plataforma web utilizando Flask para la recepción y predicción frente al índice de calidad del agua IRCA. Esta plataforma recibe los parámetros del agua y sus respectivos valores, lleva a cabo los procesos de predicción y retorna el valor esperado.
- **Sistema de registro y almacenamiento seguro:**
El sistema permite la gestión de usuarios, procesos de análisis y almacenamiento de información. Se trabaja con herramientas que permiten el intercambio de datos entre la base de datos y el aplicativo, garantizando que la información cuente con la seguridad esperada.

5. Diagrama arquitectónico

Arquitectura

Teniendo en cuenta las herramientas que se usan, la relación entre las mismas y los componentes que conformarían el sistema se presenta el diagrama arquitectónico en la Figura 1.

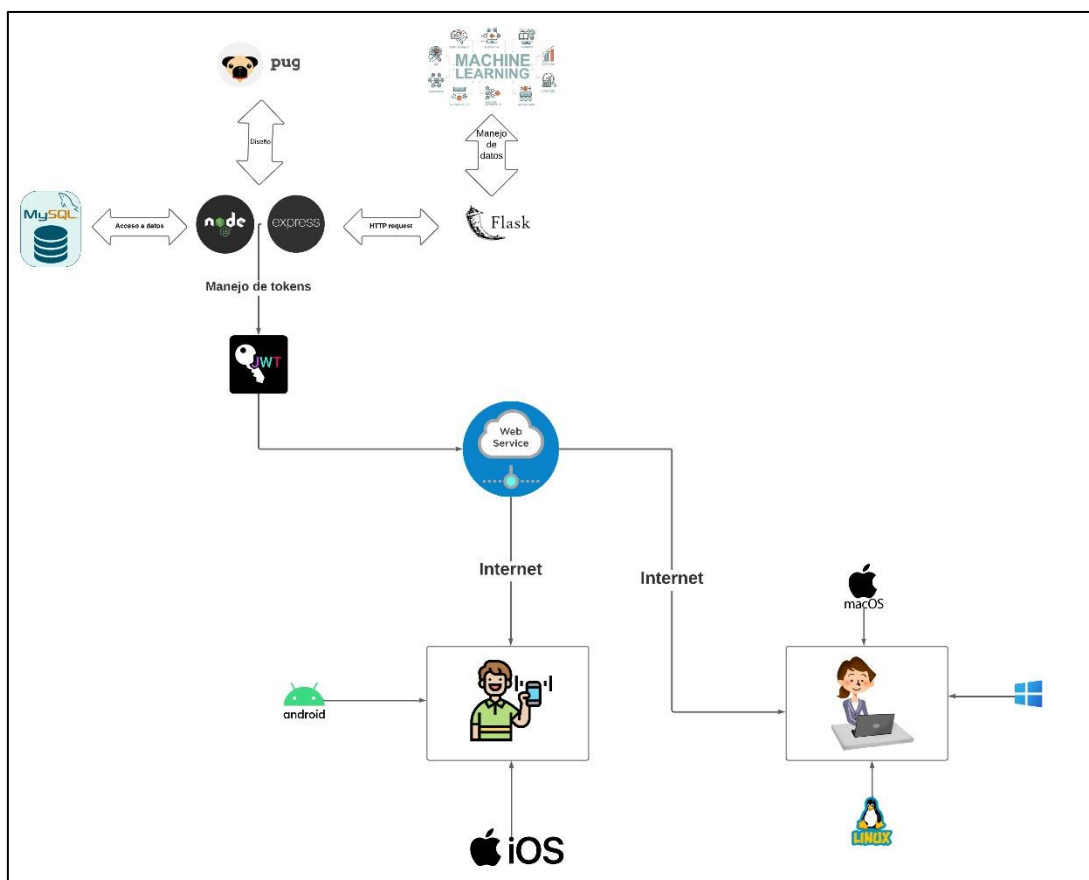


Figura 1 Arquitectura

El diagrama arquitectónico se compone de los diferentes módulos que interactúan para lograr enviar y almacenar los datos.

Capas: En el diagrama arquitectónico se describe el flujo del comportamiento de la aplicación a través de sus distintas capas.

- Se empieza por una primera interfaz la cual es el “index”.
- Está la capa encargada de recibir las peticiones del usuario.
- Se tiene la interfaz de rutas la cual hace los respectivos traslados de data utilizando protocolos HTTP.
- Se cuenta con la capa de controladores la cual realiza la gestión de solicitudes, procesa los datos e interactúa con los modelos.
- Se cuenta con una capa de modelos la cual lleva a cabo la interacción entre los controladores y la base de datos, permitiendo que la información compartida lleve a cabo la estructura deseada.

En la siguiente figura se presentan las capas y la relación entre ellas.

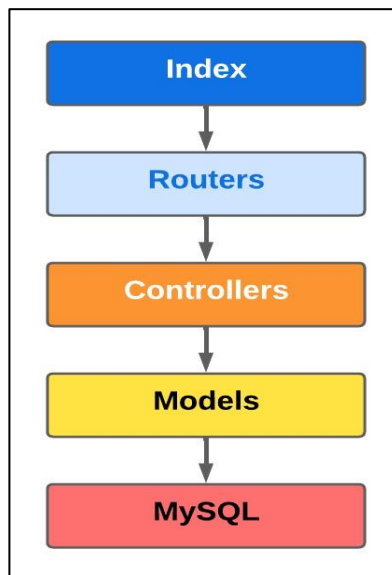


Figura 2 Capas

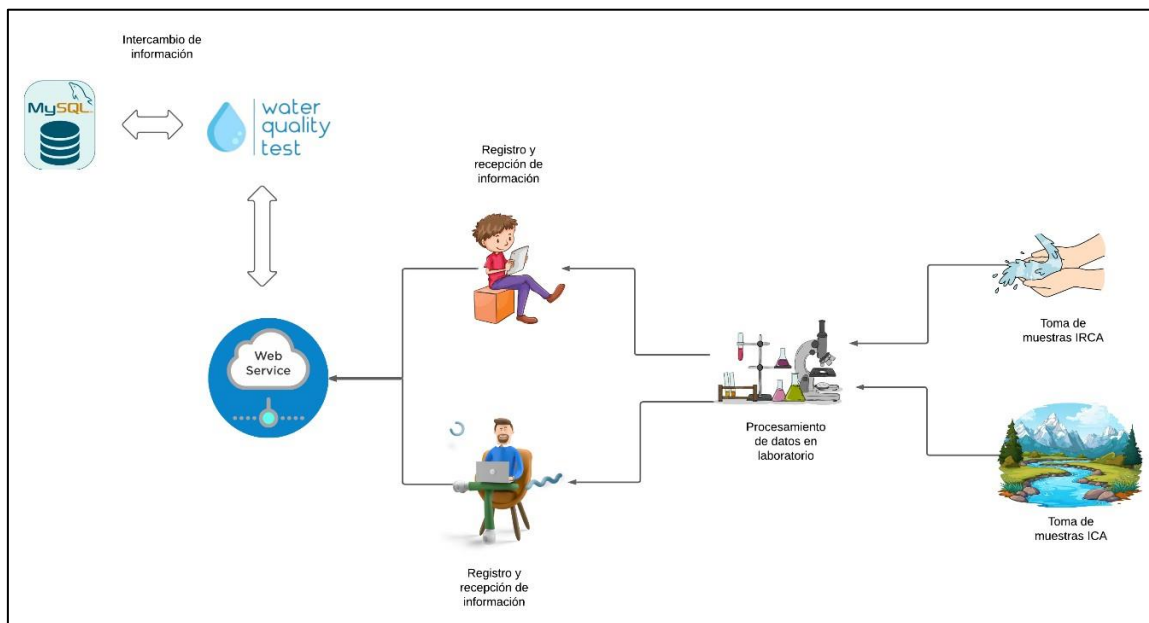


Figura 3 Flujo de procesos en el uso de Water Quality Test

6. Diagrama de clases

A continuación se describen las clases en la figura 4, atributos y las diferentes relaciones que se utilizan para la representación del sistema; inicialmente tenemos al “INDEX”, este archivo inicia el servidor; posteriormente en la sección de rutas encontramos los end points o rutas para que sean consumidos por el cliente; esta sección a su vez se comunica con la lógica de negocios(controladores) los cuales gestionan las solicitudes, procesan los datos y comparten respuestas frente a cada solicitud; continuando con la sección de modelos la cual sirve como puente entre los controladores y la base de datos, estructurando la información que se comparte, seguimos con la base de datos (MySQL), esta se encarga de analizar, procesar y llevar a cabo los procesos de almacenamiento e intercambio de información.



Figura 4 Diagrama de clases

7. Diagrama entidad relación

En el modelo entidad relación se realiza la representación de las tablas y campos necesarios para el adecuado almacenamiento de la información, en la Figura 5 se muestran entidades como usuarios, icas, ircas, imágenes e ica imágenes También cuenta con las respectivas

relaciones entre tablas, las cuales permiten tener una normalización óptima con el fin de que los registros no pierdan su integridad referencial.

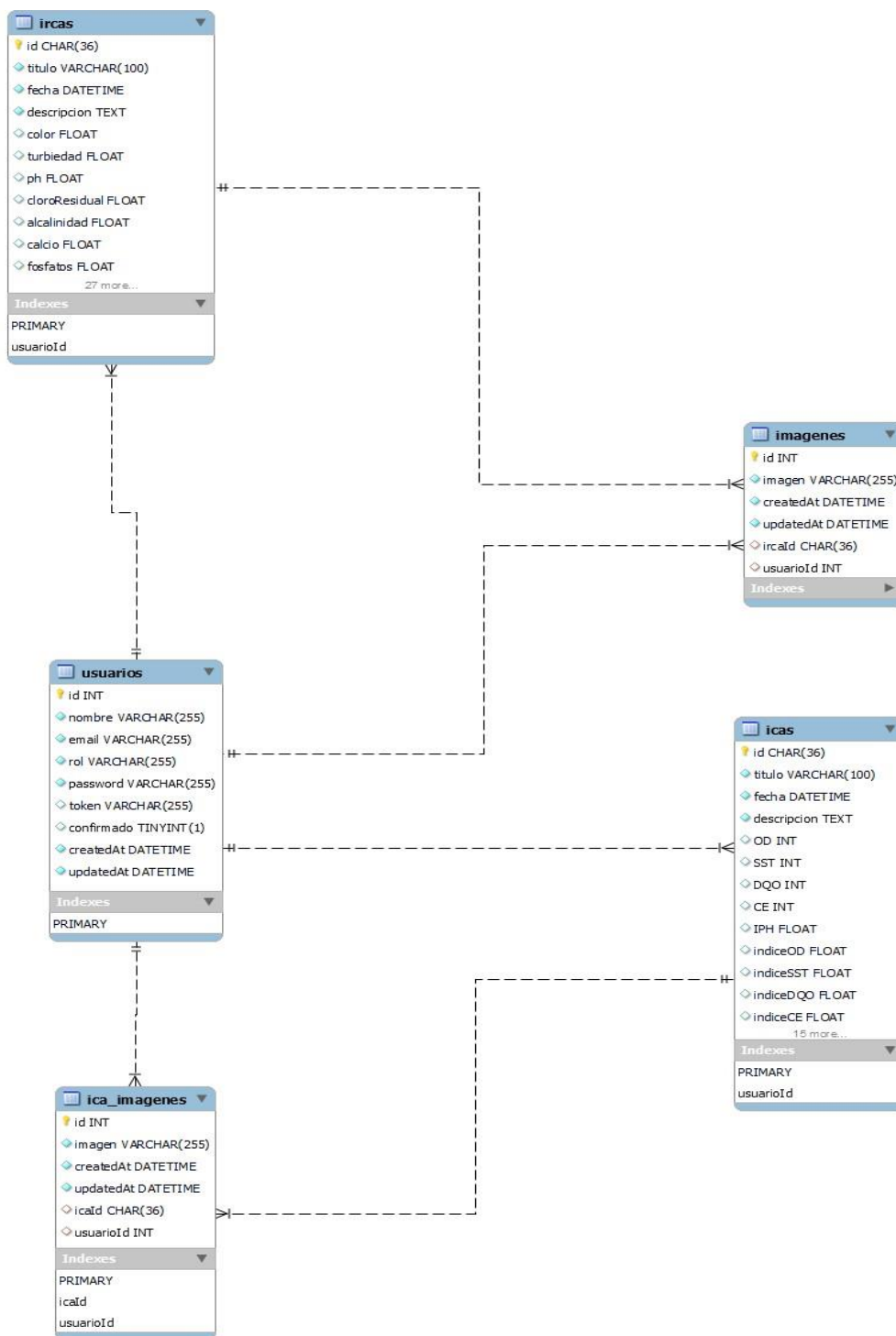


Figura 5 Diagrama entidad relación

8. Base de datos

Para la creación de la base de datos fue necesario tener en cuenta los requisitos de almacenamiento y las necesidades de los actores que intervienen en el uso del aplicativo y el proceso de gestión y análisis de la información.

9. Gestión de roles

Para la creación e implementación de los roles se tuvo en cuenta la información recolectada de los procesos que intervienen en la gestión de parámetros y el cálculo de la calidad del agua frente a los índices de calidad ICA e IRCA. La información obtenida permitió identificar funcionalidades específicas que permiten la interacción con el aplicativo según las necesidades del usuario, los roles que se implementaron son:

- Super administrador
- Administrador
- Gestor
- Lector

Cuando el usuario realiza el respectivo registro dentro de la aplicación y lo confirma, el aplicativo asigna un rol inicial de Lector dentro de la tabla de usuarios, posteriormente el rol puede ser modificado por un Super administrador o un administrador.

10. Componentes técnicos

Infraestructura software: Para el desarrollo del aplicativo se utilizaron herramientas que proporcionan escalabilidad, seguridad, eficiencia entre otros; de modo que se ajusten a las necesidades de los usuarios finales del aplicativo, se presenta en la Figura 6 se muestra una tabla con las herramientas y su nivel de relevancia.

Herramienta	Descripción	Relevancia
Generales		
Sistema operativo	Windows 10	Media
Patron de diseño	MVC	Media
Backend		
Servidor WEB	Node.js v20.11.0	Alta
Lenguajes de programación	JavaScript	Alta
	Python	Alta
Framework	Express v4.18.2	Media
Motor de base de datos	MySQL 8.0	Alta
ORM	Sequelize	Alta
Token	JWT	Alta
API	Flask	Alta
Frontend		
Maquetación	HTML 5	Baja
Styles	CSS	Baja
Lenguaje de programación	JavaScript	Media
Framework de diseño	Tailwind CSS	Media
Bibliotecas relevantes	Plotly, Pug	Media

Figura 6 Tabla de herramientas

11. Desarrollo API

Para trabajar con la analítica de datos y realizar los procesos de predicción a partir del modelo fue necesario construir un API la cual haciendo uso de, en la Figura 7 de muestra la estructura de carpetas del API.

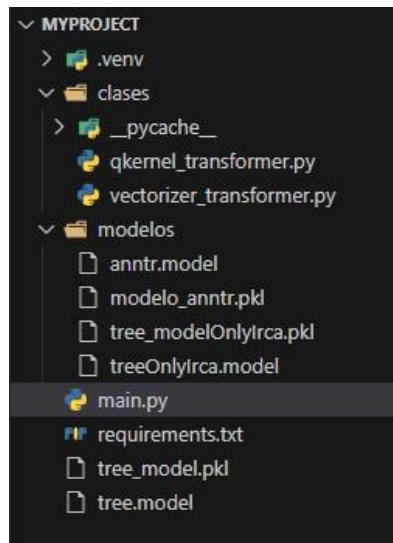


Figura 7 Estructura de carpetas

Una vez se cuenta con las carpetas y archivos requeridos para la construcción de la API se construyen las funcionalidades necesarias para su uso.

12. Prueba de campo API

Una vez se cuenta con la API es necesario realizar pruebas de campo para confirmar que la predicción a partir de los modelos se está realizando de forma correcta.

Para llevar a cabo las pruebas locales arrancamos la API de Flask en el puerto 5000 tal como se ve en la Figura 8.

```
PS C:\Users\HP\Desktop\Probando Flask\myproject> py main.py
* Serving Flask app 'main'
* Debug mode: on
WARNING: This is a development server. Do not use it in a production deployment. Use a production WSGI server instead.
* Running on http://127.0.0.1:5000
Press CTRL+C to quit
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 421-727-541
127.0.0.1 - - [30/Mar/2024 19:32:54] "POST / HTTP/1.1" 200 -
```

Figura 8 Flask iniciando

Una vez Flask empieza a trabajar en el puerto requerido se hace uso de una herramienta como POST MAN para realizar solicitudes POST y enviar los datos necesarios, buscando que la respuesta sea la esperada, tal como se ve en la Figura 9.

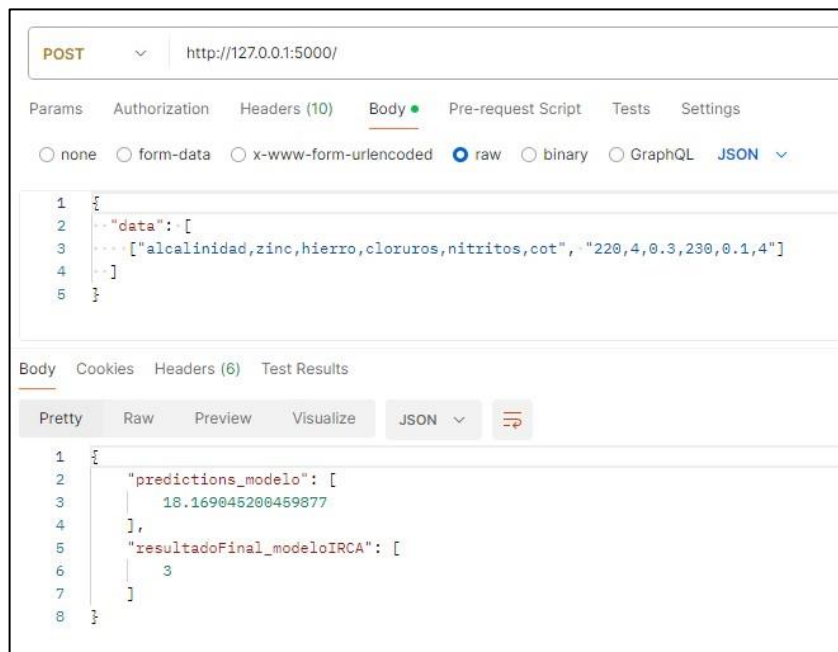


Figura 9 Solicitud POST a puerto 5000

Flask está implementando dos modelos los cuales trabajan de forma complementaria para realizar el cálculo de calidad de agua frente al índice de calidad IRCA. Los resultados obtenidos permiten identificar que los dos modelos están trabajando según lo esperado.

Una vez realizada la prueba local para comprobar el funcionamiento del Flask, se buscó una herramienta que permita trabajar con un API en un servidor WEB, para realizar la prueba local se utilizó la herramienta NGROK.

Una vez instaladas y configuradas las características necesarias para hacer uso de NGROK se arranca la herramienta desde consola, tal como se ve en la Figura 10.

```
ngrok (Ctrl+C to quit)
Take our ngrok in production survey! https://forms.gle/aX1BFwzEA36DudFn6
Session Status online
Account wasolarte.5937@unicesmag.edu.co (Plan: Free)
Update update available (version 3.8.0, Ctrl-U to update)
Version 3.3.5
Region United States (us)
Latency 111ms
Web Interface http://127.0.0.1:4040
Forwarding https://a15a-2800-e2-9b80-ba-603b-7aee-4bb3-3306.ngrok-free.app -> http://localhost:5000
Connections
  ttl   opn   rt1   rt5   p50   p90
   0     0    0.00  0.00  0.00  0.00
```

Figura 10 NGROK funcionando

La herramienta NGROK proporciona un end point el cual puede ser utilizado en el aplicativo Water Quality Test para comprobar que la predicción del índice de calidad IRCA haciendo uso de Flask funciona de forma correcta.

13. Procesos

Seguimiento del proceso (creación y gestión de registros IRCA e ICA)– (visualización general de resultados).

La trazabilidad permite gestionar los datos de los registros y sus parámetros para obtener información relevante que permita conocer la calidad del agua. Para realizar este proceso se cuenta con formularios que permiten registrar la información necesaria para la creación de cada registro y llevar a cabo los procesos internos del aplicativo de forma eficiente, de igual forma esto permite evidenciar los resultados de forma visual en la herramienta.

14. Gestión de registros

La gestión de registros requiere que el usuario esté registrado y logueado dentro del aplicativo, además es necesario que cuente con el rol de Gestor. Una vez se cumple con lo

solicitado el usuario puede ingresar a la opción ubicada en el encabezado que lleva por nombre “Mis registros” y que lo redirecciona a la ventana de gestión.

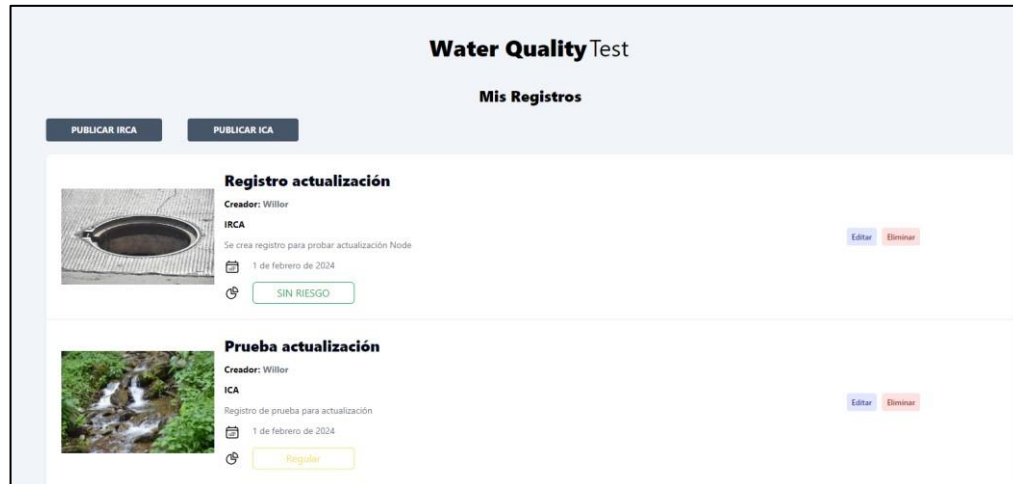


Figura 11 Gestión de registros IRCA e ICA

La figura 11 nos muestra la ventana de gestión del usuario gestor, la ventana le permite ver, crear, editar y eliminar registros IRCA e ICA.

Visualización: Permite al usuario gestor visualizar los registros que ha realizado dentro del sistema, el registro le presenta información relevante tal como, el título asignado, el nombre del creador, la fecha del registro y el resultado de calidad obtenido.

Edición: Permite al usuario modificar información anteriormente registrada. El usuario puede llevar a cabo las modificaciones que considere necesarias dentro del registro.

Eliminación: El usuario puede eliminar del sistema los registros que considere no son necesarios.

Formularios de registro de información

Dependiendo del índice de calidad del agua sobre el cual el usuario desea trabajar, se le presentan dos diferentes formularios los cuales requieren ser diligenciados con datos relevantes para llevar a cabo los procesos para determinar la calidad del agua. La selección de registro se lleva a cabo presionando el botón de publicación que el usuario considere que necesita, tal como se ve en la Figura 12.



Figura 12 Creación de registros

Una vez seleccionada la opción requerida es posible diligenciar los datos.

Formulario IRCA

The screenshot shows a web form titled 'Water Quality Test' with a subtitle 'Crear Registro'. Under the heading 'Información General', there is a prompt: 'Añade información sobre los parametros IRCA'. The form contains three input fields: 'TITULO DEL REGISTRO' with a text box labeled 'Titulo Registro', 'FECHA DEL REGISTRO' with a date picker showing 'dd/mm/aaaa' and a calendar icon, and 'DESCRIPCIÓN' with a large text area labeled 'Ingrese una descripción'.

Figura 13 Formulario IRCA sección A

La primera parte del formulario debe ser diligenciada con datos tales como el título del registro, la fecha en la cual se llevó a cabo el registro y una descripción del mismo la cual puede incluir, condiciones climáticas, estado del agua entre otros, tal como se ve en la Figura 13.

La Figura 14 nos presenta los veintidós parámetros con los que se puede calcular el índice de calidad IRCA, de los cuales el mínimo aceptable de parámetros registrados es de cuatro.

COLOR APARENTE <input type="text" value="Color Aparente"/>	TURBIEDAD <input type="text" value="Turbiedad"/>	PH <input type="text" value="pH"/>
CLORO RESIDUAL <input type="text" value="Color Residual Libre"/>	ALCALINIDAD TOTAL <input type="text" value="Alcalinidad Total"/>	CALCIO <input type="text" value="Calcio"/>
FOSFATOS <input type="text" value="Fosfatos"/>	MANGANESO <input type="text" value="Manganeso"/>	MOLIBDENO <input type="text" value="Molibdeno"/>
MAGNESIO <input type="text" value="Magnesio"/>	ZINC <input type="text" value="Zinc"/>	DUREZA TOTAL <input type="text" value="Dureza Total"/>
SULFATOS <input type="text" value="Sulfatos"/>	HIERRO TOTAL <input type="text" value="Hierro Total"/>	CLORUROS <input type="text" value="Cloruros"/>
NITRATOS <input type="text" value="Nitratos"/>	NITRITOS <input type="text" value="Nitritos"/>	ALUMINIO <input type="text" value="Aluminio"/>
FLUORUROS <input type="text" value="Fluoruros"/>	COT <input type="text" value="COT"/>	COLIFORMES TOTALES <input type="text" value="Coliformes Totales"/>
ESCHERICHIA COLI <input type="text" value="Escherichia Coli"/>		

Figura 14 Formulario IRCA sección B

Una vez completados los datos del formulario según las validaciones requeridas es necesario seleccionar en un mapa la ubicación del lugar donde se llevaron a cabo la toma de muestras tal como se ve en la Figura 15.

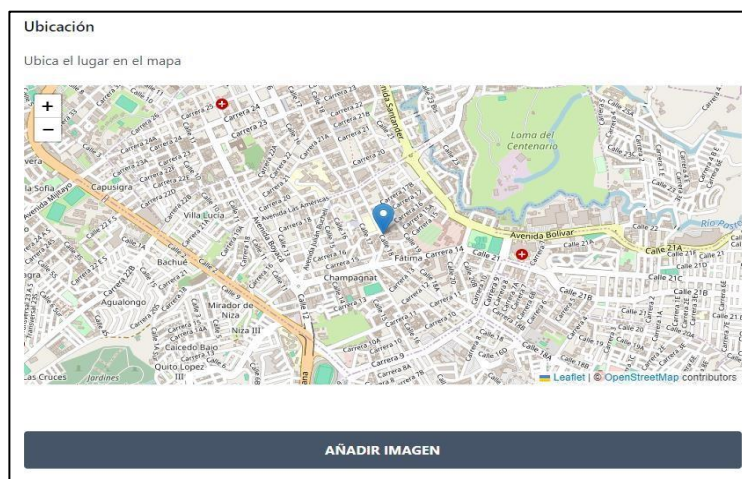
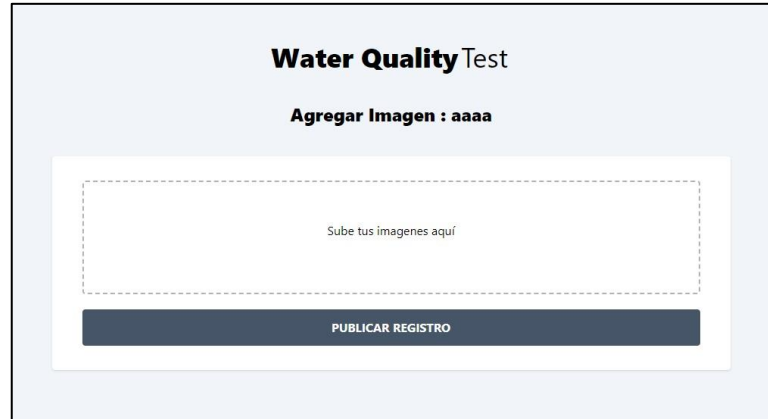


Figura 15 Formulario IRCA sección C

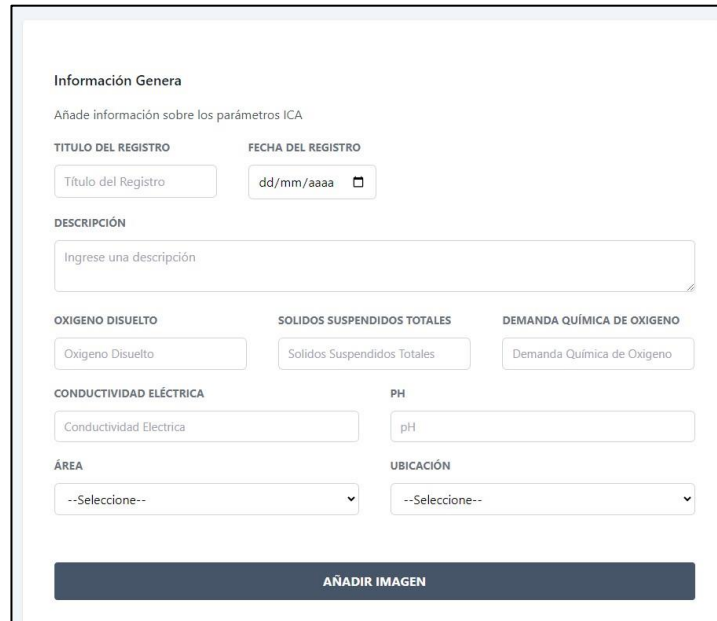
Si hasta este punto la información diligenciada es la esperada se continúa con el proceso el cual requiere que el usuario asigne registros fotográficos al formulario.



The screenshot shows a web form titled "Water Quality Test". Below the title, it says "Agregar Imagen : aaaa". There is a dashed rectangular box containing the text "Sube tus imagenes aquí". Below this box is a dark blue button with the text "PUBLICAR REGISTRO".

Figura 16 Formulario IRCA sección final

Formulario ICA



The screenshot shows a web form titled "Formulario ICA". It has a section "Información General" with the instruction "Añade información sobre los parámetros ICA". The form contains several input fields and dropdown menus:

- TITULO DEL REGISTRO:** A text input field with the placeholder "Título del Registro".
- FECHA DEL REGISTRO:** A date input field with the placeholder "dd/mm/aaaa" and a calendar icon.
- DESCRIPCIÓN:** A large text area with the placeholder "Ingrese una descripción".
- OXIGENO DISUELTO:** A text input field with the placeholder "Oxígeno Disuelto".
- SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:** A text input field with the placeholder "Solidos Suspendidos Totales".
- DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO:** A text input field with the placeholder "Demanda Química de Oxígeno".
- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:** A text input field with the placeholder "Conductividad Electrica".
- PH:** A text input field with the placeholder "pH".
- ÁREA:** A dropdown menu with the placeholder "--Seleccione--".
- UBICACIÓN:** A dropdown menu with the placeholder "--Seleccione--".

At the bottom of the form is a dark blue button with the text "AÑADIR IMAGEN".

Figura 17 Formulario ICA

El formulario ICA presenta espacios de información general iguales al formulario ICA, sin embargo, los parámetros a evaluar son menos. Por otra parte, se solicita ingresar información del área y ubicación de las muestras. Teniendo en cuenta que el ICA será calculado a partir de muestras tomadas en zonas específicas, el área y las ubicaciones siempre serán las mismas que aparecen en las listas de selección.

Una vez diligenciado el formulario es necesario realizar el registro fotográfico.

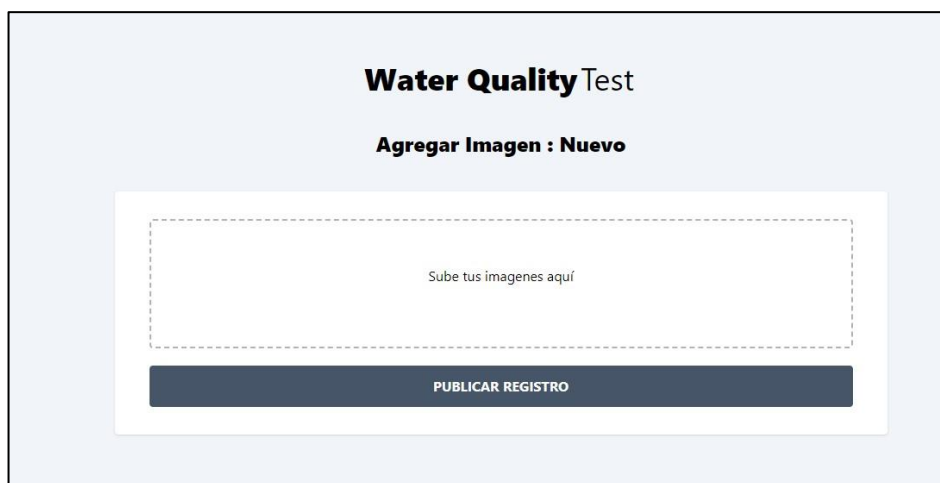
The image shows a web form titled "Water Quality Test". Below the title, there is a sub-header "Agregar Imagen : Nuevo". In the center, there is a large dashed rectangular box containing the text "Sube tus imagenes aqui". At the bottom of the form, there is a dark blue button with the text "PUBLICAR REGISTRO" in white capital letters.

Figura 18 Formulario ICA sección final

Visualización de registros

El aplicativo permite visualizar la información de cada registro de forma específica con el propósito de que el usuario conozca las características generales y específicas de cada registro, así mismo como el resultado obtenido a partir de cada evaluación.

Visualización registro IRCA: A partir de la selección del registro que se desea visualizar es posible identificar los datos del mismo tal como se ve en la Figura 19.

Fecha del registro: 6 de septiembre de 2023

Descripción
Toma de muestras SENA. Día Lluvioso

Información del Registro

Parámetro	Valor
COLOR	7
TURBIEDAD	3
PH	7
CLORO RESIDUAL	1
ALCALINIDAD TOTAL	150
CALCIO	50
FOSFATOS	0.05
MANGANESO	0.1
MOLIBDENO	0.04
MAGNESIO	32
ZINC	1
DUREZA TOTAL	250
SULFATOS	210
RESULTADO	32 %
CALIDAD	RIESGO MEDIO

GENERAR INFORME

Ubicación

Figura 19 Datos de registro seleccionado sección A

Se presenta al usuario información del registro tal como, la fecha, la descripción, la ubicación en el mapa y el registro fotográfico, de igual forma se presenta una tabla con los parámetros evaluados, los valores asignados, el resultado final obtenido y la clasificación de calidad. El usuario tiene la posibilidad de descargar la información en un archivo PDF.

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra		
Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría Genera
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.

Figura 20 Tabla de clasificación del IRCA

La tabla de la Figura 20 presenta al usuario información sobre la forma como se clasifica el registro a partir del resultado obtenido y las medidas que se deben tomar según la calidad.

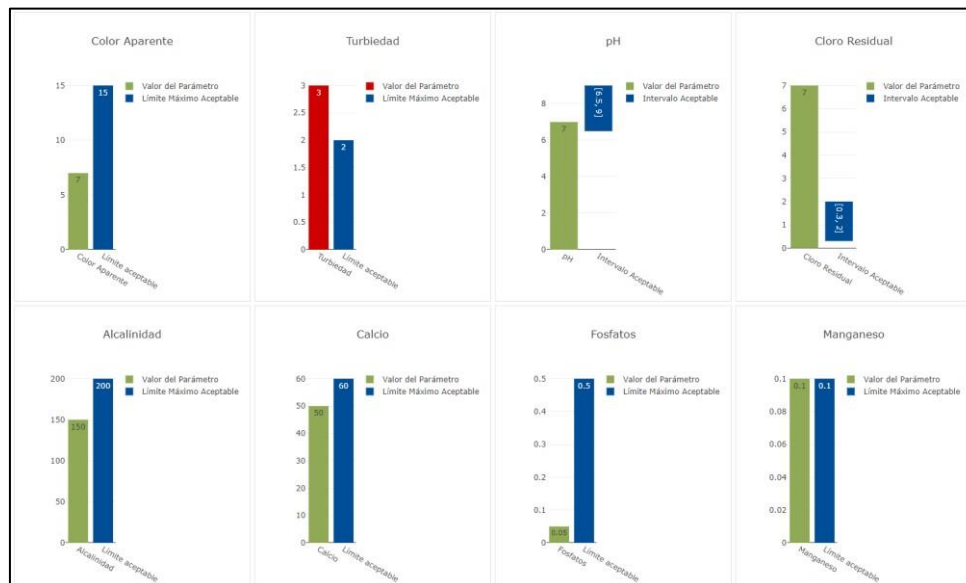


Figura 21 Gráficas estadísticas de parámetros IRCA

Finalmente se presentan gráficas estadísticas de los parámetros evaluados en el registro, cada gráfica presenta dos barras, la barra de la derecha indica los valores límite que debe tener un parámetro para su clasificación o los intervalos en los que debe estar, la barra de izquierda presenta el valor asignado al parámetro, esta barra tomará el color verde si el valor cumple con lo establecido, de lo contrario tendrá el color rojo.

Visualización registro ICA: Una vez seleccionado el registro ICA que se quiere consultar se lleva a cabo el redireccionamiento a la página de visualización.



Figura 22 Datos registro ICA sección A

La Figura 22 presenta información del registro ICA tal como la fecha de registro, la descripción, la calidad, el registro fotográfico y un mapa de la zona y ubicación donde se llevó a cabo la toma de muestras.

Información del Registro

Parámetro	Valor	Unidades	Peso (Wi)	Calidad (Iik)	Peso (Wi * Iik)
Oxígeno disuelto	70	% Saturación	0.2	0.7	0.14
Solidos suspendidos	30	mg/L	0.2	0.93	0.186
Demanda química de Oxígeno	30	mg/L	0.2	0.51	0.102
Conductividad eléctrica	40	us/cm	0.2	0.923	0.1846
Ph	6	-	0.2	0.595	0.119
Resultado ICA	0.732				

GENERAR INFORME

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Valor que puede tomar el indicador	Clasificación de calidad	Señal de Alerta
0.00 - 0.25	MUY MALA	Rojo
0.26 - 0.50	MALA	Naranja
0.51 - 0.70	REGULAR	Amarillo
0.71 - 0.90	ACEPTABLE	Verde
0.91 - 1	BUENA	Azul

Figura 23 Datos registro ICA sección B

Se presenta al usuario una tabla inicial con los parámetros evaluados, los valores asignados, las unidades de medida y resultados obtenidos a partir del cálculo realizado.

La segunda tabla presenta la clasificación del ICA a partir de los valores obtenidos, de igual forma se presenta el color asignado a partir de la clasificación.

El aplicativo también permite la creación de un archivo PDF con los datos más relevantes del registro.

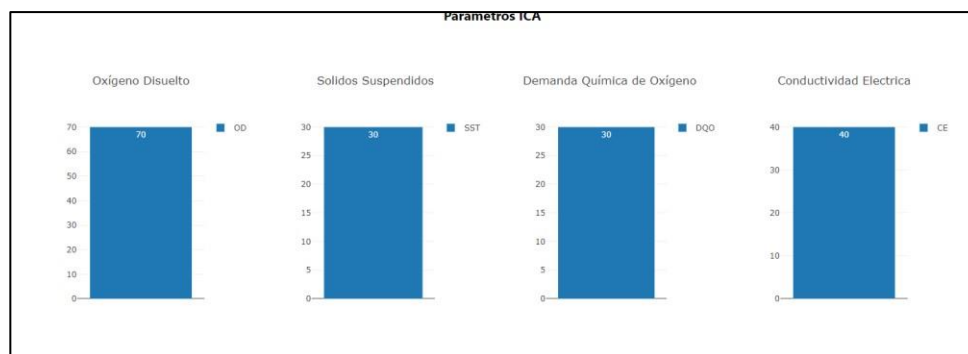


Figura 24 Gráficas estadísticas de parámetros ICA

Finalmente se presentan gráficas estadísticas de los parámetros evaluados.

Edición y eliminación de registros

El usuario gestor puede editar o eliminar los registros según lo que necesite, para ello puede presionar cualquiera de los botones que se muestran en la Figura 25.

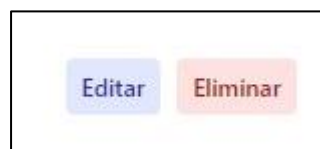


Figura 25 Edición y eliminación de registros

El botón de edición presenta al usuario el mismo formulario de creación, pero con la información previa registrada para que el usuario pueda editarla según lo requiera.

El botón de eliminación permite al usuario borrar el registro del sistema.

Visualización de información general de registros

IRCA: El usuario puede visualizar información general de los registros ingresados discriminada por el índice de calidad seleccionado y la fecha.

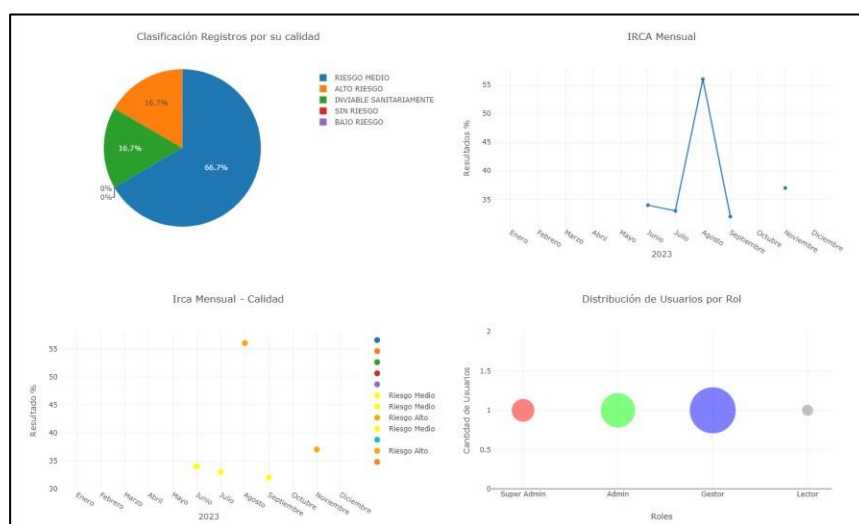


Figura 26 DASHBOARD IRCA sección A

Se presenta al usuario un Dashboard con gráficas estadísticas explicativas con información general. La primera gráfica presenta al usuario el porcentaje obtenido a partir de la clasificación de los registros según su calidad en el año seleccionado, la segunda gráfica presenta el cálculo del IRCA mensual obtenido en cada uno de los meses del año seleccionado, la tercera gráfica presenta el IRCA mensual discriminado por la calidad obtenida y la cuarta gráfica presenta la cantidad de usuarios registrados y su clasificación por rol.



Figura 27 DASBOARD IRCA sección B

La Figura 27 presenta al usuario una gráfica de tendencias discriminada por meses y calidad obtenida.

ICA: Se le presenta al usuario un Dashboard con información general de los índices ICA discriminados por el año seleccionado.

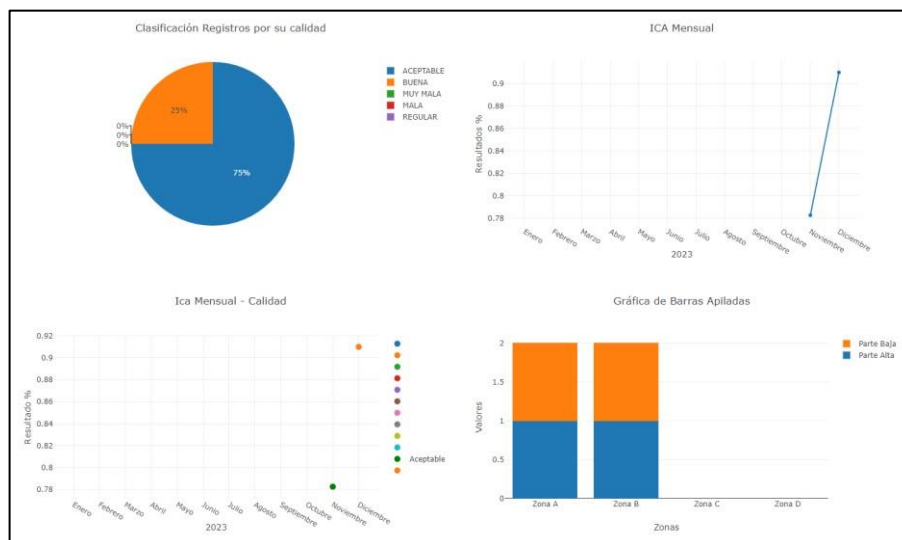


Figura 28 DASHBOARD ICA

Se muestran cuatro gráficas estadísticas con información general de los registros ICA. La primera gráfica muestra el porcentaje de registros discriminados por su calidad, la segunda gráfica muestra el cálculo del ICA mensual discriminado por año, la tercera gráfica muestra el ICA mensual discriminado por la clasificación de calidad y la última es una gráfica de barras apiladas que muestra la distribución de registros clasificados por zona y ubicación.

Referencias

- [1] M. Garcia, «Medium,» 15 06 2022. [En línea]. Available: <https://mauriciogc.medium.com/express-parte-vi-motor-de-plantillas-con-pug-y-ejs6837cd3a390d>. [Último acceso: 29 03 2024].
- [2] «Enciclopedia humanidades,» 2024. [En línea]. Available: <https://humanidades.com/sistemaoperativo-windows/>. [Último acceso: 29 03 2024].
- [3] N. Seguis, «aluta Latam,» 28 04 23. [En línea]. Available: <https://www.aluracursos.com/blog/que-es-json-web-token>. [Último acceso: 29 03 2024].
- [4] «mmdn web docs,» [En línea]. Available: https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Serverside/Express_Nodejs/Introduction. [Último acceso: 29 03 2024].
- [5] R. d. L. Silva, «ListoPro Community,» 14 12 2023. [En línea]. Available: <https://community.listopro.com/orm-sequelize-en-node-js-con-express-js/>. [Último acceso: 29 03 2024].
- [6] J. D. Muños, «OpenWebinars,» 17 11 2017. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/que-es-flask/>. [Último acceso: 30 03 2024].
- [7] A. Robledano, «OpenWebinars,» 24 09 2019. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>. [Último acceso: 30 03 2024].

ANEXO 7. Manual del usuario del aplicativo Water Quality Test.



Water Quality Test / Manual del

Usuario

William Solarte

Santiago Botina

Hector Mora

Jorge Rivera

2024

Contenido

Introducción.....	158
Aplicativo Water Quality Test	159
Acceso a la aplicación.....	160
Perfil del usuario super administrador	160
Gestión de usuarios super administrador	161
Perfil del usuario administrador.....	163
Gestión de usuarios administrador.....	163
Perfil de usuario gestor	164
Creación de registros ICA.....	166
Creación de registro IRCA.....	168
Gestión de registros.....	171
Perfil usuario Lector	172
Mapa de registros IRCA.....	172
Mapa Centro Lope	173
Visualización de registros	175
Registros IRCA.....	176
Ver registro IRCA.....	176
Gráficas estadísticas parámetros IRCA.....	178
Generación de PDF IRCA	179
DASHBOARD IRCA	179
Registros ICA	181
Ver registro ICA.....	182

Gráficas estadísticas parámetros ICA.....	184
Generación PDF ICA.....	184
DASHBOARD ICA.....	185
Índices de calidad.....	187
Información índice IRCA.....	188
Información índice ICA.....	190
Contáctanos.....	192
Cerrar sesión.....	193

Lista de figuras

Figura 1 Formulario de logueo	7
Figura 2 Página inicial aplicativo	8
Figura 3 Pantalla de gestión de usuario super administrador	8
Figura 4 Formulario de edición rol super administrador	9
Figura 5 Pantalla de gestión de usuario administrador	10
Figura 6 Formulario de edición rol administrador	10
Figura 7 Herramienta de revisión de registros propios	11
Figura 8 Pantalla de gestión de registros IRCA e ICA	11
Figura 9 Opciones de edición y borrado de registros	12
Figura 10 Formulario registro parámetros ICA	12
Figura 11 Módulo para agregar imagen registro ICA	14
Figura 12 Formulario con información general de registro IRCA	14
Figura 13 Formulario de adición de parámetros IRCA	15
Figura 14 Selección de ubicación de muestra para registro IRCA	16
Figura 15 Módulo para agregar imagen registro IRCA	17
Figura 16 Opciones eliminación y edición de registros	17
Figura 17 Mapa principal con filtros por año	18
Figura 18 Últimos tres registros IRCA	19

Figura 19 Mapa Centro Lope	19
Figura 20 Últimos tres registros ICA	20
Figura 21 Pie de página	20
Figura 22 Encabezado	21
Figura 23 Espacio registros IRCA	21
Figura 24 Información selección registro IRCA	22
Figura 25 Información selección registro IRCA y parámetros	22
Figura 26 Información estadística selección IRCA	23
Figura 27 Informe PDF IRCA	24
Figura 28 DASHBOARD A datos IRCA	24
Figura 29 DASHBOARD B datos IRCA	25
Figura 30 Espacio registros ICA	26
Figura 31 Información selección registro ICA	26
Figura 32 Información selección registro ICA y parámetros	27
Figura 33 Información estadística selección ICA	28
Figura 34 Informe PDF ICA	29
Figura 35 DASHBOARD A datos ICA	30
Figura 36 DASHBOARD B datos ICA	30
Figura 37 Información Índices de calidad	31

Figura 38 Selección información índices de calidad	31
Figura 39 Información índice IRCA	32
Figura 40 Tabla informativa parámetros IRCA	32
Figura 41 Tabla informativa cálculo calidad IRCA y acciones	33
Figura 42 Información general índice ICA	34
Figura 43 Tabla de variables y ponderación índice ICA	34
Figura 44 Tabla de categorías de calidad ICA	35
Figura 45 Sección Contáctanos investigadores	35
Figura 46 Cierre de sesión	35

Introducción

Este manual pretende ser una guía en el uso del aplicativo Water Quality Test se elabora con el fin de poder brindarle al usuario un manejo y conocimiento adecuado de la aplicación, facilitando la navegación dentro de sus funciones con pantallazos intuitivos para una mejor comprensión. Water Quality Test es un Sistema de Información que funciona en recursos remotos y locales. Permite hacer gestión y seguimiento de los módulos que intervienen en el cálculo de la calidad del agua mediante los índices IRCA e ICA. Se definieron métodos de comunicación tanto interno como externo del sistema y se presentan componentes de medición. La herramienta vincula a la parte: super administrador, administrador, gestor y lector, estos dos primeros roles para dar control en la gestión de los módulos. Cada uno de estos actores tiene su Rol determinado dentro de la herramienta informática, permitiendo que de manera dinámica y fácil cada actor vinculado a Water Quality Test, pueda conocer el estado de los procesos de toma de muestra de agua y los resultados obtenidos, así mismo, podrá visualizar los registros y valores de los parámetros evaluados. Igualmente podrá visualizar información general de la calidad del agua en el transcurso del tiempo

La plataforma está diseñada para estudiantes, docentes y técnicos ambientales interesados en la gestión de los procesos para determinar la calidad del agua mediante los índices de calidad IRCA e ICA, igualmente para los sectores académicos interesados en proyectos de investigación referentes a la gestión de los parámetros del agua.

Aplicativo Water Quality Test

Water Quality Test es una herramienta integral desarrollada para la gestión y evaluación en los procesos para determinar la calidad del agua, diseñada para la comunidad educativa del SENA, incluyendo estudiantes, docentes e ingenieros ambientales. Este aplicativo web ha sido creado con el propósito de modernizar, sistematizar y optimizar los procesos previamente manuales, como el registro y análisis de parámetros que intervienen en determinar la calidad del agua, en el desarrollo de este sistema, se abarcó todo el proceso que va desde la fase de investigación previa, como fue: el estudio analítico en el desarrollo de los procesos del cálculo de la calidad del agua, el soporte del sistema pasando por el diseño, la arquitectura, el desarrollo, y la fase de pruebas. Water Quality Test abarca todas las fases del proyecto, desde la consultoría inicial hasta la implementación final del sistema. Durante el desarrollo, se han empleado metodologías ágiles y modernas para garantizar la eficiencia y calidad del producto.

El sistema consta de módulos específicos para la gestión de datos, incluyendo el registro de parámetros de calidad del agua, localización geográfica de las muestras, registros fotográficos y generación de informes en formato PDF.

El objetivo principal de Water Quality Test es optimizar los procesos y ofrecer un servicio de alta calidad al momento de la recolección y representación de los datos relacionados con la calidad del agua.

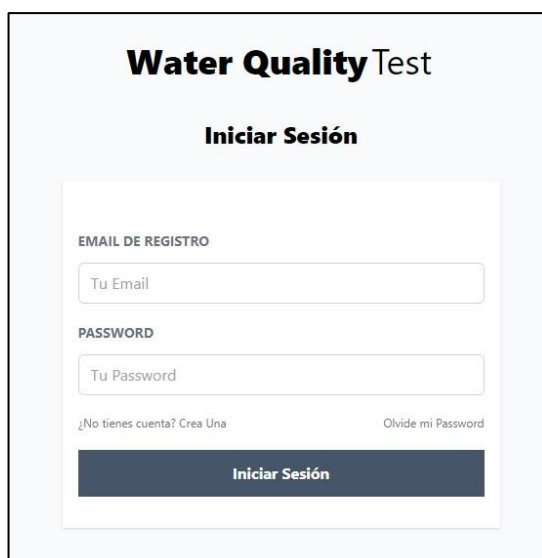
En el desarrollo de Water Quality Test se han utilizado técnicas y herramientas que permiten la ejecución de procesos para cumplir con los objetivos propuestos. Se ha dado especial énfasis a la selección de la metodología de diseño de software adecuada, garantizando la compatibilidad con sistemas externos y la obtención de resultados óptimos.

Acceso a la aplicación

Water Quality Test puede ser accedida por cualquier usuario que tenga el URL. Teniendo en cuenta que uno de los propósitos del aplicativo es informar a los usuarios sobre el estado de la calidad del agua y dar información de los registros, mucha de la información está libre para ser consultada por cualquier usuario, Sin embargo, solo ciertos usuarios pueden agregar o editar información.

Perfil del usuario super administrador

Para acceder a las funcionalidades de este usuario damos clic en la opción “Iniciar Sesión” ubicada en la parte superior derecha de la pantalla principal del aplicativo, una vez hecho esto seremos redireccionados al formulario de inicio de sesión. Escribimos el email, la contraseña y damos clic en iniciar sesión, como se muestra en la figura 1.



The image shows a login form for 'Water Quality Test'. The form is titled 'Water Quality Test' and 'Iniciar Sesión'. It contains two input fields: 'EMAIL DE REGISTRO' with the placeholder 'Tu Email' and 'PASSWORD' with the placeholder 'Tu Password'. Below the password field, there are two links: '¿No tienes cuenta? Crea Una' and 'Olvide mi Password'. At the bottom of the form is a dark blue button labeled 'Iniciar Sesión'.

Figura 1 Formulario de logueo

Gestión de usuarios super administrador

A continuación, en la Figura 2 se nos carga la pantalla principal del aplicativo la cual en la parte superior derecha nos presenta la opción de “gestionar”.

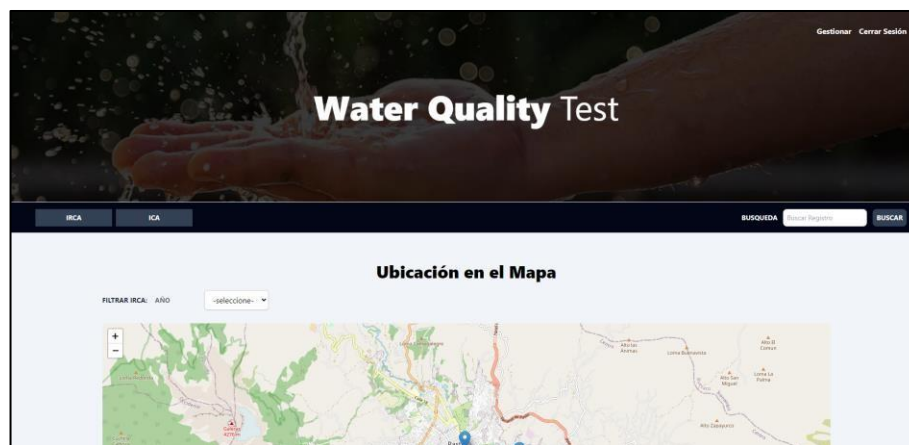


Figura 2 Página inicial aplicativo

Una vez se da clic en la opción de “gestionar” vamos a ser redireccionados a las opciones de gestión del usuario super administrador tal como se ve en la Figura 3.

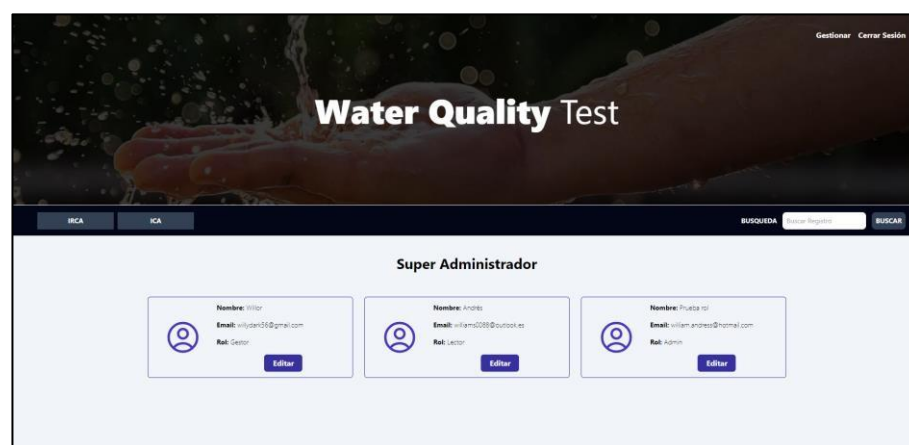


Figura 3 Pantalla de gestión de usuario super administrador

Dentro de la pantalla de gestión del super administrador se pueden ver opciones de navegación disponibles para revisión de información de todos los usuarios tales como los botones IRCA

e ICA y la búsqueda de registros. Para el usuario super administrador se presenta un listado de los usuarios registrados con roles diferentes al suyo dentro de la aplicación con información relevante de los mismos tal como, nombre, correo y rol asignado dentro del aplicativo. Igualmente se presenta la posibilidad de dar clic en el botón “editar” y de esta forma tener la posibilidad de modificar el rol del usuario registrado, tal como se ve en la Figura 4.

The image shows a web form titled "EDITAR" for editing a user's role. The user's name is "WILLOR". Under the "Información" section, the following details are listed: "Identificador: 1", "Nombre: Willor", "Email: willydark56@gmail.com", "Fecha de registro: 16 de julio de 2023", and "Rol Actual: Gestor". Below this is a "Modificar Rol" section with a dropdown menu currently set to "--Seleccione--". There are two buttons: a dark blue "Modificar" button and a red "Regresar" button.

Figura 4 Formulario de edición rol super administrador

El formulario presenta al super administrador la información del usuario registrado en la aplicación al cual se le quiere modificar el rol asignado. Se presenta una lista desplegable donde se puede seleccionar el rol que se desea asignar al usuario. Dentro de los roles podemos seleccionar, administrador, gestor y lector. Una vez seleccionado el rol se da clic en el botón “modificar” y los cambios serán guardados.

El usuario super administrador tiene como propósito el asignar roles dependiendo de las necesidades del aplicativo asegurando que existan administradores que puedan controlar a los usuarios registrados en el sistema.

Perfil del usuario administrador

Una vez el usuario administrador ha hecho su respectivo login en el aplicativo podrá acceder a las herramientas de gestión que se le presentan tal como se observa en la Figura 5.

Gestión de usuarios administrador

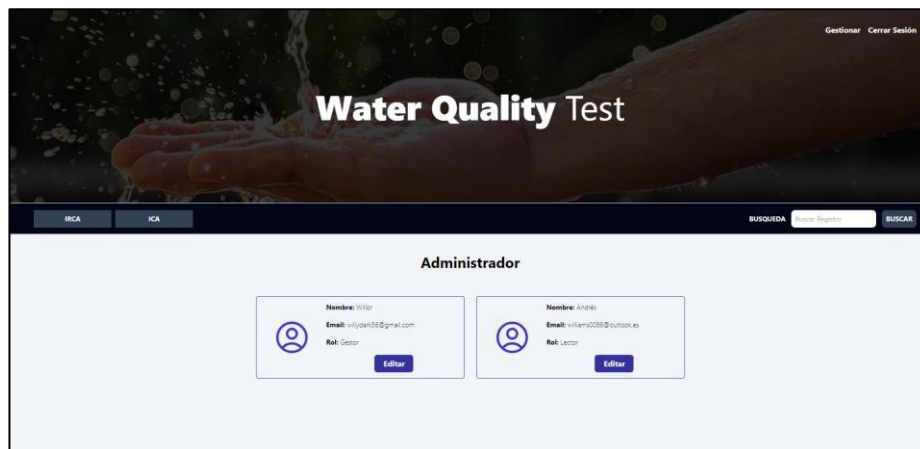


Figura 5 Pantalla de gestión de usuario administrador

Dentro de la pantalla de gestión del usuario administrador se pueden ver opciones de navegación disponibles para revisión de información de todos los usuarios tales como los botones IRCA e ICA y la búsqueda de registros. Para el usuario administrador se presenta un listado de los usuarios registrados con roles diferentes al suyo e inferiores dentro de la aplicación con información relevante de los mismos tal como, nombre, correo y rol asignado dentro del aplicativo. Igualmente se presenta la posibilidad de dar clic en el botón “editar” y de esta forma tener la posibilidad de modificar el rol del usuario registrado, tal como se ve en la Figura 6.



EDITAR

WILLOR

Información

Identificador: 1

Nombre: Willor

Email: willydark56@gmail.com

Fecha de registro: 16 de julio de 2023

Rol Actual: Gestor

Modificar Rol

--Seleccione--

Modificar

Regresar

Figura 6 Formulario de edición rol administrador

El formulario presenta al usuario administrador la información del usuario seleccionado al cual se le quiere modificar el rol asignado. Se presenta una lista desplegable donde se puede seleccionar el rol que se desea asignar al usuario. Dentro de los roles podemos seleccionar, gestor y lector. Una vez seleccionado el rol se da clic en el botón “modificar” y los cambios serán guardados.

El usuario administrador tiene como propósito el asignar roles dependiendo de las necesidades del aplicativo asegurando que únicamente los usuarios autorizados puedan registrar información relevante dentro del aplicativo, garantizando así que los datos sean confiables.

Perfil de usuario gestor

Una vez el usuario gestor ha hecho su respectivo login en el aplicativo podrá acceder a las aplicativos y tendrá acceso a las respectivas herramientas, se presenta la pantalla principal del usuario gestor en la Figura 7.

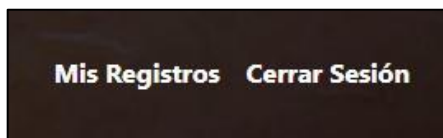


Figura 7 Herramienta de revisión de registros propios En la pantalla principal se presenta un botón que tiene por nombre “Mis Registros” y está habilitado únicamente para el usuario gestor. El botón le permite al usuario gestor revisar los registros que ha creado frente al índice de calidad IRCA e ICA y su gestión.

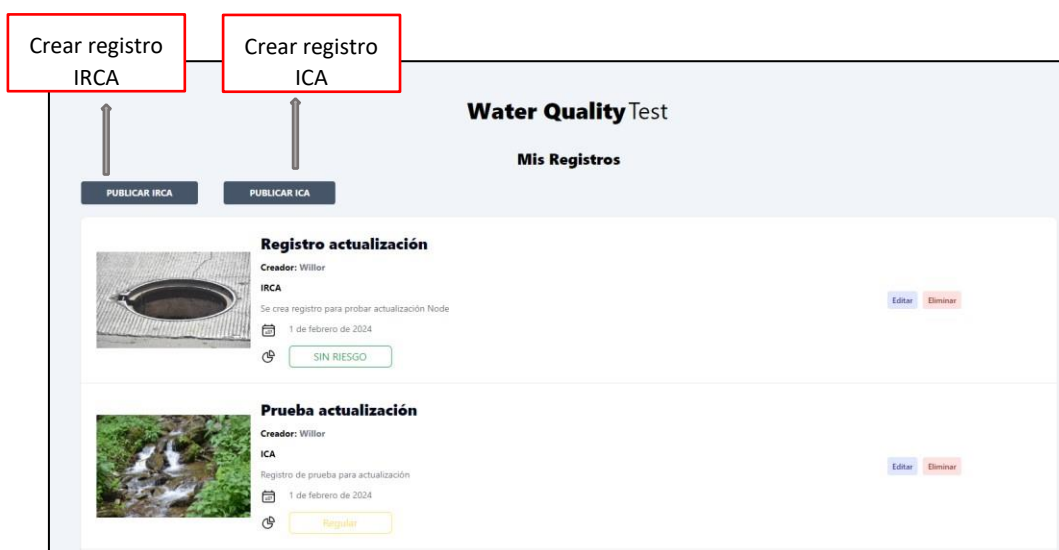


Figura 8 Pantalla de gestión de registros IRCA e ICA

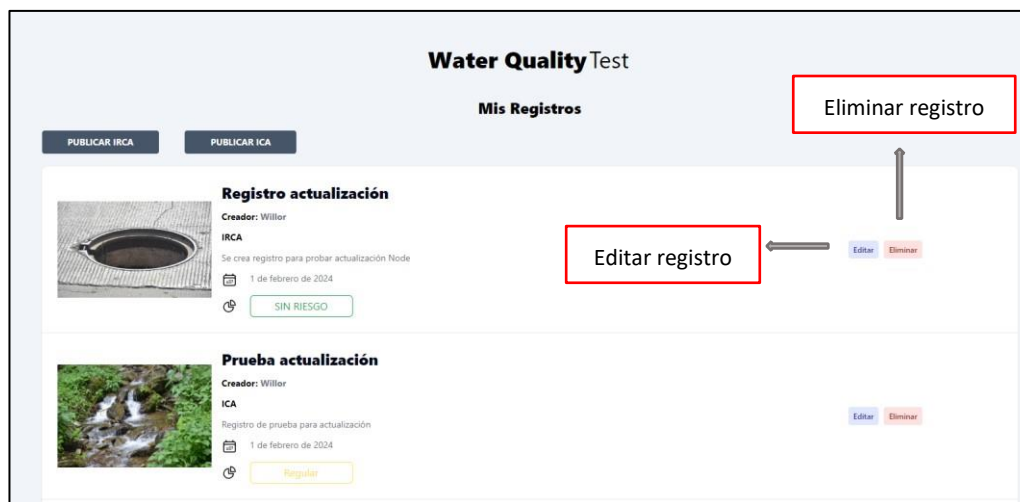
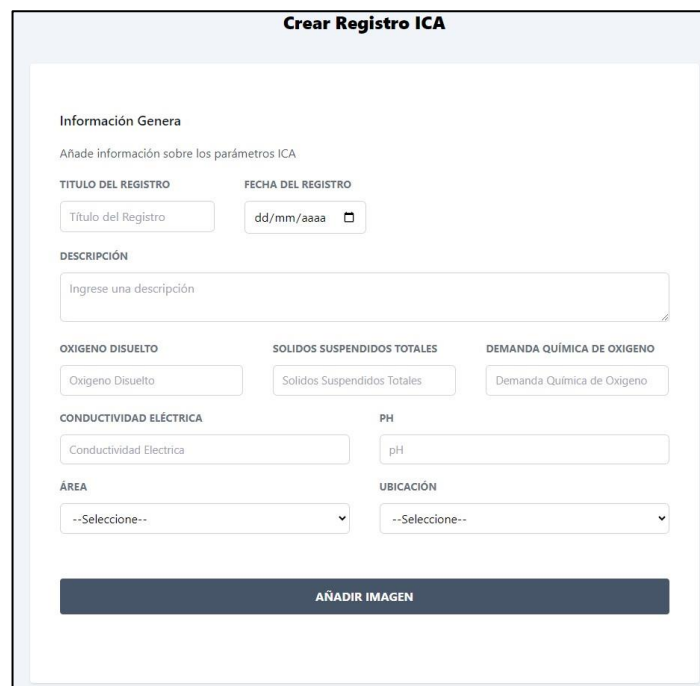


Figura 9 Opciones de edición y borrado de registros

Creación de registros ICA

Dentro de la pantalla podemos crear nuevos registros dando clic sobre el botón “publicar IRCA” o “publicar ICA” dependiendo de las necesidades del usuario. Al dar clic sobre el botón que permite la creación del ICA el usuario será redireccionado a una nueva pantalla donde puede agregar los datos necesarios para su registro tal como se ve en la Figura 10.



El formulario "Crear Registro ICA" está dividido en varias secciones:

- Información General:** Incluye un subtítulo "Añade información sobre los parámetros ICA".
- TÍTULO DEL REGISTRO:** Un campo de texto para ingresar el título.
- FECHA DEL REGISTRO:** Un campo de fecha con formato dd/mm/aaaa y un ícono de calendario.
- DESCRIPCIÓN:** Un campo de texto grande para ingresar una descripción.
- OXIGENO DISUELTO:** Un campo de texto para ingresar el nivel de oxígeno disuelto.
- SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES:** Un campo de texto para ingresar los sólidos suspendidos totales.
- DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO:** Un campo de texto para ingresar la demanda química de oxígeno.
- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:** Un campo de texto para ingresar la conductividad eléctrica.
- PH:** Un campo de texto para ingresar el nivel de pH.
- ÁREA:** Un menú desplegable con la opción "--Seleccione--".
- UBICACIÓN:** Un menú desplegable con la opción "--Seleccione--".
- AÑADIR IMAGEN:** Un botón de acción para subir una imagen.

Figura 10 Formulario registro parámetros ICA

La Figura 10 presenta un formulario que permite al usuario gestor ingresar información relevante frente a la creación de un registro ICA.

- **Título del registro**

El título del registro es un campo obligatorio que permite identificar el registro y posteriormente su búsqueda dentro del sistema.

- **Fecha del registro**

La fecha del registro es un campo obligatorio que permite identificar el día, mes y año en el que se realizó la toma de muestras. El campo de fecha cuenta con validaciones que no permiten al usuario ingresar fechas posteriores al día en curso.

- **Descripción**

La descripción es un campo obligatorio que permite agregar información relevante de la toma, tales como condiciones climáticas, condiciones del agua y el lugar entre otros.

- **Parámetros del agua para el índice ICA**

El formulario presenta cinco campos obligatorios para ingresar valores numéricos con el valor de los parámetros necesarios para calcular el índice de calidad ICA.

- **Área**

El área es un campo obligatorio que presenta una lista desplegable con cuatro posibles valores los cuales determinan el área en la cual se llevó a cabo la toma de muestras.

- **Ubicación**

La ubicación es un campo obligatorio que presenta una lista desplegable con dos posibles valores los cuales se relacionan con el área anteriormente seleccionada, permitiendo identificar una ubicación alta o baja en el área.

Una vez diligenciados los campos del formulario de forma correcta se debe dar clic sobre el botón de “añadir imagen” para agregar el respectivo registro fotográfico. El botón permitirá al usuario ser redireccionado a una nueva vista tal como se ve en la Figura 11.



Figura 11 Módulo para agregar imagen registro ICA

Se presenta al usuario la herramienta con la que puede agregar registros fotográficos relacionados con su toma de muestras. La herramienta permite al usuario ingresar como

mínimo una imagen y como máximo dos. Una vez cargadas las imágenes debe dar clic sobre el botón “publicar registro” para que la información quede registrada en la aplicación.

Creación de registro IRCA

Para la creación de un registro IRCA se debe dar clic en el botón “publicar IRCA” y se presentará el formulario correspondiente para crear el respectivo registro.

The image shows a web form titled "Water Quality Test" with a sub-header "Crear Registro". The form is divided into a section for "Información General" where users are instructed to "Añade información sobre los parametros IRCA". It features two input fields: "TITULO DEL REGISTRO" (with a placeholder "Titulo Registro") and "FECHA DEL REGISTRO" (with a placeholder "dd/mm/aaaa" and a calendar icon). Below these is a "DESCRIPCIÓN" section with a placeholder "Ingrese una descripción".

Figura 12 Formulario con información general de registro IRCA

El usuario puede ingresar información relevante frente al registro IRCA que desea agregar.

- **Título del registro**

El título del registro es un campo obligatorio que permite identificar el registro y posteriormente su búsqueda dentro del sistema.

- **Fecha del registro**

La fecha del registro es un campo obligatorio que permite identificar el día, mes y año en el que se realizó la toma de muestras. El campo de fecha cuenta con validaciones que no permiten al usuario ingresar fechas posteriores al día en curso.

- **Descripción**

La descripción es un campo obligatorio que permite agregar información relevante de la toma, tales como condiciones climáticas, condiciones del agua y el lugar entre otros.

Una vez ingresada la información general del registro se procede con los demás campos del formulario.

COLOR APARENTE <input type="text" value="Color Aparente"/>	TURBIEDAD <input type="text" value="Turbiedad"/>	PH <input type="text" value="pH"/>
COLOR RESIDUAL <input type="text" value="Color Residual Libre"/>	ALCALINIDAD TOTAL <input type="text" value="Alcalinidad Total"/>	CALCIO <input type="text" value="Calcio"/>
FOSFATOS <input type="text" value="Fosfatos"/>	MANGANESO <input type="text" value="Manganeso"/>	MOLIBDENO <input type="text" value="Molibdeno"/>
MAGNESIO <input type="text" value="Magnesio"/>	ZINC <input type="text" value="Zinc"/>	DUREZA TOTAL <input type="text" value="Dureza Total"/>
SULFATOS <input type="text" value="Sulfatos"/>	HIERRO TOTAL <input type="text" value="Hierro Total"/>	CLORUROS <input type="text" value="Cloruros"/>
NITRATOS <input type="text" value="Nitratos"/>	NITRITOS <input type="text" value="Nitritos"/>	ALUMINIO <input type="text" value="Aluminio"/>
FLUORUROS <input type="text" value="Fluoruros"/>	COT <input type="text" value="COT"/>	COLIFORMES TOTALES <input type="text" value="Coliformes Totales"/>
ESCHERICHIA COLI <input type="text" value="Escherichia Coli"/>		

Figura 13 Formulario de adición de parámetros IRCA

En la Figura 13 se le presentan al usuario los campos necesarios para ingresar los parámetros necesarios en el cálculo del índice de calidad de agua IRCA.

El formulario cuenta con validaciones que permiten al usuario la posibilidad de ingresar un mínimo de cuatro parámetros y un máximo de veintidós, con el fin de garantizar un valor final más confiable.

Una vez ingresados los parámetros de acuerdo a lo esperado el formulario presenta la posibilidad de seleccionar una ubicación.

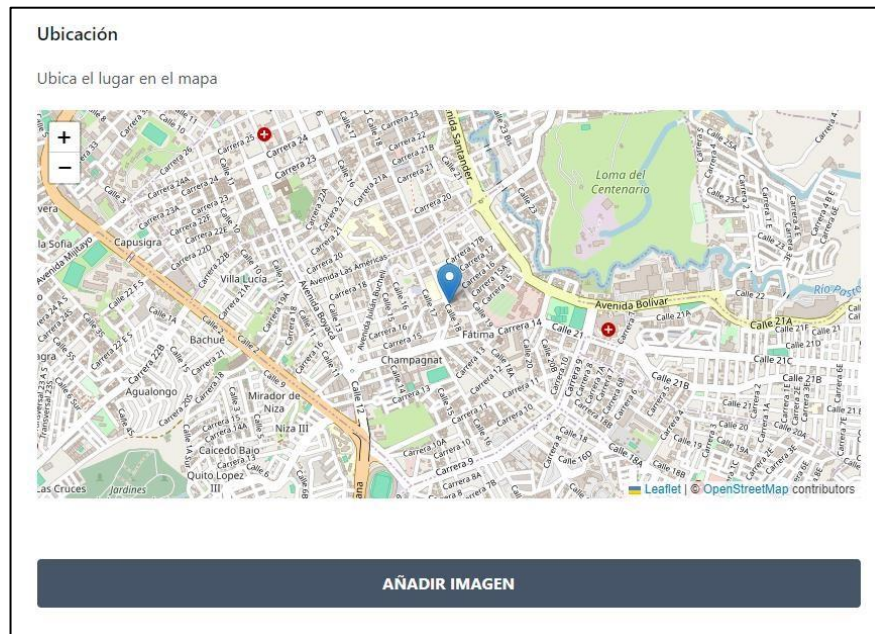


Figura 14 Selección de ubicación de muestra para registro IRCA

El formulario cuenta con una herramienta que presenta al usuario un mapa en el cual puede seleccionar la ubicación específica en la cual se llevó a cabo la toma de la muestra tal como se ve en la Figura 14.

Una vez seleccionada la ubicación en el mapa y contando con el formulario diligenciado de forma correcta, el usuario debe dar clic sobre el botón “añadir imagen” el cual lo redireccionará a una nueva vista en la cual podrá agregar los respectivos registros fotográficos.



Figura 15 Módulo para agregar imagen registro IRCA

Se presenta al usuario la herramienta con la que puede agregar registros fotográficos relacionados con su toma de muestras. La herramienta permite al usuario ingresar como mínimo una imagen y como máximo dos. Una vez cargadas las imágenes debe dar clic sobre el botón “publicar registro” para que la información quede registrada en la aplicación.

Gestión de registros

El usuario gestor tiene la posibilidad de editar la información del registro, así como eliminarlo según sean sus necesidades, para hacerlo debe ir a la opción de “mis registros”.

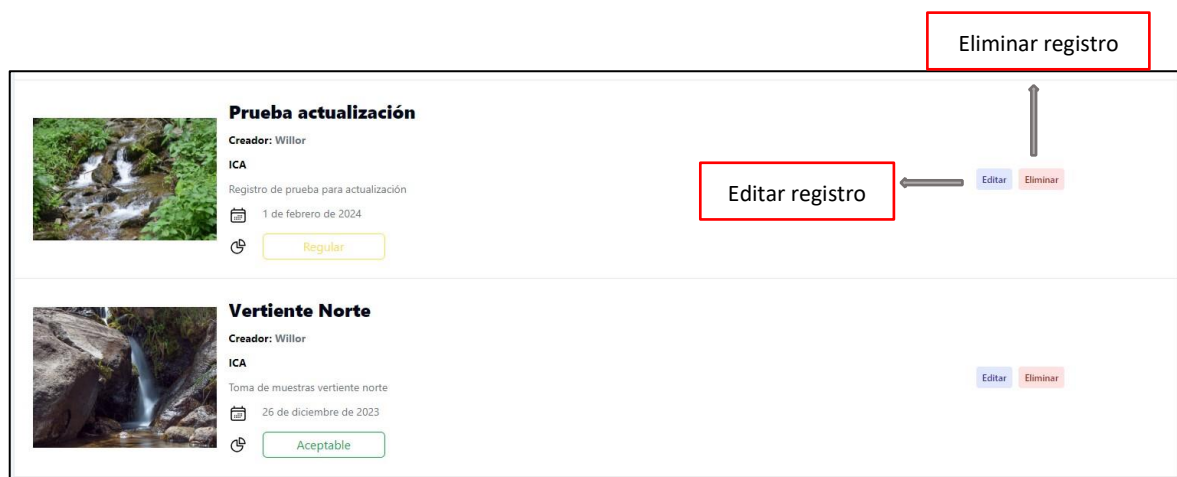


Figura 16 Opciones eliminación y edición de registros

En la Figura 16 se presenta la pantalla de “mis registros” donde se listan los registros de IRCA e ICA. Cada uno de los registros presenta en el lado derecho dos botones, uno de edición el cual permite redireccionar al usuario al formulario del registro con los datos previamente cargados para que estos puedan ser modificados por el usuario. El botón “Eliminar” permite al usuario borrar el registro seleccionado.

El usuario gestor tiene como propósito la creación, edición y eliminación de registros dependiendo de sus necesidades. La información ingresada por el usuario gestor alimenta la base de datos y amplía el entendimiento de los mismos.

Perfil usuario Lector

El rol de lector es asignado automáticamente a cualquier usuario que se registre en el aplicativo. El usuario lector tiene acceso a información general del aplicativo al igual que un usuario que no está registrado en el aplicativo, sin embargo, el contar con un registro permite que un usuario de nivel superior tal como super administrador o administrador puedan otorgarle permisos.

Una vez el usuario lector realiza su respectivo login es direccionado a la pantalla inicial donde se presentan diferentes herramientas.

Mapa de registros IRCA



Figura 17 Mapa principal con filtros por año

En la Figura 17 se presenta una de las herramientas de la pantalla principal del aplicativo en la que se muestra al usuario un mapa de la ciudad de Pasto y sus alrededores. El mapa permite

la navegación por el mismo, dependiendo de las necesidades del usuario. Se muestran puntos que indican las diferentes ubicaciones donde se han tomado las muestras del año en curso.

Cuando el usuario da clic sobre uno de los puntos se presenta una tarjeta informativa con datos relevantes del respectivo registro, la tarjeta presenta un botón que lleva por nombre “ver registro” y permite al usuario ir directamente a una ventana donde puede ver datos más específicos y relevantes sobre el registro.

El mapa da la opción de filtrar por año los registros que se presentan.

La pantalla principal presenta al usuario los tres últimos registros del IRCA ingresados dentro del aplicativo tal como se ve en la Figura 18.



Figura 18 Últimos tres registros IRCA

Los registros que se presentan cuentan con información relevante sobre cada uno de ellos y cuentan con un botón que permite al usuario ir directamente a una vista donde se muestra información más específica del registro.

Mapa Centro Lope

La pantalla principal también muestra al usuario un mapa del Centro Lope el cual es el lugar donde se toman las muestras del ICA tal como se ve en la Figura 19.



Figura 19 Mapa Centro Lope

Se presentan al usuario los tres últimos registro ICA ingresados dentro del aplicativo.

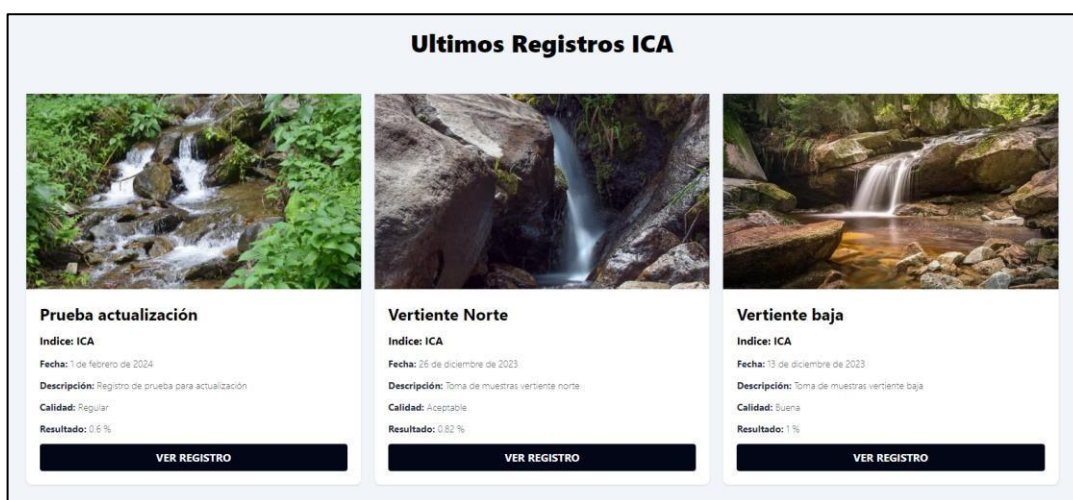


Figura 20 Últimos tres registros ICA

Los registros presentes en la Figura 20 presentan al usuario información relevante sobre los mismos y cuentan con un botón llamado “ver registro” que permite dirigir al usuario a una nueva vista en la cual podrá ver información más detallada de cada registro.

La pantalla principal del aplicativo presenta un Pie de página el cual cuenta con información general del aplicativo.



Figura 21 Pie de página

El pie de página presenta al usuario herramientas de navegación dentro de la aplicación tal como la opción de “investigadores” la cual permite al usuario ver información de los estudiantes investigadores creadores del aplicativo. La opción “Índices de calidad” redirige al usuario a una vista que muestra información relevante sobre los índices de calidad IRCA e ICA, tal como fórmulas y parámetros de evaluación.

Visualización de registros

La pantalla principal del aplicativo cuenta con un encabezado el cual presenta opciones de navegación al usuario tal como se ve en la Figura 22.

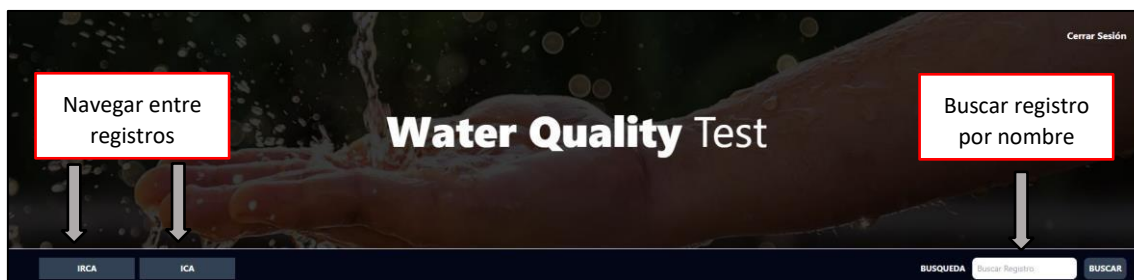


Figura 22 Encabezado

El encabezado cuenta con la opción para el cierre de la sesión en curso, así mismo como la opción de buscar un registro a partir del nombre del mismo.

Registros IRCA

Si el usuario da clic sobre el botón IRCA será dirigido a una nueva vista donde se presentan todos los registros IRCA dentro del sistema.

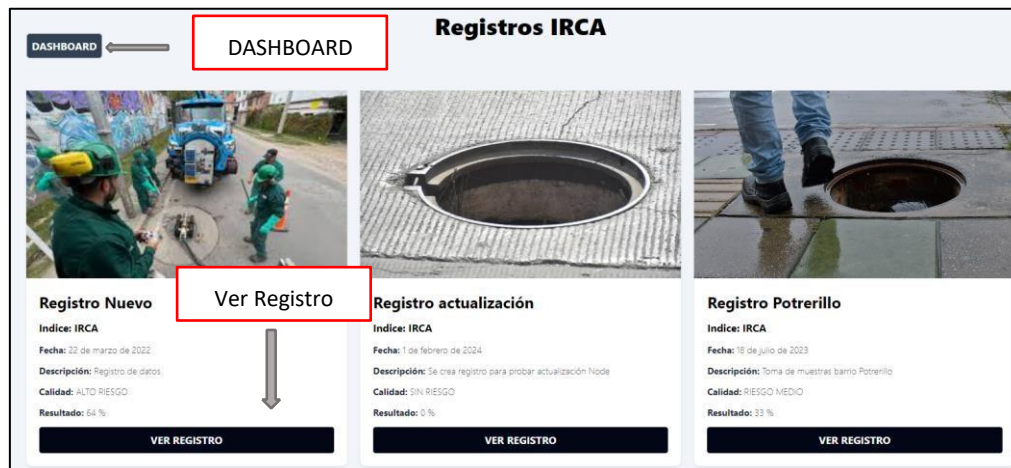


Figura 23 Espacio registros IRCA

Como se puede ver en la Figura 23, se presentan todos los registros IRCA dentro del sistema, cada registro da la opción al usuario de ver el registro de forma específica al dar clic en el botón “ver registro”, de igual forma se presenta el botón “DASHBOARD” el cual redirecciona al usuario a una nueva vista la cual cuenta con información general de los registros.

Ver registro IRCA

Al dar clic sobre el botón “ver registro” el usuario es redireccionado a la vista que se ve en la Figura 24.



Figura 24 Información selección registro IRCA

Se presentan las fotos asociadas al registro seleccionado así mismo como información del mismo tal como, la fecha de registro y la descripción. También se presenta un mapa con la ubicación en la cual se llevó a cabo la toma de la muestra.

Se presentan datos relevantes sobre el registro seleccionado, así como el índice evaluado.

Información del Registro

Parámetro	Valor
COLOR	0.01
TURBIEDAD	0.01
ALCALINIDAD TOTAL	0.01
CALCIO	0.01
RESULTADO	0 %
CALIDAD	SIN RIESGO

GENERAR INFORME

Generación de informe PDF

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra
80.1 - 100	INVARIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría Genera
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.

Figura 25 Información selección registro IRCA y parámetros

La Figura 25 muestra al usuario los parámetros que se evaluaron en el registro así mismo como los valores asignados a cada uno de ellos. Las últimas filas de la primera tabla presentan

el resultado de la evaluación de los parámetros y la calidad obtenida a partir de los procesos internos de evaluación.

La última tabla informa al usuario sobre la clasificación de calidad a partir de los posibles resultados obtenidos y las acciones que se deben tomar a partir de las mismas.

También se cuenta con un botón que tiene por nombre “Generar Informe” el cual al ser presionado nos genera un informe PDF con la información del registro.

Finalmente, la vista nos presenta información estadística sobre los registros evaluados.

Gráficas estadísticas parámetros IRCA

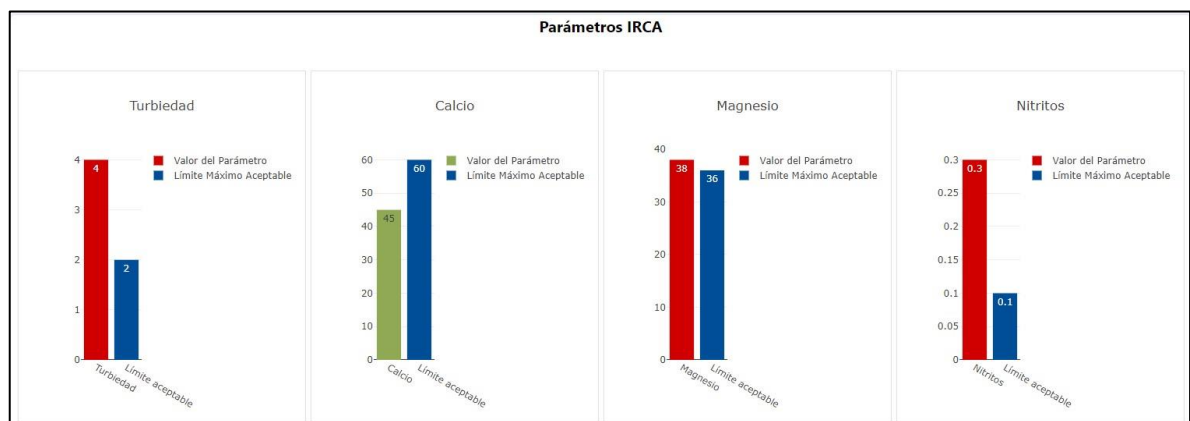


Figura 26 Información estadística selección IRCA

Se presenta en la Figura 26 información estadística de cada uno de los parámetros evaluados en el registro IRCA seleccionado. Cada parámetro cuenta con valores o rangos específicos de evaluación, de modo que, si el valor no está dentro de lo esperado la gráfica se presentará en rojo. Cada gráfica cuenta con dos barras, la barra de la derecha muestra el límite máximo aceptable del parámetro o el intervalo en el que debe estar, la barra de la izquierda presenta el valor que el usuario ingresó y tomará el color verde o rojo dependiendo de si está dentro del límite o el intervalo aceptable.

Generación de PDF IRCA

El botón “generar informe” permite al usuario descargar un informe PDF el cual presenta información del registro seleccionado tal como se presenta en la Figura 27.



Figura 27 Informe PDF IRCA

DASHBOARD IRCA

El botón “DASHBOARD” nos redirecciona a una nueva pantalla la cual nos presenta diferentes gráficas estadísticas con datos generales de los registros IRCA los cuales pueden ser filtrados por año.

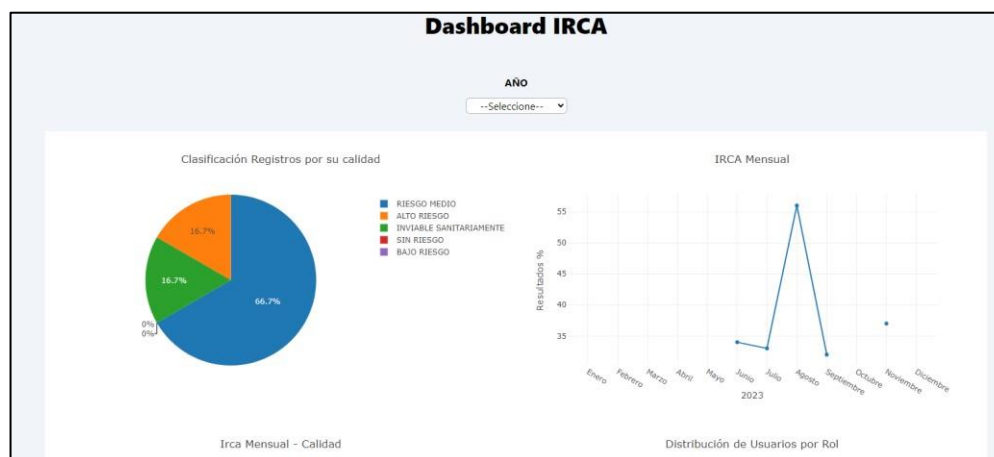


Figura 28 DASHBOARD A datos IRCA

La Figura 28 nos muestra dos gráficas estadísticas las cuales describen el comportamiento general de los registros IRCA. La primera gráfica permite identificar el porcentaje de cada nivel de riesgo dentro del sistema en el año seleccionado.

La segunda gráfica muestra el cálculo del IRCA mensual en el año seleccionado o el año en curso.



Figura 29 DASHBOARD B datos IRCA

La Figura 29 muestra tres gráficas estadísticas más. La primera gráfica nos presenta el IRCA mensual calculado a partir del año seleccionado o el año en curso, los datos muestran la calidad del agua y la asignación de colores a partir de la misma. La segunda gráfica nos muestra la cantidad de usuarios dentro del sistema y el rol que ocupan. La gráfica final nos permite identificar el área de tendencia de los registros evaluados por mes en el año seleccionado o el año en curso.

Cada una de las gráficas estadísticas permite interacción con la misma de modo que puede ser discriminada la información para un mejor entendimiento del usuario, de igual forma se puede descargar la imagen.

Registros ICA

Si el usuario da clic sobre el botón ICA será dirigido a una nueva vista donde se presentan todos los registros ICA dentro del sistema.

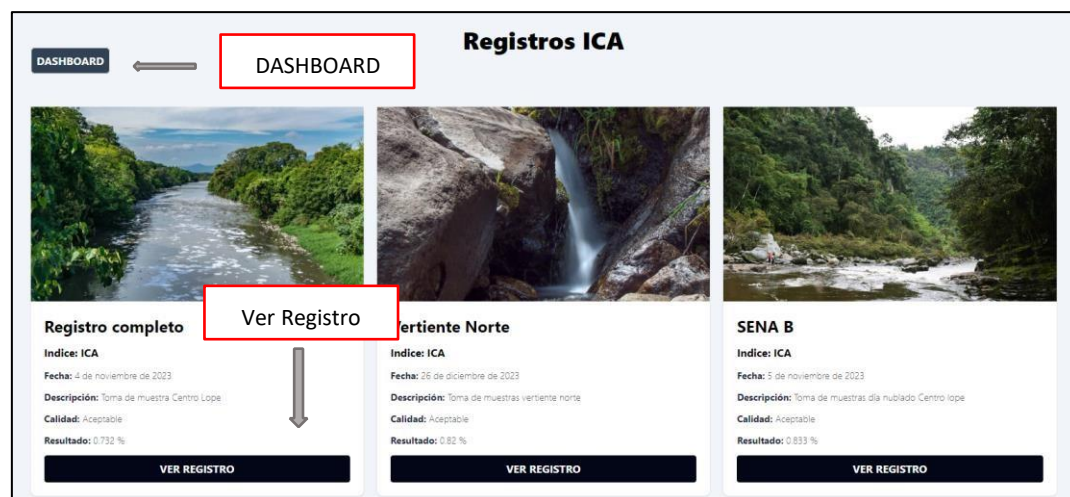


Figura 30 Espacio registros ICA

Como se puede ver en la Figura 30, se presentan todos los registros ICA dentro del sistema, cada registro da la opción al usuario de ver el registro de forma específica al dar clic en el botón “ver registro”, de igual forma se presenta el botón “DASHBOARD” el cual

redirecciona al usuario a una nueva vista la cual cuenta con información general de los registros.

Ver registro ICA

Al dar clic en el botón “ver registro” el usuario es dirigido a una vista que presenta información detallada del registro seleccionado.



Figura 31 Información selección registro ICA

Se presentan las fotos asociadas al registro seleccionado así mismo como información del mismo tal como, la fecha de registro, la descripción y la calidad. También se presenta un mapa del Centro Lope con el área y parte donde se tomó la muestra.

Se presentan datos relevantes sobre el registro seleccionado, así como el índice evaluado.

Información del Registro					
Parámetro	Valor	Unidades	Peso (Wi)	Calidad (Iik)	Peso (Wi * Iik)
Oxígeno disuelto	70	% Saturación	0.2	0.7	0.14
Solidos suspendidos	30	mg/L	0.2	0.93	0.186
Demanda química de Oxígeno	30	mg/L	0.2	0.51	0.102
Conductividad eléctrica	40	us/cm	0.2	0.923	0.1846
Ph	6	-	0.2	0.595	0.119
Resultado ICA	0.732				

GENERAR INFORME

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Valor que puede tomar el indicador	Clasificación de calidad	Señal de Alerta
0.00 - 0.25	MUY MALA	Rojo
0.26 - 0.50	MALA	Naranja
0.51 - 0.70	REGULAR	Amarillo
0.71 - 0.90	ACEPTABLE	Verde
0.91 - 1	BUENA	Azul

Figura 32 Información selección registro ICA y parámetros

La Figura 32 muestra al usuario los parámetros que se evaluaron en el registro así mismo como los valores asignados a cada uno de ellos. La última fila de la primera tabla presenta el resultado de la evaluación de los parámetros y la calidad obtenida a partir de los procesos internos de evaluación.

La última tabla informa al usuario sobre la clasificación de calidad a partir de los posibles resultados obtenidos y los colores asignados a la clasificación de calidad.

También se cuenta con un botón que tiene por nombre “Generar Informe” el cual al ser presionado nos genera un informe PDF con la información del registro.

Finalmente, la vista nos presenta información estadística sobre los registros evaluados.

Gráficas estadísticas parámetros ICA

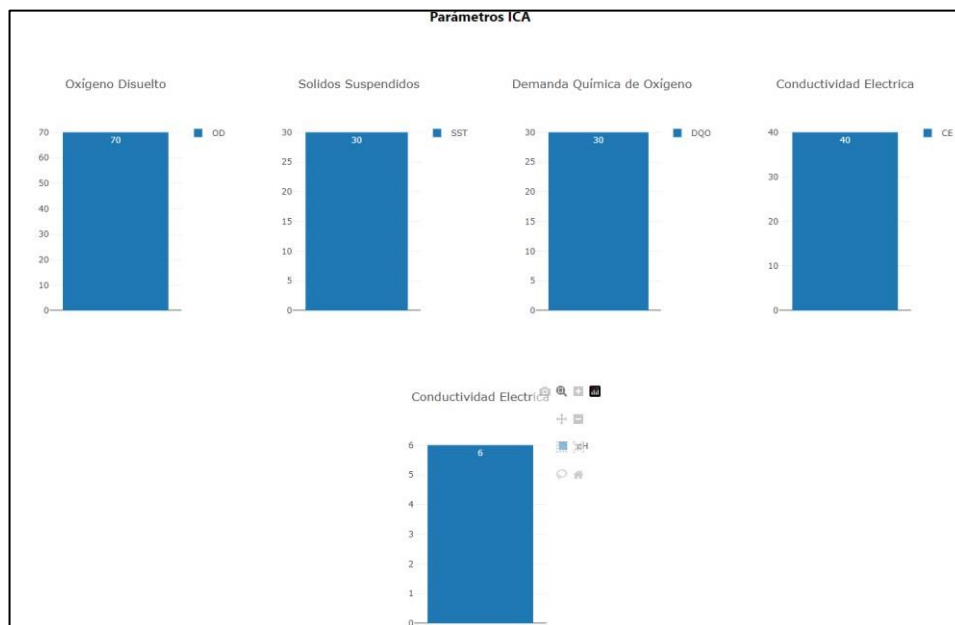


Figura 33 Información estadística selección ICA

Se presenta en la Figura 33 información estadística de cada uno de los parámetros evaluados en el registro ICA seleccionado.

Generación PDF ICA

La vista presenta al usuario la posibilidad de generar un informe PDF tal como se muestra en la Figura 34.

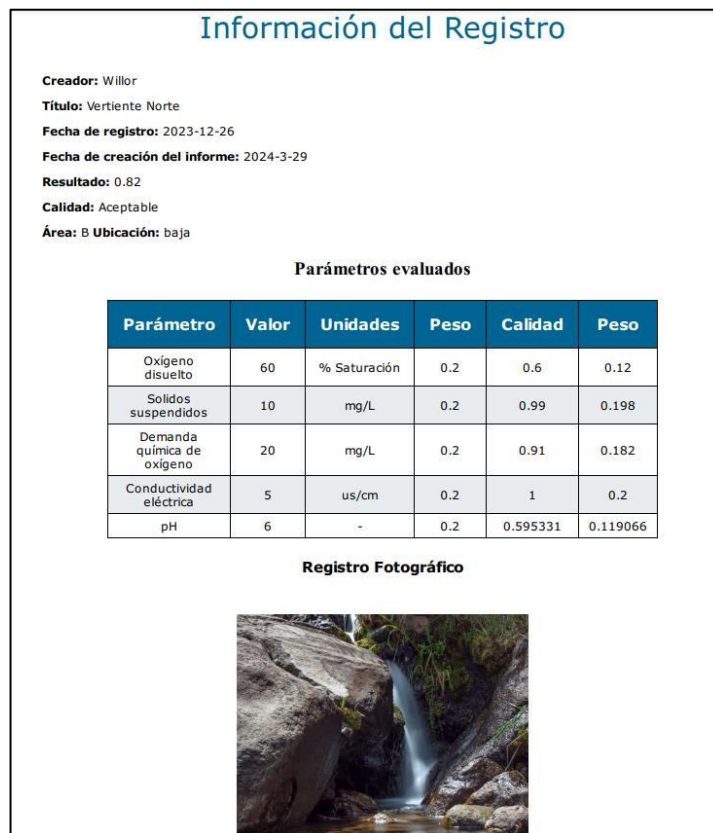


Figura 34 Informe PDF ICA

DASHBOARD ICA

El botón “DASHBOARD” nos redirecciona a una nueva pantalla la cual nos presenta diferentes gráficas estadísticas con datos generales de los registros IRCA los cuales pueden ser filtrados por año.



Figura 35 DASHBOARD A datos ICA

La Figura 35 presenta al usuario las dos gráficas estadísticas iniciales las cuales nos muestran información general de los registros ICA filtrada por año o el año en curso. La primera gráfica presenta el porcentaje de registros clasificados por la calidad. La segunda gráfica muestra el cálculo del ICA mensual discriminado por cada mes.

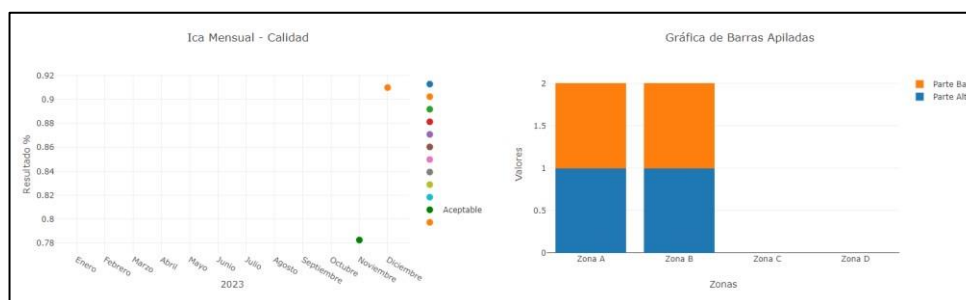


Figura 36 DASHBOARD B datos ICA

La Figura 36 presenta al usuario las dos gráficas estadísticas finales. La primera gráfica muestra el ICA mensual discriminado por mes y clasificado por color según la calidad obtenida. La segunda es una gráfica de barras apiladas que nos muestra los valores obtenidos clasificados por cada zona y ubicación.

Las gráficas presentadas permiten la interacción de modo que el usuario puede discriminar los datos que considere necesarios, de igual forma las gráficas permiten ser descargadas como imagen.

Índices de calidad

El pie de página del aplicativo dentro de sus opciones de navegación presenta un apartado llamado información el cual contiene un botón llamado “índices de calidad” tal como se ve en la Figura 37.



Figura 37 Información Índices de calidad

El botón permite al usuario ser redireccionado a una nueva vista en la cual se presenta información relevante sobre los índices de calidad.



Figura 38 Selección información índices de calidad

La pantalla muestra al usuario dos tarjetas en las que se especifican los dos índices de calidad que se trabajan dentro del aplicativo, cada tarjeta cuenta con un botón que tiene por nombre “ver” y el cual redirecciona al usuario a una nueva vista al ser presionado.

Información índice IRCA

Al dar clic en el botón “ver” de la tarjeta IRCA el usuario es redireccionado a una nueva vista.

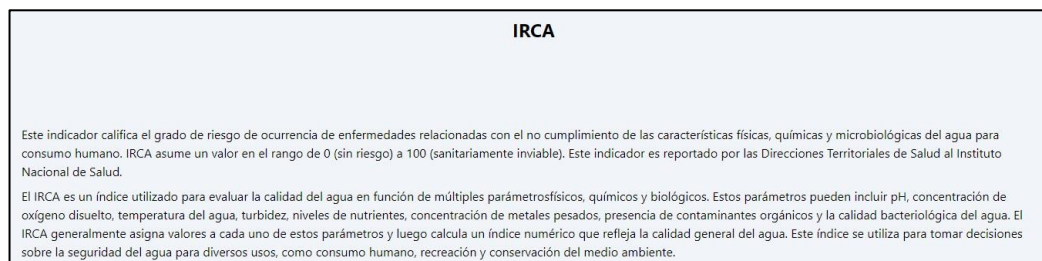


Figura 39 Información índice IRCA

La Figura 39 presenta una introducción informativa del índice de calidad IRCA con datos que se tienen en cuenta frente al mismo y su uso.

Parámetro	Puntaje de Riesgo	Valor máximo aceptable (mg/l)
Color Aparente	6	15
Turbiedad	15	2
pH	1,5	6,5 y 9,0
Cloro Residual Libre	15	0,3 y 2,0
Alcalinidad Total	1	200
Calcio	1	60
Fosfatos	1	0,5
Manganeso	1	0,1
Molibdeno	1	0,07
Magnesio	1	36
Zinc	1	3
Dureza Total	1	300
Sulfatos	1	250
Hierro Total	1,5	0,3
Cloruros	1	250
Nitratos	1	10
Nitritos	3	0,1
Aluminio	3	0,2
Fluoruros	1	1
COT	3	5
Coliformes Totales	15	0
Escherichia Coli	25	0

Figura 40 Tabla informativa parámetros IRCA

Se presenta una tabla con los veintidós parámetros del IRCA, el puntaje de riesgo que se asigna a cada uno y los valores que debe tomar para definir los procesos en el cálculo de la calidad.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional. General.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Figura 41 Tabla informativa cálculo calidad IRCA y acciones

La Figura 41 presenta una tabla con información sobre los rangos en los que debe estar el resultado del cálculo del índice IRCA para su respectiva clasificación, de igual forma se presentan las acciones que se deben tomar frente al resultado obtenido del IRCA y el IRCA mensual.

Información índice ICA

Al dar clic en el botón “ver” de la tarjeta que hace referencia al índice de calidad ICA el usuario es redireccionado a una nueva vista la cual muestra información relevante del índice.

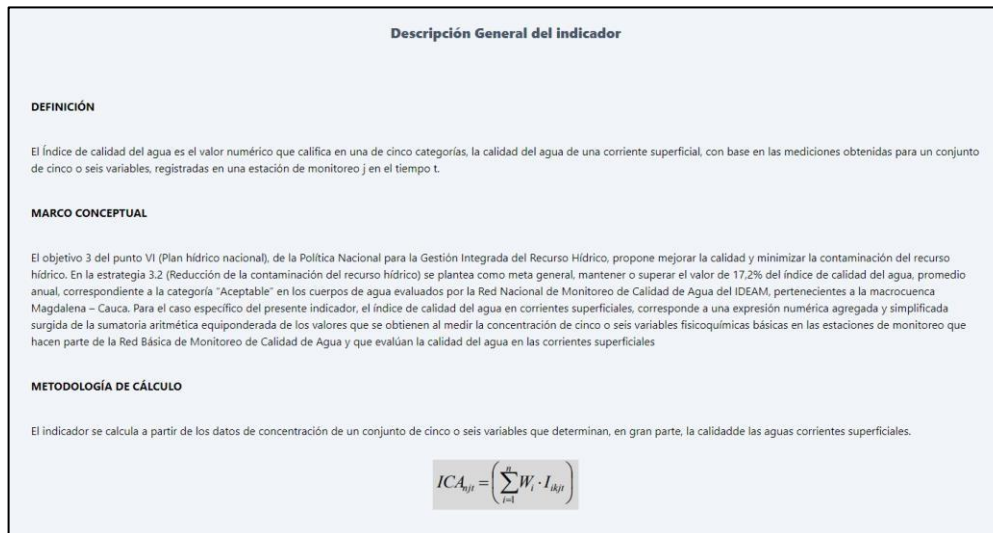


Figura 42 Información general índice ICA

Se presenta en la Figura 42 la descripción del índice ICA, su definición, el marco conceptual y la metodología acompañada de la fórmula que se debe aplicar para su cálculo.

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto (OD)	% Saturación	0.2
Sólidos suspendidos Totales (SST)	mg/l	0.2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	0.2
conductividad Eléctrica (C.E)	us/cm	0.2
pH (OD)	Unidades de pH	0.2

Figura 43 Tabla de variables y ponderación índice ICA

La tabla muestra las variables que se evalúan para calcular el índice de calidad así mismo como su unidad de medida y ponderación.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0.00 - 0.25	Muy mala	Rojo
0.26 - 0.50	Mala	Naranja
0.51 - 0.70	Regular	Amarillo
0.71 - 0.90	Aceptable	Verde
0.91 - 1.00	Buena	Azul

Figura 44 Tabla de categorías de calidad ICA

La tabla muestra al usuario los rangos de valor que debe tener el resultado del cálculo del índice de calidad ICA para poder entrar en la categoría correspondiente.

La vista de información presenta información general del índice ICA tal como clasificaciones y aplicación de fórmulas frente a cada parámetro.

Contáctanos

El pie de página del aplicativo dentro de sus opciones de navegación presenta un apartado llamado contáctanos el cual contiene un botón llamado “investigadores” tal como se ve en la Figura 45.



Figura 45 Sección Contáctanos investigadores

Al ingresar en la opción mencionada el usuario será redireccionado a una nueva vista en la que se muestra la información de los estudiantes creadores del aplicativo.

Cerrar sesión

El encabezado del aplicativo cuenta con la opción de cierre de sesión la cual permite al usuario dar clic y cerrar su sesión en curso tal como se ve en la Figura 46.



Figura 46 Cierre de sesión

Las herramientas y a las cuales tiene acceso el usuario lector y que se han mencionado, pueden ser accedidas por usuarios sin registro y todos los roles anteriormente descritos. La información de este usuario está disponible para ser consultada por todos.

El usuario lector es un usuario que está registrado en el aplicativo por lo que se le pueden realizar modificaciones en su rol inicial a diferencia de un usuario no registrado.

ANEXO 8. Ficha de catalogación del aplicativo Water Quality Test.

Ficha de Catalogación
Water Quality Test HERRAMIENTA DE INFORMACIÓN WEB PARA LA
GESTIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL AGUA DE LOS SISTEMAS DE
ABASTECIMIENTO





Datos Generales

Nombre del Proyecto General: **Herramienta de información WEB para la gestión de los parámetros del agua en los sistemas de abastecimiento.**

Título del Software: **Water Quality Test**

Tipo de Producción Software: **Producción Tecnológica**

Autores: **Santiago Botina, William Solarte, Hector Mora, Jorge Rivera**

Categoría del Software: **Aplicación**

Tecnología de Despliegue (Recomendada):

Sistema Operativo: **Windows Server**

Extensibilidad

El diseño arquitectónico Water Quality Test permite la fácil programación y adaptación de nuevos elementos, que permiten obtener una plataforma replicable y escalable para la recolección de datos obtenidos de las muestras realizadas y su previo procesamiento en laboratorio con la capacidad de llevar a cabo los procesos para calcular la calidad del agua, capacidad de almacenamiento, análisis y visualización de la información.

Desempeño

Water Quality Test al ser un aplicativo web puede ser utilizada en diferentes dispositivos que cuenten con acceso a internet. Cuenta con un módulo de gestión en el cual se puede crear, modificar, eliminar y ver registros de los índices de calidad IRCA e ICA. El software Water Quality Test garantiza el buen funcionamiento en materia de manejo de la información, adicionalmente, el tiempo de respuesta es óptimo.

Usabilidad

Water Quality Test fue creado con características de diseño de interfaces amigables con la experiencia al usuario, por lo que su uso es de fácil comprensión, agradable y cómodo. Adicionalmente, la interfaz está orientada a la visualización de los diferentes componentes de manera que los usuarios puedan interactuar con facilidad y eficiencia.

Flexibilidad

El aplicativo fue desarrollado con tecnologías y herramientas que proporcionan una estructura flexible la cual permite realizar cambios, haciendo fácil la implementación de nuevas librerías o funcionalidades. Water Quality Test cuenta con una estructura organizada que permite que el código sea fácilmente entendido para ajustarlo a futuras necesidades.

Integridad

La información sensible compartida entre el aplicativo y la base de datos utiliza el protocolo JWT de autorización. Así, los usuarios deben estar debidamente registrados en el sistema y contar con un rol que les permita acceso a las funcionalidades del aplicativo.

Eficiencia

Gracias a la arquitectura bien diseñada y optimizada del aplicativo se cuenta con un rendimiento óptimo en el registro de información y la gestión de los datos. Además, la implementación de tecnologías modernas y herramientas de desarrollo avanzadas ofrecen una respuesta rápida a las necesidades de los usuarios. Water Quality Test es una herramienta WEB lo que permite ser accedida desde diferentes dispositivos con acceso a internet, el contar con vistas responsive permite que el usuario interactúe con la herramienta de forma óptima y precisa.

Compatibilidad

Water Quality Test está diseñado para ser compatible con una amplia variedad de navegadores web. Se seleccionaron herramientas que cuentan con el soporte necesario en los navegadores más populares. El aplicativo cuenta con un desarrollo responsive por lo que permite ser consultado desde una amplia variedad de dispositivos

Documentación

El sistema Water Quality Test se encuentra documentado a través de los manuales de sistema y de usuario: El código fuente de la aplicación se entrega en forma magnética.

ANEXO 9. Plan de pruebas del aplicativo Water Quality Test.

Plan de pruebas

Presentado a: Institución Universitaria CESMAG

Proyecto:

Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante el análisis de datos

San Juan de Pasto

2024

CONTENIDO

1.....	Introducción
202	
2.Alcance	de las pruebas
203	
2.1.Requisitos	no funcionales
203	
3.....	Pruebas
204	
3.1.Realización	de pruebas y obtención de resultados
204	
4.....	Conclusión
207	

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se especifica el plan de pruebas construido para el aplicativo Water Quality Test el cual se desarrolló para el proyecto: “Herramienta de información Web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante el análisis de datos. El Propósito de este plan de pruebas es definir los requisitos no funcionales a evaluar, realizar las pruebas y plasmar los resultados asegurando la calidad del producto frente a los requerimientos establecidos.

El Proyecto presenta una herramienta que ofrece una solución de software para la sistematización de los procesos para el registro, análisis, gestión y visualización de los parámetros del agua para el cálculo de la calidad frente a los índices IRCA e ICA.

Las pruebas se aplicarán siguiendo el procedimiento de Gestión de Ingeniería de Software definido por los creadores del aplicativo, el cual involucra la definición de requisitos no funcionales y sub características del mismo para ser evaluadas.

2. ALCANCE DE LAS PRUEBAS

2.1. Requisitos no funcionales

Para la realización de pruebas se tendrán en cuenta los siguientes requisitos no funcionales.

No	Requisito no funcional	Sub Característica	Descripción
RFN01	Eficiencia de desempeño	Comportamiento temporal	Grado en que un producto realiza sus funciones de forma que el tiempo de respuesta y el radio de rendimiento cumple los requisitos especificados.
			Capacidad del producto que le permite ser

RFN02	Flexibilidad	Adaptabilidad	adaptado de forma efectiva y eficiente a diferentes entornos determinados de hardware, software, operacionales o de uso.
RFN03	Seguridad	Integridad	Capacidad de un producto para garantizar que el estado de su sistema y sus datos están protegidos frente a modificaciones o eliminaciones no autorizadas, ya sea por acciones malintencionadas o por errores informáticos.

3. Pruebas

3.1. Realización de pruebas y obtención de resultados

RFN01 Eficiencia de desempeño – Comportamiento temporal

Grado en que un producto realiza sus funciones de forma que el tiempo de respuesta y el radio de rendimiento cumple los requisitos especificados.

Para la evaluación del presente requisito no funcional se hizo uso de herramientas que permiten la evaluación de las características específicas y los resultados se presentan a continuación.

FCP (First Content Full Paint) Primer despliegue del contenido

LCP (Largest Contentful Paint) Despliegue del contenido más extenso

IS (Speed Index) Velocidad de iteración

CLS (Cumulative Layout Shift) Cambio acumulativo de diseño

MÉTRICAS

● First Contentful Paint

0.8 s

■ Largest Contentful Paint

1.3 s

● Total Blocking Time

0 ms

● Cumulative Layout Shift

0

■ Speed Index

2.0 s

RFN02 Flexibilidad – Adaptabilidad

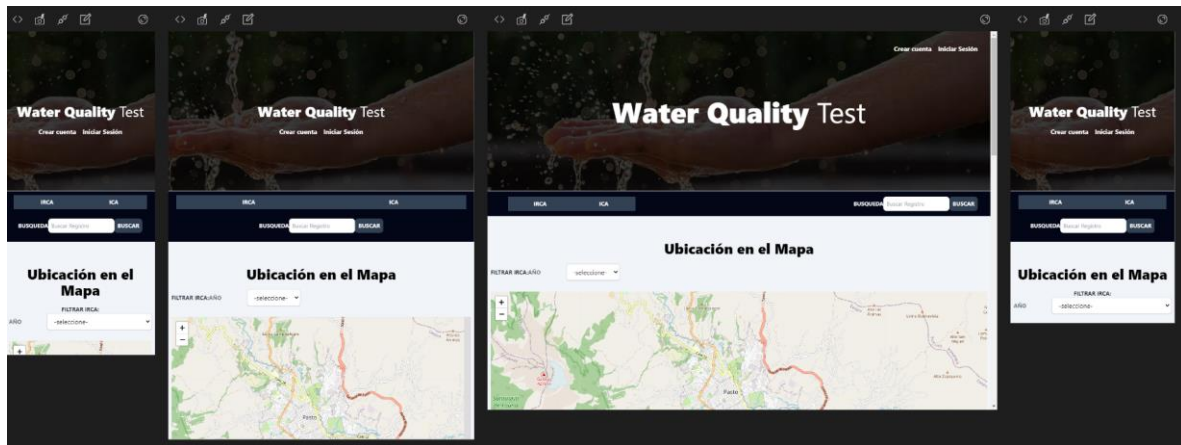
Capacidad del producto que le permite ser adaptado de forma efectiva y eficiente a diferentes entornos determinados de hardware, software, operacionales o de uso.

Para la evaluación del presente requisito no funcional se hizo uso de herramientas que permiten evaluar al dispositivo frente al diseño responsive, garantizando que este pueda ser accedido desde diferentes tipos de dispositivos y se determina el SEO (Optimización para Motores de Búsqueda).



SEO

Estas comprobaciones aseguran que tu página esté siguiendo la sugerencia básica de optimización por motores de búsqueda. Existen muchos factores adicionales que Lighthouse no registra y que pueden afectar su clasificación en la búsqueda, como el rendimiento en las



RFN03 Seguridad – Integridad

Capacidad de un producto para garantizar que el estado de su sistema y sus datos están protegidos frente a modificaciones o eliminaciones no autorizadas, ya sea por acciones malintencionadas o por errores informáticos.

Para la evaluación del presente requisito no funcional se hizo revisión de la implementación de herramientas o estrategias que garanticen la seguridad de la información dentro del aplicativo frente a las siguientes amenazas.

Cross-site request forgery (CSRF): Falsificación de petición en sitios cruzados; es un tipo de exploit malicioso de un sitio web en el que comandos no autorizados son transmitidos por un usuario en el cual el sitio web confía.

Manejo erróneo de contraseñas: Uso inadecuado de las contraseñas dentro del aplicativo, haciendo posible acceder a información sensible del usuario.

Inicio de sesión inseguro: El no contar con herramientas que garanticen la seguridad de los datos del usuario al inicio de sesión o en el intercambio de información dentro del aplicativo.

El aplicativo Water Quality Test hace uso de protección CSRF en todos sus formularios garantizando que la información ingresada en estos no pueda ser interceptada o vulnerada.

El aplicativo Water Quality Test utiliza herramientas que permiten crear hasheos seguros de las contraseñas, asegurando que ningún ente pueda identificarlas y vulnerarlas.

El aplicativo Water Quality Test implementa JWT para manejar los inicios de sesión de forma segura al igual que para intercambiar información de manera interna.

4. CONCLUSIONES


Basado en los resultados de la evaluación de los requisitos no funcionales, se puede concluir que el aplicativo web implementa métodos y herramientas efectivos que garantizan el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Eficiencia de Desempeño: El aplicativo demuestra una respuesta ágil y eficiente, lo que sugiere la optimización de recursos y la gestión efectiva de las operaciones. Esto puede reflejar una arquitectura bien diseñada, el uso adecuado de tecnologías de servidor y cliente, así como la implementación de prácticas de codificación eficientes.

Flexibilidad: La flexibilidad del aplicativo indica que está diseñado para adaptarse a diferentes contextos y escenarios de uso. Esto puede ser evidente en la capacidad de personalización, la modularidad del código o la integración con diferentes dispositivos.

Seguridad: La evaluación confirma que el aplicativo web ha integrado medidas de seguridad efectivas para proteger los datos y los usuarios contra posibles amenazas y vulnerabilidades.


Esto puede incluir técnicas como la autenticación sólida, la autorización adecuada, el cifrado de datos, la protección contra ataques de inyección y la gestión segura de sesiones, entre otras prácticas recomendadas en seguridad informática.

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: William Andrés Solarte Arturo	Documento de identidad: 1085265937
Correo electrónico: willydark56@gmail.com	Número de contacto: 3182249819
Nombres y apellidos del autor: Santiago Esteban Botina Arciniegas	Documento de identidad: 1010093252
Correo electrónico: santiagobotina21@gmail.com	Número de contacto: 3188469179
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del asesor: Héctor Andrés Mora Paz	Documento de identidad: 1085251119
Correo electrónico: hmorapaz@gmail.com	Número de contacto: 3172537641
Título del trabajo de grado: Herramienta de información web para la gestión de los parámetros del agua de los sistemas de abastecimiento y PTAR del SENA mediante el análisis de datos	
Facultad y Programa Académico: Ingeniería, Ingeniería de sistemas	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

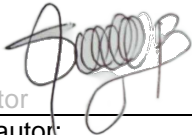
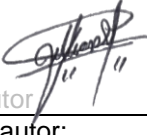
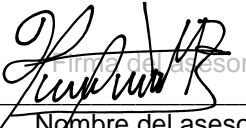
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.
- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 26 días del mes de Agosto del año 2024

 Firma del autor Nombre del autor:	 Firma del autor Nombre del autor:
Firma del autor Nombre del autor:	Firma del autor Nombre del autor:
 Firma del asesor Nombre del asesor:	



UNIVERSIDAD
CESMAG
NIT: 800.109.387-7
VIGILADA MINEDUCACIÓN

**AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE
GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

CÓDIGO: AAC-BL-FR-031

VERSIÓN: 1

FECHA: 09/JUN/2022