

Jhann Antony Pérez Estela Y Edin David Chinchay ...

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO, PARA DESBORDES EN ...

 Quick Submit
 Quick Submit
 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3563981026

137 páginas

Fecha de entrega

8 may 2026, 8:14 a.m. GMT-5

17.741 palabras

Fecha de descarga

8 may 2026, 8:19 a.m. GMT-5

102.807 caracteres

Nombre del archivo

avid_Chinchay_Maldonado_Informe_-_JHANN_ANTONY_PEREZ_ESTELA.pdf

Tamaño del archivo

14.7 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 14 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1950 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unj.edu.pe	5%
2	Internet	naylampmechatronics.com	1%
3	Internet	uelectronics.com	<1%
4	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
5	Internet	www.evoltapc.cl	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad de Piura	<1%
7	Internet	cdmxelectronica.com	<1%
8	Internet	destecmex.com	<1%
9	Internet	www.gob.pe	<1%
10	Internet	irelectronics.pe	<1%
11	Internet	westor.pe	<1%

12	Trabajos del estudiante	Escuela Politecnica Nacional	<1%
13	Internet	lifestore.pe	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador	<1%
15	Internet	hdl.handle.net	<1%
16	Internet	www.electronicabp.com	<1%
17	Internet	repositorio.pascualbravo.edu.co	<1%
18	Internet	www.electromania.pe	<1%
19	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
20	Internet	opalux.com.pe	<1%
21	Internet	camjol.info	<1%
22	Internet	sawers.com.pe	<1%
23	Internet	1library.co	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	<1%

26	Trabajos del estudiante	Fundacion Universitaria Juan de Castellanos	<1%
27	Trabajos del estudiante	PUCMM Virtual	<1%
28	Internet	alejandria.poligran.edu.co	<1%

1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO,
PARA DESBORDES EN EL CANAL DE AGUA EL
PROGRESO EN LA CIUDAD DE JAÉN, 2025**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores: Bachiller. Jhann Antony Pérez Estela.
Bachiller. Edín David Chinchay Maldonado.

Asesor: Dr. Walter Linder Cabrera Torres.
Dr. Lenin Quiñones Huatangari.

Línea de investigación: Automatización y Control Industrial.

JAÉN – PERÚ, DICIEMBRE 2025

ÍNDICE

1	RESUMEN	6
	ABSTRACT	7
	I. INTRODUCCIÓN.....	8
	II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
	2.1. Objeto de estudio.....	11
	2.2. Ubicación geográfica del área de estudio.....	11
	2.3. Método.....	12
	2.4. Diseño del Estudio:.....	13
	2.5. Población:	14
	2.6. Muestra:	14
	2.7. Variables, operacionalización y definición conceptual y operacional:	14
	2.8. Procedimiento:.....	16
	III. RESULTADOS	65
1	IV. DISCUSIÓN.....	73
	V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
	5.1 Conclusiones.....	75
	5.2. Recomendaciones	77
	VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	78
	AGRADECIMIENTO.....	80
	DEDICATORIA.....	81
	ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	15
Tabla 2: Tipos de Sensores Ultrasónicos y sus características.....	17
Tabla 3: Tipos de controlador Arduino y sus características.	20
Tabla 4: Tipos de módulos GSM y sus características.....	23
Tabla 5: Características de diferentes módulos lectores de memoria.....	26
Tabla 6: Características de diferentes módulos de reloj.	28
Tabla 7: Características de diferentes modelos de pantallas.	30
Tabla 8: Características de Convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005...	32
Tabla 9: Características de Circulinas y Sirenas de emergencia.	33
Tabla 10: Consumo energético de componentes del módulo electrónico del prototipo.....	35
Tabla 11: Estimación de energía real necesaria para el módulo electrónico del prototipo.	37
Tabla 12: Datos de radiación solar Hora Solar Pico.	39
Tabla 13: Estimación de potencia del panel solar.	40
Tabla 14: Características de Panel solar Monocristalino de 40W	40
Tabla 15: Estimación de la capacidad requerida de la batería.....	41
Tabla 16: Características de batería seleccionada.	43
Tabla 17: Determinación de corriente de carga y corriente de descarga.....	44
Tabla 18: Especificaciones técnicas de controlador de carga.	45
Tabla 19: Umbrales de riesgo definidos.....	57
Tabla 20: Características de los componentes electrónicos del Prototipo Sistema de Alerta Temprana.....	65
Tabla 21: Selección de fuente de alimentación autónoma.	67
Tabla 22: Resultados de la precisión de medición del nivel de agua.	72
Tabla 23: Evaluación de la efectividad y tiempo de respuesta del sistema de alerta temprana.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Prototipo de Sistema de Alerta Temprana.....	12
Figura 2. Figura Ilustrativa de comparación de sensores ultrasónicos.	19
Figura 3. Sensor Ultrasónico US-100.....	20
Figura 4. Arduboard PRO MICRO 32U4.....	23
Figura 5. Módulo GSM SIM800L.....	25
Figura 6. Módulo lector de memoria micro SD Card 74LV125A	27
Figura 7. Módulo RTC DS1307 + EEPROM AT24C32 (I2C).....	29
Figura 8. Pantalla LCD 16x4 1604 I2C.....	31
Figura 9. Convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005.....	33
Figura 10. Circulina LED CON SIRENA 12VDC OPALUX OPSTL12-AMB.....	35
Figura 11. Configuración DC de Sistema Fotovoltaico Autónomo	38
Figura 12. Panel Solar 40W Monocristalino OPALUX.....	41
Figura 13. Batería 12v 26Ah RITAR RT -12260.....	43
Figura 14. Controlador de carga solar PWM 12/24V – 10A.....	46
Figura 15. Tablero Adosable de metal hermético IP65 de 400x300x200mm -HOLEX....	46
Figura 16. Caja que comprende el módulo electrónico del Prototipo SAT.....	47
Figura 17. Carcasa adaptada para proteger a sensor Ultrasónico US- 100	48
Figura 18. Diseño de la estructura metálica de soporte del prototipo	49
Figura 19. Diagrama de circuito electrónico del SAT.....	50
Figura 20. Montaje de los sensores y componentes electrónicos.....	51
Figura 21. Proceso de ensamblaje del circuito electrónico del Prototipo	51
Figura 22. Sensor de Temperatura y humedad relativa DHT22 (AM2302).....	52
Figura 23. Código de programación del Sistema de Alerta Temprana	53
Figura 24. Esquema de la Estructura del código de programación del SAT.....	54
Figura 25. Estructura de prototipo del Sistema de Alerta.	55
Figura 26. Proceso de montaje del Prototipo	56
Figura 27. Instalación del prototipo en zona de incidencia del proyecto	56
Figura 28. Coordinaciones realizadas en campo en conjunto con la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres	58
Figura 29. Gráfica de datos obtenidos en la Prueba funcional	59
Figura 30. Registro de Ejercicio simulacro en Plataforma SINPAD del INDECI.....	59

Figura 31. Visualización de emisión de alertas en llamadas telefónicas y mensajes de texto	60
Figura 32. Gráfica de datos obtenidos en la Prueba funcional.	61
Figura 33. Visualización de emisión de alertas en mensaje de Texto	61
Figura 34. Visualización de emisión de alertas en llamadas telefónicas.....	62
Figura 35. Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Estado NORMAL	62
Figura 36. Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo BAJO (VERDE)	62
Figura 37. Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo MEDIO (AMARILLO)	63
Figura 38. Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo ALTO (ROJA)	63
Figura 39. Gráfica de datos obtenidos en las pruebas funcionales y operación del Sistema de Alerta temprana, recolectados.....	64
Figura 40. Estructura del Sistema de Alerta Temprana.....	68
Figura 41. Circuito Electrónico construido	69
Figura 42. Gabinete protector de circuito electrónico, batería, controlador y pantalla LCD	69
Figura 43. Estructura Final del Prototipo de Sistema de Alerta Temprana.....	70

RESUMEN

Los desbordes del canal de agua El Progreso en la ciudad de Jaén generan riesgos de inundación en la población asentada en zonas aledañas, debido a la ausencia de sistemas de monitoreo y alerta temprana por lo cual el objetivo general fue implementar un sistema de alerta temprana utilizando tecnología Arduino para la detección de posibles desbordes. La investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, orientada al diseño, construcción y validación de un prototipo funcional. El sistema se compone de un sensor ultrasónico para la medición del nivel del agua, un microcontrolador Arduino Pro Micro para el procesamiento de datos y un módulo GSM para la transmisión de alertas mediante llamadas, mensajes de texto, así como señales visuales y sonoras. Asimismo, incorpora un sistema de alimentación autónomo mediante energía solar. Los resultados evidencian una alta fiabilidad del sistema, con un error de medición menor o igual al 5% y una efectividad del 100% en la activación de alertas en un tiempo inferior a 30 segundos, permitiendo la detección oportuna de niveles críticos del agua. Se concluye que el sistema implementado constituye una alternativa tecnológica eficiente, viable y replicable para la prevención de desbordes, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad y al fortalecimiento de la gestión del riesgo de desastres.

Palabras clave: Sistema de alerta temprana; desbordes e inundaciones; Arduino; monitoreo del nivel del agua; gestión del riesgo de desastres.

ABSTRACT

4 The overflow of the El Progreso water canal in the city of Jaen generates flood risks for the population settled in nearby areas due to the absence of monitoring and early warning systems. The general objective was to implement an early warning system using Arduino technology for the detection of possible overflows. The research is applied in nature, with a quantitative approach and a non-experimental design, oriented toward the design, construction, and validation of a functional prototype. The system consists of an ultrasonic sensor for water level measurement, an Arduino Pro Micro microcontroller for data processing, and a GSM module for alert transmission through calls, text messages, as well as visual and sound signals. It also incorporates an autonomous power supply system using solar energy. The results show a high system reliability, with a measurement error of less than or equal to 5% and 100% effectiveness in alert activation in less than 30 seconds, allowing the timely detection of critical water levels. It is concluded that the implemented system is an efficient, viable, and replicable technological alternative for overflow prevention, contributing to the reduction of vulnerability and the strengthening of disaster risk management.

Keywords: Early warning system; canal overflow and flooding; Arduino; water level monitoring; disaster risk management.

I. INTRODUCCIÓN.

La gestión del riesgo de desastres por inundaciones constituye un aspecto fundamental para reducir los impactos negativos en la población, la infraestructura y los sistemas urbanos, ya que estos eventos generan pérdidas económicas, daños materiales y riesgos para la salud pública. En América Latina, las inundaciones representan uno de los fenómenos más recurrentes, afectando principalmente a poblaciones ubicadas en zonas vulnerables.

En este contexto, el monitoreo oportuno del nivel de agua en ríos y canales es clave para la prevención de desbordes. Sin embargo, los métodos tradicionales basados en observación directa presentan limitaciones, debido a su dependencia de factores humanos y condiciones ambientales, lo que restringe la capacidad de anticipación ante eventos críticos.

Tradicionalmente, el monitoreo de los niveles de agua en cuerpos hídricos se realiza mediante observación directa o sistemas convencionales, los cuales presentan limitaciones significativas, ya que dependen de factores humanos, condiciones climáticas y disponibilidad de recursos, lo que reduce la capacidad de anticipación ante eventos críticos. Frente a estas limitaciones, el avance de tecnologías basadas en hardware libre ha permitido el desarrollo de sistemas automatizados que integran sensores, procesamiento de datos y comunicación remota. Al respecto, Dorado (2020) señala que el uso de plataformas como Arduino permite implementar sistemas de alerta temprana capaces de monitorear variables en tiempo real, procesar información y generar alertas de forma autónoma, mejorando significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias y reduciendo los tiempos de intervención.

En el ámbito internacional, Oviedo et al. (2019) desarrollaron un sistema de alerta temprana orientado a la prevención de pérdidas humanas y materiales en zonas vulnerables del río Quevedo, cuyo objetivo fue monitorear de forma continua el comportamiento del nivel del agua mediante sensores interconectados y sistemas de comunicación. La metodología aplicada incluyó el levantamiento de información mediante encuestas y entrevistas a la población afectada, así como la evaluación experimental de los componentes del sistema para determinar su viabilidad técnica. Como resultado, se logró implementar un prototipo funcional de bajo costo que permitió emitir alertas oportunas, incrementando la capacidad de respuesta de la población. Los autores concluyeron que la integración de sensores con plataformas Arduino constituye una alternativa eficiente y accesible para la gestión preventiva del riesgo de inundaciones.

De manera complementaria, Hernández (2018) diseñó un sistema de alerta temprana para la cuenca media del río Lempa con el objetivo de detectar incrementos en el nivel del agua y notificar de manera inmediata a los responsables del monitoreo. La investigación se basó en la integración de sensores de nivel con una plataforma Arduino y módulos de comunicación GSM/GPRS, lo que permitió la transmisión de datos en tiempo real. Los resultados evidenciaron que el sistema fue capaz de generar alertas automáticas mediante mensajes de texto, optimizando la capacidad de respuesta ante eventos críticos. En consecuencia, el estudio concluyó que la automatización de procesos de monitoreo contribuye significativamente a la eficiencia en la gestión de emergencias hidrológicas.

Asimismo, Gualdrón (2019) desarrolló un sistema electrónico de monitoreo de crecientes en cauces de ríos mediante la medición de variables como nivel de agua y precipitación, utilizando tecnología embebida y módulos de comunicación GSM. La metodología experimental permitió calibrar los sensores y validar el comportamiento del sistema en distintos escenarios, comparando los datos obtenidos con registros de referencia. Los resultados demostraron una adecuada correspondencia entre las variables medidas y las alertas generadas, lo que garantiza la confiabilidad del sistema. En este sentido, se concluyó que este tipo de soluciones tecnológicas mejora la precisión en la detección de eventos críticos y fortalece los sistemas de monitoreo hidrológico.

En el ámbito nacional, Huamán (2019) desarrolló un sistema de alerta temprana para el desborde de un río en la ciudad de Huaraz, con el objetivo de diseñar un sensor capaz de detectar niveles críticos de agua mediante tecnología Arduino. La investigación, de enfoque cuantitativo y tipo descriptivo, incluyó la recolección de datos mediante encuestas y el análisis del funcionamiento del sistema implementado. Como resultado, se obtuvo un prototipo adaptable, de bajo costo y eficiente en la detección de eventos de riesgo, concluyendo que los sistemas basados en Arduino presentan alta viabilidad para su implementación en zonas vulnerables del país.

Por su parte, Montenegro (2019) abordó la problemática de las inundaciones por caudales máximos en zonas urbanas, con el objetivo de proponer estrategias de gestión que permitan mitigar los riesgos asociados. A través del análisis de condiciones hidrológicas y evaluación de escenarios de riesgo, el estudio evidenció que la falta de sistemas de alerta temprana incrementa la vulnerabilidad de la población. Como conclusión, se estableció que la implementación de estos sistemas constituye una medida fundamental para reducir impactos negativos, mejorar la capacidad de respuesta y fortalecer la planificación ante emergencias.

A pesar de los avances tecnológicos evidenciados en los antecedentes, en diversos contextos urbanos aún predominan métodos tradicionales de monitoreo, lo que limita la detección oportuna de eventos críticos y la capacidad de respuesta ante emergencias. Esta situación evidencia la necesidad de implementar soluciones tecnológicas automatizadas que permitan el monitoreo en tiempo real y la generación de alertas tempranas de manera eficiente.

En este contexto, en la ciudad de Jaén, el canal El Progreso presenta antecedentes recurrentes de desbordes, especialmente en el sector Magllanal, generando afectaciones a viviendas y riesgo permanente para la población. Sin embargo, no se dispone de un sistema automatizado que permita el monitoreo continuo del nivel del agua ni la emisión de alertas oportunas.

En ese sentido, en la presente investigación se planteó como pregunta ¿Cómo implementar un sistema de alerta temprana (SAT) utilizando tecnología Arduino, para desbordes del canal El progreso en la ciudad de Jaén, 2025?, para la cual contribuyendo a la reducción del riesgo de inundaciones y al fortalecimiento de la gestión preventiva de desastres. Se tiene como objetivo general y específicos los siguientes:

Objetivo General: Implementar un sistema de alerta temprana basado en tecnología Arduino para la detección de desbordes en el canal El Progreso en la ciudad de Jaén.

Objetivos específicos.

- Diseñar los módulos que componen el Sistema de Alerta Temprana para desborde de canal de agua El Progreso.
- Construir el Sistema de Alerta temprana para desborde de canal de agua El Progreso.
- Validar el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana mediante pruebas funcionales en campo, ante posibles desbordes del canal El Progreso.

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Objeto de estudio.

En la presente investigación, el objeto de estudio estuvo constituido por el sistema de alerta temprana implementado para el monitoreo del nivel de agua en el canal El Progreso, ubicado en el sector Magllanal de la ciudad de Jaén. El sistema fue desarrollado con tecnología Arduino e integró un sensor ultrasónico para la medición del nivel y un módulo GSM para la emisión de alertas remotas. Su evaluación se centró en la detección de umbrales críticos de desborde y en la activación oportuna de alertas mediante mensajes de texto, llamadas telefónicas y señales visuales y sonoras. Asimismo, se consideraron indicadores de desempeño como la precisión de medición, el tiempo de respuesta y la efectividad del sistema, en concordancia con las condiciones reales de operación.

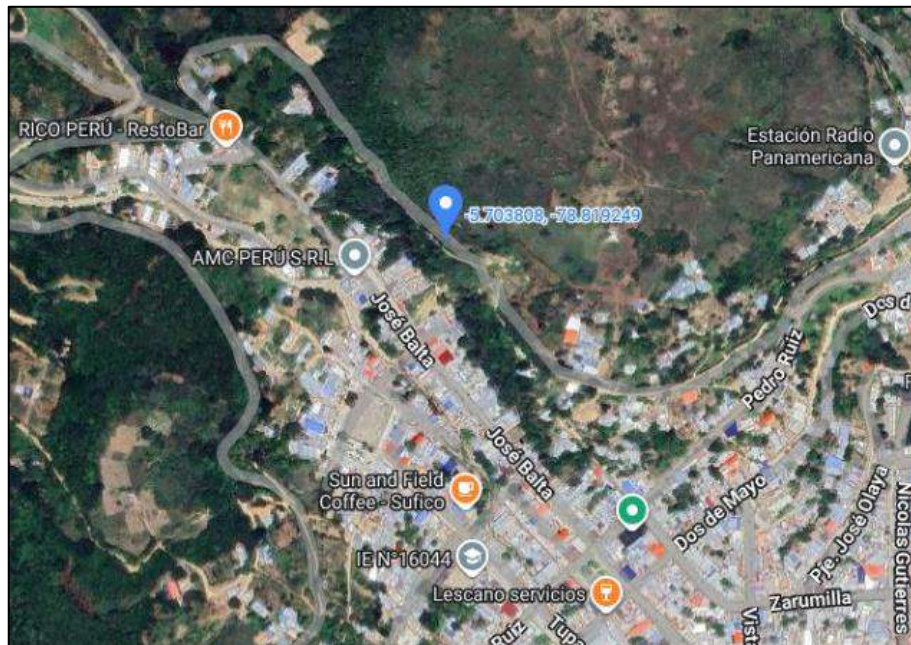
2.2. Ubicación geográfica del área de estudio.

El prototipo del Sistema de Alerta Temprana fue implementado en el canal El Progreso, ubicado en el sector Magllanal, distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú, aproximadamente en las coordenadas 5°42' de latitud sur y 78°48' de longitud oeste, a una altitud promedio de 729 m s.n.m. La zona de estudio corresponde a un entorno urbano con antecedentes de afectación por desbordes, asociados principalmente a procesos de colmatación y acumulación de material de arrastre, que incrementan el nivel del agua y generan riesgo para las viviendas colindantes.

La selección del punto de instalación respondió a criterios técnicos y operativos, priorizando un tramo representativo del comportamiento hidráulico del canal y con exposición directa al riesgo. Asimismo, se consideraron condiciones necesarias para la operatividad del sistema, como la disponibilidad de cobertura de red 2G para la transmisión de alertas mediante el módulo GSM y la incidencia solar del área, lo que permitió integrar un sistema de alimentación fotovoltaico que garantiza la autonomía energética del prototipo.

Figura 1.

Ubicación del Prototipo de Sistema de Alerta Temprana



Nota. La figura muestra donde se encuentra ubicado el prototipo del Sistema de Alerta Temprana, en el canal El Progreso del Sector Magllanal, distrito de Jaén, Provincia de Jaén, departamento de Cajamarca – Perú.

2.3. Método.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque tecnológico orientado al desarrollo y validación funcional de un sistema de alerta temprana en condiciones reales de operación. Este tipo de estudios se caracteriza por aplicar conocimientos científicos y técnicos para la solución de problemas concretos mediante la construcción y evaluación de prototipos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

La investigación es cuantitativo, sustentado en la medición objetiva y sistemática de variables relacionadas con el desempeño del sistema de alerta temprana (SAT). Se registraron magnitudes como el nivel de agua (cm), el tiempo de respuesta (s), el error de medición (%) y la activación de alertas (binaria). El tratamiento de los datos se realizó mediante análisis descriptivo, permitiendo evaluar la eficiencia y confiabilidad del sistema en condiciones reales de operación. Este enfoque es

consistente con estudios de ingeniería aplicada orientados a la validación de prototipos.

El método consistió en la implementación del sistema de alerta temprana en el canal El Progreso y en la evaluación de su desempeño mediante pruebas en campo, considerando indicadores como la precisión de medición del nivel de agua, el tiempo de respuesta del sistema y la efectividad en la emisión de alertas visuales, sonoras y remotas.

2.4. Diseño del Estudio:

El diseño de la investigación es de tipo tecnológico, de nivel descriptivo–aplicado y con un enfoque no experimental, debido a que no se manipularon variables, sino que se evaluó el desempeño del sistema en su entorno real de funcionamiento. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los estudios no experimentales se caracterizan por observar los fenómenos en su contexto natural sin intervención directa del investigador. Las pruebas que se realizaron para simular los niveles de agua en el canal se consideran pruebas de funcionamiento para describir el desempeño y la robustez de la herramienta implementada, mas no una manipulación de variables.

La presente investigación es de carácter aplicado, ya que su propósito fundamental es brindar una solución tecnológica a la problemática de desbordes en el Canal El Progreso. El estudio no pretende establecer una relación de causalidad entre variables externas, sino certificar que el sistema, como unidad tecnológica, responde con fiabilidad y precisión a las exigencias operativas del entorno.

En este sentido, la validación del sistema se realizó mediante pruebas funcionales en campo, analizando su comportamiento frente a diferentes niveles de agua, a partir de indicadores como la precisión de medición, el tiempo de respuesta y la efectividad en la activación de alertas. El análisis de los datos fue de tipo descriptivo, basado en los registros obtenidos durante las pruebas realizadas.

2.5. Población:

La población estuvo conformada por los canales de agua ubicados en la ciudad de Jaén hasta el año 2025, los cuales presentan condiciones de exposición a desbordes asociados a lluvias intensas, colmatación y deficiencias en su mantenimiento: Canal El Progreso, Canal Chililique, Canal Linderos, Canal Yanuyacu, Canal La Esperanza, Canal San Camilo, Canal Las Balsas, Canal San Antonio y los canales de la quebrada Tinguillan.

2.6. Muestra:

La muestra estuvo constituida por el canal El Progreso, ubicado en el sector Magllanal de la ciudad de Jaén. Su selección fue de tipo no probabilístico intencional, debido a que este canal presenta alta vulnerabilidad frente a desbordes, evidenciada por antecedentes de eventos registrados, procesos recurrentes de colmatación y la proximidad de viviendas en zonas de riesgo.

Asimismo, el canal reúne condiciones técnicas adecuadas para la implementación del prototipo, como accesibilidad para su instalación, disponibilidad de cobertura de red 2G para la transmisión de alertas y condiciones favorables de radiación solar para el funcionamiento del sistema autónomo.

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el muestreo no probabilístico intencional permite seleccionar unidades de análisis que poseen características relevantes para el estudio del fenómeno, siendo especialmente aplicable en investigaciones tecnológicas y aplicadas, donde se busca validar soluciones en contextos reales. En este sentido, el canal El Progreso constituye un caso representativo para la evaluación funcional del Sistema de Alerta Temprana.

2.7. Variables, operacionalización y definición conceptual y operacional:

Se optó por un enfoque de variable única centrado en el Sistema de Alerta Temprana, justificándose este diseño en la necesidad de realizar una validación exhaustiva del prototipo.

Variable:

- Sistema de Alerta Temprana (SAT) basado en tecnología Arduino.

25

Operacionalización de variables.

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de Medida	Instrumentos
Sistema de Alerta Temprana (SAT) basado en tecnología Arduino	Solución tecnológica de ingeniería aplicada diseñada para el monitoreo, procesamiento y notificación de niveles críticos de agua en el Canal El Progreso, con el fin de fortalecer la gestión preventiva de desastres.	Evaluación integral del prototipo mediante su diseño, construcción y validación funcional en campo, analizando su desempeño técnico y operativo en condiciones reales.	Arquitectura Tecnológica	- Integración de módulos electrónicos. - Diseño de estructura soporte - Autonomía energética.	- Prototipo ensamblado (Sí/No). - Voltaje de alimentación (V).	- SolidWorks - Arduino - Multímetro.
			Desempeño Funcional	- Precisión de medición del nivel. - Error de medición. - Estabilidad de la lectura.	- Centímetros (cm). - Porcentaje (%). - Variación de medida ($\pm$).	Sensor ultrasónico.
			Capacidad de Respuesta	- Tiempo de envío de alerta. - Efectividad de notificación remota. - Activación de alertas visuales/sonoras.	- Segundos (s). - Alerta recibida (Sí/No). - Estado de activación (Binaria).	- Módulo GSM / Celular. - Cronómetro. - Registro de eventos

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró una variable única porque el estudio se enmarca en la Ingeniería Aplicada, donde el objeto de investigación es el prototipo tecnológico. Bajo un diseño no experimental, no se buscó correlacionar variables externas, sino realizar una validación funcional del Sistema de Alerta Temprana, evaluando su capacidad de respuesta, precisión y fiabilidad como una solución integral ante la problemática identificada en el Canal El Progreso.

2.8. Procedimiento:

Diseño los módulos que componen el Sistema de Alerta Temprana para desborde de canal de agua El Progreso.

A. Diseño del Módulo electrónico.

- **Identificación de requerimientos funcionales:**

Con la finalidad identificar los requerimientos funcionales para el Sistema de Alerta Temprana para desbordes de canal de agua El Progreso, se realizó un análisis del contexto de riesgo asociado al comportamiento del nivel del agua y a la proximidad de viviendas colindantes al canal. Para ello, se consideraron lineamientos técnicos relacionados con sistemas de monitoreo hidrológico y alertas tempranas, así como información proporcionada por entidades locales vinculadas a la gestión del riesgo de desastres. Adicionalmente, se efectuaron mediciones in situ de las dimensiones del canal como su sección transversal, se identificaron el ancho, la profundidad y altura del nivel de agua hacia el borde, con la finalidad de determinar los niveles críticos de alerta y establecer los umbrales de medición del sistema. A partir de este análisis, se definieron los requerimientos funcionales del sistema, entre los cuales se incluyen la medición continua del nivel del agua respecto al borde del canal, el registro de los datos en archivos de memoria y la emisión automática de alertas vía mensaje de texto ante la superación de umbrales predefinidos. Finalmente, en función de los requerimientos identificados, se procedió a la selección de sensores y componentes electrónicos necesarios para la implementación del sistema.

- **Selección de Sensor.**

La selección del sensor para la medición del nivel de agua constituye un aspecto crítico en el diseño del Sistema de Alerta Temprana, pues de este depende la confiabilidad de las alertas emitidas. Ante ello se realizó un análisis de las

alternativas disponibles para la medición de distancias, considerando criterios técnicos tales como el rango de la medición, la precisión, la estabilidad de lectura, las condiciones ambientales de operación y el costo. A partir de este análisis, se optó por la utilización de un sensor ultrasónico, el cual permite medir la distancia entre el sensor y la superficie del agua sin contacto directo, minimizando el riesgo de deterioro del dispositivo. Asimismo, el sensor seleccionado es compatible con la plataforma Arduino y tiene un rango de medición adecuado para las dimensiones del Canal El Progreso, lo que lo hace idóneo para la medición del nivel del agua respecto al borde del canal. A continuación, se presenta un análisis detallado que respalda la selección del sensor más adecuado.

Tabla 2: Tipos de Sensores Ultrasónicos y sus características.

Tipo de Sensor	Características
Sensor	- Voltaje de alimentación: 5V DC
Ultrasónico	- Corriente de trabajo: 30mA
JSN-SR04T	- Rango de detección: 25cm a 450cm
	- Precisión: +- 0.3mm
	- Ángulo de detección: 50°
	- Frecuencia de emisión acústica: 40KHz
	- Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL): 10 µS
	- Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL): 100-25000 µS
	- Dimensiones transductor: D25*L19 mm
	- Dimensiones de tarjeta: 41*28.5mm
	- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra: 20ms.
	- A prueba de agua: Parte delantera
	- Temperatura de Trabajo: -10°C hasta 70° C
	VCC: (+5V DC)
	TRIG: Disparo del ultrasonido
Conexión	ECHO: Recepción del ultrasonido

2

		GND:0V/ tierra
		- Precio: S/. 45.00
Sensor	-	Voltaje de Operación: 5V DC
Ultrasónico	-	Corriente de reposo: < 2mA
US- 100	-	Corriente de trabajo: 15mA
	-	Rango de detección: 2cm-450cm
	-	Precisión: 3mm
	-	Ángulo de detección: 15°
	-	Frecuencia de trabajo: 40KHz
	-	Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL): 10 µs.
	-	Duración del pulso eco de salida (nivel TTL): 100-25000 µs.
	-	Puerto Serial TTL
	-	Baudrate: 9600bps
	-	Dimensiones: 45*20*15 mm
	-	Conexión
	-	VCC: (2.4V-5.5V DC)
	-	TRIG/TX: En modo UART, se conecta al Serial OUT. En modo trigger, es el trigger ext.
	-	ECHO/RX: En modo UART, se conecta el Serial IN. En modo trigger, es el echo return.
	-	GND: (Tierra: 0V)
	-	Precio: S/ 15.00

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionó el Sensor Ultrasónico US- 100 teniendo en cuenta un análisis trigonométrico de la sección transversal del canal de agua y considerando las características técnicas del sensor, una de ellas es su ángulo de detección, el cual se ajusta idealmente a las condiciones del canal El progreso, ya que este presenta

una forma trapezoidal con una sección transversal que contiene una base menor de 60 cm, una base mayor de 1.75 cm y la medida de los lados laterales es de 100 cm, ante ello pues el sensor elegido presenta un ángulo de detección de 15° y teniendo en cuenta que el sensor estará ubicado a 100 cm del borde del canal hacia arriba esto justifica que al llegar el haz de ancho hasta la profundidad del canal con un diámetro aproximado a 48 cm lo cual es idóneo ya que la base menor es de 60cm, esto indica que no rebotaría en las paredes laterales. En cambio, no se eligió el sensor ultrasónico JSN-SR04T, ya que este tiene como característica un ángulo de detección de 50° lo que indicaría que el diámetro con el que llegaría hacia el borde del canal sería de aproximadamente 182 cm siendo mucho más ancho que la base menor del canal el cual presenta 60 cm como medida en el fondo, provocando que el haz golpeará en las paredes inclinadas del canal, causando reflexiones, y la medición sea imprecisa. Ante ello el ángulo de 15° es clave para el funcionamiento óptimo del prototipo.

La fórmula que se usó para determinar el diámetro con el que llegaría el haz del ángulo de detección del sensor es la siguiente:

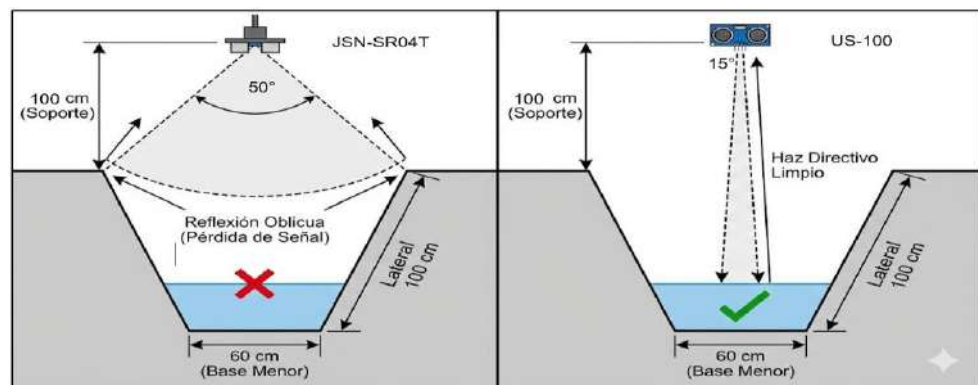
Diámetro = $2 \times distancia \times \tan(\text{ángulo}/2)$, donde:

- distancia: distancia desde el sensor el punto de medición (182 cm) desde el sensor hacia el fondo del canal.
- ángulo: es el ángulo de apertura de haz del sensor.

Esta fórmula basada en trigonometría básica, considerando que el haz forma un triángulo isósceles con la distancia como altura y el diámetro como base.

Figura 2.

Ilustración de comparación de sensores ultrasónicos.

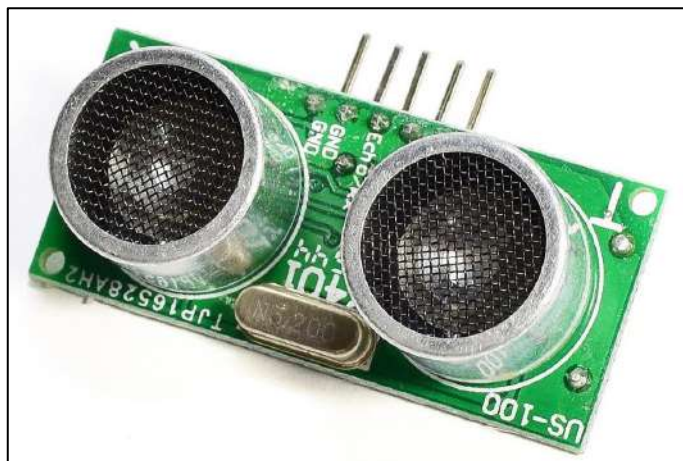


Fuente: Elaboración propia.

Nota. La figura muestra donde la comparación de los sensores para su selección por su ángulo de detección, teniendo en cuenta las medidas de la sección transversal del canal El Progreso ubicado en la ciudad de Jaén.

Figura 3.

Sensor Ultrasónico US-100.



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

- **Selección de Controlador Arduino.**

La Selección de la placa Arduino para el desarrollo del Sistema de Alerta Temprana es un paso crítico ya que la fiabilidad y la velocidad de respuesta pueden marcar la diferencia en situaciones de emergencia, para ello es esencial realizar una comparación para identificar las características idóneas de cada modelo. Al evaluar las opciones para un proyecto de este tipo, se prioriza factores como el de forma, el consumo energético para operaciones autónomas y la capacidad de comunicación con sensores y actuadores, ver Tabla 3.

Tabla 3: *Tipos de controlador Arduino y sus características.*

Tipo de Controlador	Características
Arduino	
Arduino Leonardo R3	- Modelo: Leonardo R3 compatible con Arduino - Microcontrolador: Atmega32u4 - Microcontrolador de 8bits - Voltaje de alimentación (Micro USB): 5V DC - Voltaje de entrada Power Jack: 7V a 12V (recomendado)

7

Arduino Mega 2560 R3

- Pines Digitales I/O: 20 (de los cuales 7 son PWM)
- Entradas Analógicas: 12 entradas
- Corriente Directa por Pin: 40mA
- Corriente Directa por Pin de 3.3v: 40mA
- Memoria Flash: 32 KB; de los cuales 4 KB son usados por el bootloader.
- SRAM: 2.5 KB
- EEPROM: 1 KB
- Frecuencia de Trabajo: 16 MHZ
- Dimensiones: 68.6 mm x 53.3 mm x 11 mm
- Peso: 20g
- Precio: S/. 55,00

Microcontrolador: ATmega2560

Voltaje de operación: 5V

Voltaje de entrada : 7V a 12V (recomendado)

Rango de voltaje tolerado: 6V a 20V

Pines Digitales I/O: 54 (de los cuales 14 son PWM)

Entradas Analógicas: 16 entradas

Corriente Directa por Pin: 20mA

Corriente Directa por Pin de 3.3v: 50mA

- Memoria Flash: 256 KB; de los cuales 8 KB son usados por el bootloader

- Peso: 60 g

- SRAM: 8 KB

- EEPROM: 4 KB

- Frecuencia de Trabajo: 16 MHZ

- Comunicación: UART, TWI (librería Wire), SPI (librería SPI)

: 50mA

- Precio: S/ 110,00

3

Arduino Pro Micro

- Modelo: Pro Micro

- Color de PCB: Azul

- Peso: 4 g

- Microcontrolador: ATMEGA32U4 -MU 8 bits

- Voltaje de funcionamiento VCC: 5V DC a 500mA

- Micro USB: Recomendable 5V

- Pines digitales I/O: 12 (de los cuales 5 PWM)

- Pines analógicos: 4 entradas a 10 bit c/u

3

Arduino Uno R3

- Memoria Flash: 32 KB, de los cuales 4KB son para el bootloader
- SRAM: 2.5 KB
- EEPROM: 1KB
- Frecuencia de Trabajo: 16 MHz
- Protocolos de comunicación: UART, SPI, I2C
- Dimensiones: 33 mm x 18 mm
- Precio: S/. 36.00
- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje de operación: 5V
- Voltaje de entrada : 7V a 12V (recomendado)
- Pines Digitales I/O: 14 (de los cuales 6 son PWM)
- Entradas Analógicas: 6 entradas
- Corriente Directa por Pin: 40mA
- Corriente Directa por Pin de 3.3v: 40mA
- Memoria Flash: 32 KB;de los cuales 0.5 KB son usados por el bootloader
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Frecuencia de Trabajo :16 MHZ
- Dimensiones: 72mm x 52mm
- Peso: 50 g
- Precio: S/. 55

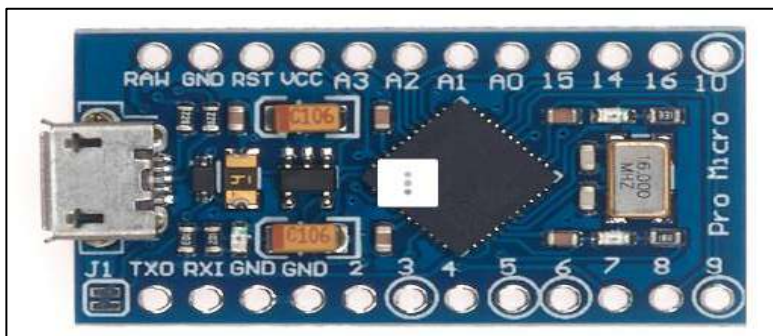
Fuente: Elaboración propia, los precios se tomaron en referencia de acuerdo al mercado.

En este contexto se ha seleccionado el Arduino Pro Micro, ya que destaca como una opción sumamente eficiente. A diferencia de modelos más voluminosos su diseño compacto y su arquitectura basada en el microcontrolador ATmega32U4 ofrecen ventajas específicas para sistemas de monitoreo, su forma compacta pero suficientemente potente para procesar señales críticas a tiempo real. Todo ello garantiza que el Arduino Pro Micro brinda un sistema altamente eficiente en consumo energético para uso con baterías, fácil de integrar en espacios reducidos, superior en conectividad y capacidad de respuesta ante sensores críticos, permitiendo pasar de un prototipo de escritorio a una solución real y desplegable en campo sin sacrificar rendimiento. Mientras que el Arduino Uno solo dispone de 2 pines con interrupciones externas, el Pro Micro ofrece 5 pines de interrupción (2, 3, 1, 0 y 7). Además, permite acceder a 12 canales de entrada

analógica de 10 bits, esto supera los 6 canales del Uno, permitiendo que un nodo sensor robusto capture datos de un espectro más amplio de variables ambientales sin necesidad de expandir el circuito, manteniendo un consumo de corriente en reposo más bajo debido a su arquitectura integrada.

Figura 4.

Arduboard PRO MICRO 32U4



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

Nota. Placa de Arduino Pro Micro.

- **Selección de módulo GSM.**

La selección del módulo de comunicación GSM adecuado para el prototipo del sistema de alerta temprana es un aspecto muy importante debido a que afecta directamente a la capacidad de transmisión de alertas y la fiabilidad del enlace en situaciones de emergencia. Para esta elección, se consideraron factores críticos como la sensibilidad de recepción de señal, el consumo de corriente en picos de transmisión, la compatibilidad con bandas de frecuencia y la estabilidad del protocolo de red. Se presenta la tabla 4 comparativa con las características específicas de dos tipos de módulos GSM.

Tabla 4:Tipos de módulos GSM y sus características.

Tipo de		Características
Módulo GSM		
Módulo	GSM	- Voltaje de Operación: 3.4V ~ 4.4V DC.
SIM800L		- Nivel Lógico de 3V a 5V.
		- Consumo de corriente (máx.): 500 mA.
		- Consumo de corriente (sleep): 0.7 mA.
		- Interfaz: Serial UART.

5

- Quad-band 850/900/1800/1900MHz – se conectan a cualquier red mundial GSM con cualquier SIM 2G.
- Trabaja solo con tecnología 2G (en Perú Movistar, Claro y Entel).
- Hacer y recibir llamadas de voz usando un auricular o un altavoz de 8Ω externo + micrófono electret.
- Enviar y recibir mensajes SMS.
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc).
- Receptor FM.
- Controlado por Comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y SIMCOM enhanced AT Commands).
- Interfaz de comandos AT con detección “automática” de velocidad de transmisión.
- Soporta A-GPS.
- Datos GPRS:
- Velocidad máxima de transmisión 85.6 Kbps.
- Protocolo TCP/IP en chip.
- Codificación: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4.
- Soporta USSD.
- Soporta Reloj en tiempo real (RTC).
- Velocidades de transmisión serial desde 1200bps hasta 115200bps.
- Tamaño de la SIM: Micro SIM.

6

Módulo

SHIELD

SIM900

GSM/GPRS

- Chip principal: SIM900.
- Voltaje de alimentación externo: 5-12V DC.
- Voltaje I/O: 5V TTL.
- Bajo consumo de corriente: 1.5mA (sleep mode).
- Cuatro bandas GSM/GPRS: 850,900,1800,1900 MHz.
- Tecnología celular 2G (en Perú: Movistar/Claro/Entel).
- GPRS multi-slot class 10/8.
- GPRS mobile station class B.
- Compliant to GSM phase 2/2+.
- Class 4 (2 W @850/ 900 MHz).

- Class 1 (1 W @1800/1900MHz).
- Control via comandos AT (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands).
- Socket Tarjeta SIM.
- Socket batería RTC.
- Conectores miniplug para audífono y micrófono (3.5mm).
- Conector antena SMA.
- Incluye antena GSM con conector SMA.
- Shield compatible con Arduino Uno y Leonardo.
- Temperatura de trabajo: -40°C to +85 °C.

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

Nota. Comparación de módulos GSM

Se ha considerado usar el módulo GSM SIM800L, fundamentándose en la optimización de los recursos de red y hardware, garantizando que el sistema de alerta sea resiliente en condiciones críticas, pues El SIM 900 es un módulo DUAL- BAD (900/1800 MHz), presentando un riesgo técnico elevado en sistemas de emergencia, ya que muchas operadoras en américa y otras regiones utilizan las bandas de 850 MHz y 1900Mhz, el SIM800L al ser un transceptor Quad-Band (850/900/1800/1800 MHz), garantiza la conectividad global, además en un Sistema de Alerta Temprana el consumo de corriente en reposo es vital para la autonomía para la cual presenta 1.0 mA, mientras que el SIM900 tiene un consumo base superior.

Figura 5.

Módulo GSM SIM800L.



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

• **Selección de módulo de módulo lector de memoria.**

La selección del módulo de almacenamiento de memoria para el SAT es fundamental ya que actúa como el sistema de respaldo local el equipo. Esta elección se basó en la necesidad de garantizar la persistencia de los datos históricos y los registros de eventos incluso ante una pérdida total de conectividad inalámbrica o fallos en el suministro eléctrico. Se evaluaron parámetros como la velocidad de escritura de ráfaga de datos, la compatibilidad con el módulo Arduino. Se presenta la Tabla 5, con el análisis comparativo de las opciones tecnológicas consideradas.

Tabla 5: Características de diferentes módulos lectores de memoria.

Tipo de Módulo		Características
Lector de Memoria		
Módulo Lector de Memoria Micro SD Card 74LVC125A		- Voltaje de operación: 3.3V - 5V DC - Interfaz: SPI - Cuenta con todos los Pines SPI de la tarjeta SD: Incluye pines MOSI, MISO, SCK, CS. - Chip conversor lógico: MC74VHCT125A/74LVC125A - Dimensiones: 42x24 mm - Compatibilidad: Soporta tarjetas micro SD (hasta 16 GB)
Módulo Lector de Memoria SD CARD		- Voltaje de operación: 3.3V - 5V DC - Interfaz: SPI - Pines SPI: Incluye pines MOSI, MISO, SCK, CS - Chip conversor lógico: No especificado - Dimensiones: No especificadas - Compatibilidad: Soporta tarjetas SD estándar

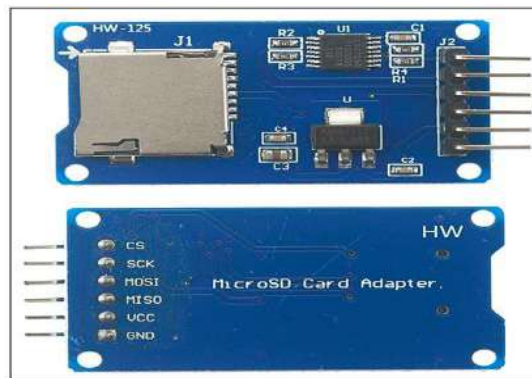
Fuente: Elaboración Propia.

Para la gestión de datos del Prototipo se ha seleccionado el Módulo Lector de Memoria Micro SD Card 74LVC125A, debido a la necesidad de un sistema

compacto y altamente compatible, este módulo permite el uso de tarjetas de 16 GB, capacidad suficiente para el registro masivo de los datos recolectados, asegurando así no solo la persistencia histórica de datos, si no también que el análisis posterior de los eventos críticos sea fluido confiable. Este módulo supera en la gestión de niveles lógicos y estabilidad dieléctrica al módulo SD CARD convencional.

Figura 6.

Módulo lector de memoria micro SD Card 74LV125A



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

- **Selección de módulo de reloj en tiempo real (RTC)**

La integración de un módulo de RTC es un componente esencial para el Sistema de Alerta Temprana, ya que permite el etiquetado de tiempo exacto de cada evento crítico detectado. Esta precisión es vital para la sincronización de la red de sensores y la validez de las alertas emitidas. Para la selección de este módulo se ha realizado un análisis comparativo de diversos módulos RTC, priorizando aquellos aseguran que el sistema opere con una base de tiempo confiable incluso ante la ausencia de energía externa, se visualiza e la tabla 6.

Tabla 6: Características de diferentes módulos de reloj.

Tipo de módulo reloj		Características
Módulo DS3231	RTC +	- Fecha con segundos, minutos, horas, número día, día de la semana, mes y año y Compensación de año bisiesto. - Formato de hora configurable en 12 o 24 horas - 2 alarmas configurables. - Circuito compensador de temperatura para el voltaje de referencia interno. - Voltaje de alimentación: 3.3 V – 5 V DC. - RTC de alta precisión DS3231 con oscilador interno. - Exactitud Reloj: 2ppm. - Interfaz de comunicación digital: I2C. - Dirección I2C del DS3231: Read (11010001) Write (11010000). - Memoria EEPROM AT24C32 (4K x 8bit = 32Kbit = 4KB Byte) - Puede ser usado en cascada con otro dispositivo I2C, la dirección del AT24C32 puede ser modificada (por defecto 0x57). - Salida de onda cuadrada programable. - Dimensiones 38 x 22 mm - Peso: 5 gramos - Conexión: SCL – A5. SDA – A4. VCC – 5V. GND – GND.
Módulo DS1307	RTC +	- Hora: segundos, minutos, horas. - Fecha: número día, día de la semana, mes, año. - Voltaje de alimentación: 3.3 V – 5V DC. - Chips principales: DS1307 y AT24C32. - Interfaz de comunicación digital: I2C.

- Dirección I2C del DS1307: Read (11010001) Write (11010000).
- Memoria EEPROM AT24C32 (4K* 8bit = 32Kbit = 4KByte).
- Puede ser usado en cascada con otro dispositivo I2C, la dirección AT24C32 puede ser modificada (por defecto es 0x57).
- Dimensiones 28 x 27 mm
- Peso: 5 Gramos
- Conexión: SCL -A5.

SDA -A4.

VCC – 5V.

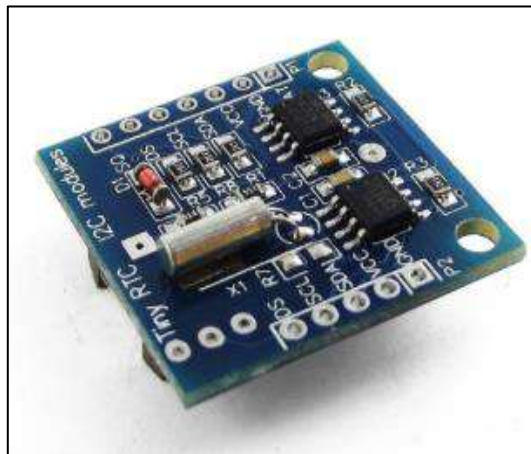
GND – GND.

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha seleccionado el módulo RTC DS1307 integrado con una memoria EEPROM AT24C32, el cual opera bajo el protocolo de comunicación I2C. Esta solución técnica permite establecer un sistema de referencia temporal confiable, posibilitando que cada evento de alerta sea registrado con fecha y hora exacta. De esta manera, las lecturas obtenidas por los sensores se convierten en información útil para la prevención de desastres, garantizando un registro coherente y cronológicamente ordenado de los datos.

Figura 7.

Módulo RTC DS1307 + EEPROM AT24C32 (I2C)



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

• Selección de pantalla.

Para el prototipo de Sistema de Alerta Temprana se ha considerado una pantalla como interfaz de visualización de los datos. Para esta elección se ha considerado una comparativa entre diferentes modelos y para la elección se basa en criterios como la calidad de imagen y contraste, el bajo consumo energético y el diseño, ver Tabla 7.

Tabla 7: Características de diferentes modelos de pantallas.

Tipo de Pantalla	Características
Pantalla LCD 16x4 1604 I2C	- Voltaje de Alimentación: 5V DC (voltaje estándar). - Dimensiones del Módulo: Aproximadamente 87.0 x 60.0 x 13.6 mm (ancho x alto x grosor). - Área de Visualización: ~62.0 x 26.0 mm. - Tamaño de Caracteres: ~2.95 x 4.75 mm (depende del modelo). - Interfaz: Paralela de 4 o 8 bits (16 pines) o I2C. - Temperatura de Operación: -20°C a 70°C
Display alfanumérico LCD 2004 -5V Azul	- Voltaje de Operación: 5V - Interface de comunicación: Paralelo 4 u 8 bits - Color Texto: Blanco - Backlight: Azul - Dimensiones de LCD: 98mm × 60mm × 14mm - Dimensiones de punto: 0.54mm × 0.54mm - Funciona con placa Arduino Uno / Mega2560 - Temperatura de funcionamiento: -20°C – 70°C
Display OLED 1.3" I2C 128x64 (SH1106)	- Voltaje de operación: 3V – 5.5V DC - Driver: SH1106 - Interfaz: I2C (dirección I2C: 0x3C) - Resolución: 128x64 píxeles - Monocromo: Píxeles blancos sobre fondo negro - Ángulo de visión: 160°

-
- Consumo de energía: Ultra bajo (0.04W cuando todos los píxeles están encendidos)
 - Dimensiones: 35x33x4 mm
-

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha seleccionado la pantalla LCD 16x4 1604 con interfaz I2C para el prototipo, debido a que ofrece una adecuada capacidad de visualización al permitir mostrar información en cuatro líneas, facilitando la lectura de datos en tiempo real. Esta característica resulta especialmente útil para el monitoreo continuo del nivel de agua y el estado del sistema. Asimismo, en comparación con otras tecnologías de visualización, este módulo presenta una mejor legibilidad a distancia gracias al tamaño de sus caracteres alfanuméricos, así como una mayor estabilidad en diferentes condiciones ambientales. Adicionalmente, su implementación mediante el protocolo I2C permite optimizar el uso de pines del microcontrolador, reduciendo la complejidad del cableado y mejorando la eficiencia del sistema.

Figura 8.

Pantalla LCD 16x4 1604 I2C



Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005**

Debido a las características del prototipo y las necesidades de los componentes internos del sistema se hace de necesidad el uso de convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005, ya que estos permiten transformar un nivel de voltaje a otro de mayor o menor nivel.

El convertidor seleccionado tiene como función entregar un voltaje de salida constante inferior al voltaje de entrada frente a variaciones de voltaje de entrada o

de carga, este es un regulador de tipo conmutado reductor capaz de manejar una carga de hasta 5A, continuación sus características técnicas en la Tabla 8.

Tabla 8: Características de Convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005.

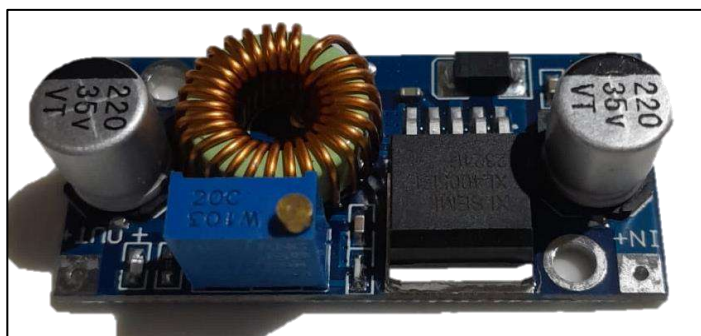
Convertidor	Características
Convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005	- Convertidor DC-DC Buck: XL4005 - Voltaje de entrada: 5.0V a 32V DC - Voltaje de salida: 0.8V a 30V DC - V. Salida ajustable (el voltaje de entrada debe ser por lo menos 1.5V mayor que la salida) - Corriente de salida: 5A máx., 4.5A recomendado (usar disipador para corrientes mayores a 2.5A) - Potencia de salida: 50W-70W - Eficiencia de conversión: 96% máx. - Regulación de carga: $S(I) \leq 0.8\%$. - Regulación de voltaje: $S(u) \leq 0.8\%$. - Frecuencia de Trabajo: 300KHz - Ripple en la salida: 50mV (máx.) 20MHz bandwidth - Protección de sobre temperatura: SI (apaga la salida) - Protección de corto circuito: SI (hasta 8A) - Protección limitadora de corriente: SI - Protección frente a inversión de polaridad: NO - Dimensiones: 43*21*13 mm

Fuente: Elaboración Propia.

2

Figura 9.

Convertidor de voltaje DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005



Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de Luz de emergencia – Circulina.**

La implementación de una señal visual emitida por el sistema de Alerta Temprana es fundamental, ante ello se ha seleccionado un accesorio de alarma tipo circulina, se ha realizado la comparativa de diferentes Sirenas y Circulinas, de la cual se identificó la que presenta las características técnicas óptimas para su uso en el prototipo, ver Tabla 9.

Tabla 9: Características de Circulinas y Sirenas de emergencia.

Tipo de Circulina o Sirena				Características
Circulina	LED	CON	SIRENA	- Marca: OPALUX
12VDC	OPALUX	OPSTL12-AMB		- Modelo: OP-STL12-RD
				- Voltaje: 12VDC
				- Decibeles: 110DB
				- Potencia: <100Ω 2W
				- Luz Led: 5W
				- Corriente: 0.13A
				- Flashes: 60/minuto
				- Instalación: 3 Tornillos
				- Medidas: ø10.2×16.3 cm
				- Material: ABS, Alto impacto
				- Precio: S/.65,00

13

11

Sirena 12-24VDC 60W Blanco	- Modelo: OP-58S
OPALUX OP-58S	- Marca: Opalux
	- Tipo: Sirena Blanca 2 Tonos 60W
	- Tono: Ambulancia, Patrullero
	- Voltaje: 12 – 24 VDC
	- Amperaje: 1200 mA
	- Potencia: 60 Watts
	- Decibeles: 125 dB
	- Impedancia: 8 ohm
	- Temperatura de Operación: -20 a 60° C
	- Dimensiones: 11,7 x 19,4 x 23 cm
	- Precio: 48,00
Sirena Eléctrica 12V 30W 03 Tonos	- Modelo: F48912
-F48912	- SKU: 25911
	- Marca: SAFARI
	- Categoría: Sirena Eléctrica
	- Voltaje: 12V
	- Potencia: 30 W
	- Color: Negro
	- Potencia sonora: 110 Db
	- N° de tonos 3
	- Material: Plástico

Fuente: Elaboración Propia.

Se seleccionó la unidad integrada Opalux OP-STL12-AMB, la cual combina una circulina LED de alta visibilidad y una sirena de gran potencia acústica en un solo módulo de 12 VDC, esta selección es estratégica para el diseño del prototipo, ya que permite la activación simultánea de alertas luminosas y sonoras mediante un único canal de control del Arduino Pro Micro, optimizando el cableado y la gestión de energía pues presenta una potencia de 5W, a diferencia de los otros modelos comparados.

Figura 10.

Circulina LED CON SIRENA 12VDC OPALUX OPSTL12-AMB



Fuente: (Life Services SAC, 2025)

- **Consumo energético del módulo electrónico.**

La eficiencia energética del módulo electrónico es determinante para garantizar su operatividad ininterrumpida. A continuación, se desglosa el consumo energético de cada uno de los dispositivos que integran el sistema, ver Tabla 10.

Tabla 10: Consumo energético de componentes del módulo electrónico del prototipo.

Componentes Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente de consumo (A)	Potencia Nominal (W)	Tiempo de Operación (H)	Energía diaria consumida (W.H)
Arduboard Pro Micro	5	0.21	1.05	24	25.2
Display Alfanumérico LCD 16x4 1604 - 5V azul	5	0.047	0.235	24	5.64

Módulo GSM	4	0.2	0.8	24	19.2
SIM800L					
Módulo RTC	5	0.015	0.075	24	1.8
DS1307 +					
EEPROM					
AT24C32 (I2C)					
Módulo Lector	5	0.25	1.25	24	30
de memoria					
Micro SD Card					
74LVC125A					
Dht 22	5	0.025	0.125	24	3
Sensor	5	0.015	0.075	24	1.8
Ultrasonido US-					
100					
Circulina	12	0.13	1.56	1	1.56
Total					88.2

Fuente: Elaboración Propia,

Nota. las potencias fueron tomadas de datos de características de cada componente y teniendo en cuenta la necesidad de operatividad del Sistema el tiempo es de acuerdo con las horas que estarán prendidos los componentes electrónicos.

El consumo total diario calculado es aproximadamente 88.2 W.h, lo cual indica que el sistema requiere una fuente energética que le suministre al menos esta cantidad diariamente y garantizar su operatividad continua durante todo el día.

• Estimación de energía real necesaria para el funcionamiento del módulo electrónico del prototipo.

Para calcular la energía real necesaria para el sistema, se utilizó una ecuación que considera tanto el consumo diario como los márgenes de seguridad requeridos, ver Tabla 11.

Tabla 11: Estimación de energía real necesaria para el módulo electrónico del prototipo.

Fórmula empleada.	Datos de componentes para estimar en ecuación.	Resultado obtenido.
$L = \frac{ETCD_{CC}}{n(bat)} + \frac{ETCD_{CA}}{n(bat) * n(inv)} \dots (1)$	- L: Energía Real Necesaria. - $ETCD_{CC}$: Energía total consumido diario corriente continua = 88.2 W.h - $ETCD_{CA}$: Energía total consumido diario corriente alterna = 0 W.h - $n(bat)$: Eficiencia de la Batería = 0.9 - $n(inv)$: Eficiencia del inversor = 0.9	Al aplicar los valores en la ecuación (1), se obtuvo un valor de: $L = 98 \text{ W.h/d}$

Fuente. Elaboración propia.

Este valor obtenido de 98 W.h/d establece la demanda energética neta para la operatividad del sistema, integrando tanto el consumo nominal diario como los factores de reserva necesarios para un sistema solar autónomo confiable. Esta configuración garantiza que el equipo trabaje sin interrupciones en zonas remotas, asegurando la continuidad del servicio y la sostenibilidad del prototipo mediante el aprovechamiento eficiente del recurso solar.

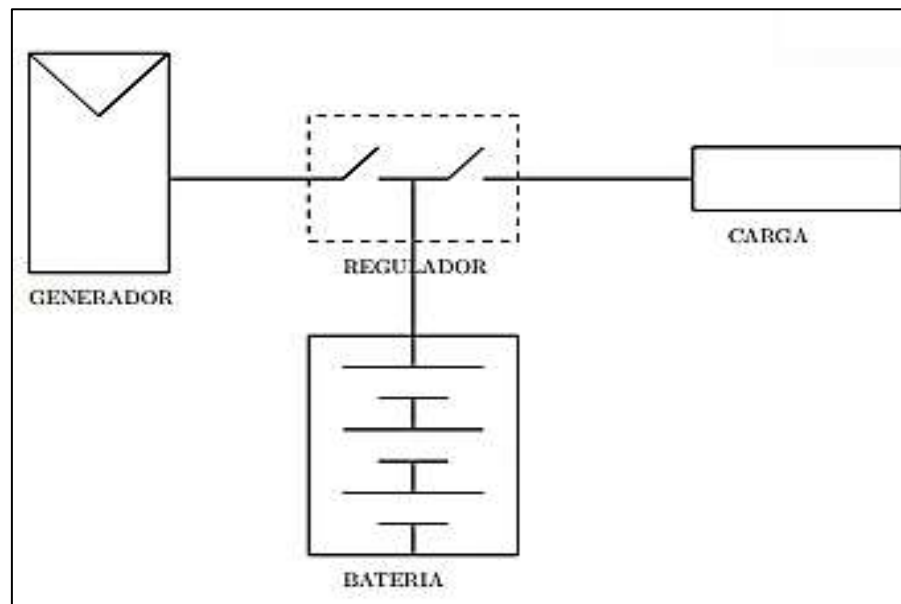
- **Selección de la fuente autónoma.**

Para asegurar que el Sistema de Alerta Temprana permanezca operativo de forma ininterrumpida, se ha implementado una fuente de alimentación solar autónoma. Este sistema combina panel fotovoltaico con un banco de batería diseñado para

gestionar excedentes energéticos, garantizando que el prototipo emita alertas incluso en condiciones climáticas adversas o durante periodos prolongados de baja radiación. La autonomía energética es fundamental para la vigilancia constante y la seguridad del sistema en un área remota.

Figura 11.

Configuración DC de Sistema Fotovoltaico Autónomo



Fuente: Elaboración Propia.

Nota. Esquema de configuración de sistema autónomo.

- **Datos de Horas solares picos (HSP).**

Previo a la selección del panel fotovoltaico para el prototipo, se realizó un análisis de las Horas Solar Pico (HSP) en el punto de incidencia. Este indicador es clave para la fiabilidad del sistema, ya que traduce la radiación solar variable recibidas en un número de horas equivalentes de irradiación constante a 100 W/m^2 .

Tabla 12: Datos de radiación solar Hora Solar Pico.

Mes	HSP
Enero	4.92
Febrero	4.75
Marzo	4.51
Abril	4.42
Mayo	4.68
Junio	4.85
Julio	5.23
Agosto	5.81
Septiembre	6.05
Octubre	5.72
Noviembre	5.41
Diciembre	5.15

Fuente: Elaboración propia, información recopilada de la página de la Nasa Power (Stackhouse, 2025).

Nota. promedio mensual 2025.

Se ha tomado como referencia el valor de 4.42 HSP, correspondiente al periodo de menor radiación, asegurando la continuidad operativa bajo condiciones climáticas adversas.

• Cálculo de potencia del panel solar.

Para el prototipo, se determinó la potencia que debe cumplir el panel solar, tomando en cuenta la energía real requerida para la operatividad de los componentes. La potencia nominal del panel solar (P_n) se calculó utilizando la ecuación (2), ver Tabla 13.

Tabla 13: *Estimación de potencia del panel solar.*

Fórmula empleada.	Datos de componentes para estimar en ecuación.	Resultado obtenido.
$P_n = \frac{L}{N_{paneles} * HSP * \frac{V_{reg}}{V_{pn}}} \dots (2)$	- P_n: Potencia Nominal de panel - L: Energía Real Necesaria = $98 \text{ W} \cdot \frac{\text{h}}{\text{d}}$ - $N_{paneles}$: Numero de paneles = 1. - HSP: Hora solar pico = 4.42 - V_{reg}: Voltaje de regulador de carga = 12 V - V_{pn}: Voltaje de potencia nominal del panel. 18.24V	Al aplicar los valores en la ecuación (2), se obtuvo un valor de: $P_n = 33.71 \text{ Watts}$

Fuente. Elaboración propia.

Ante el resultado obtenido, indica que se necesita de un Panel solar con una potencia de 33.71 W, sin embargo, estos no son muy comerciales, por ello se ha seleccionado un panel de 40W de potencia el cual cumple justo con lo necesario para la implementación del prototipo.

Tabla 14: *Características de Panel solar Monocristalino de 40W*

Modelo	Características
<i>Panel Solar 40W Monocristalino OPALUX</i>	- Potencia: 40W - Tolerancia: +-3% - Voltaje en Pmax (V_{mp}): 18.24 V - Corriente en Pmax (I_{mp}): 2.19 A - Dimensiones: 570x400x25/20 mm

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12.
Panel Solar 40W Monocristalino OPALUX



Fuente: (OPALUX, 2025)

El sistema consume 88.2 W.h/día con una demanda real de 98 W.h/día. Se calculó una potencia requerida de 33.71 W, seleccionándose el panel monocristalino de 40 W por disponibilidad comercial y margen de seguridad, garantizando la autonomía del sistema.

- **Cálculo de la capacidad de la batería.**

Para poder asegurar la operatividad óptima del Sistema de Alerta Temprana, se ha realizado una evaluación exhaustiva para poder determinar la capacidad de la batería necesaria que pueda cubrir las necesidades energéticas el prototipo. Esta evaluación consideró el consumo energético diario, los días de autonomía requeridos y las características técnicas de las baterías disponibles. A continuación, se determina la capacidad requerida de la batería, ver Tabla 15.

Tabla 15: *Estimación de la capacidad requerida de la batería.*

Fórmula empleada.	Datos de componentes para estimar en ecuación.	Resultado obtenido.
-------------------	--	---------------------

$$C_{bateria} = \frac{CED \times D}{V_{bat} \times DOD \times n_{bat}} \dots (3)$$

- Consumo Energético Diario (CED): 98 W

- Días de Autonomía Deseados (D). Se obtuvieron dos días para la ciudad de Jaén, debido a la posibilidad de días nublados.

- Eficiencia de la Batería (n_{bat}): 0.9 (90%)

- Voltaje Nominal de la Batería (V_{bat}): 12 V (Selección de una batería estándar).

- Profundidad de Descarga (DOD): 70% o 0.7 (Para prolongar la vida útil de la batería).

- El valor de días de autonomía deseado para un determinado lugar, va a depender de los días nublados que se presenten en un determinado lugar.

Fuente: Elaboración Propia.

Ante los resultados obtenidos en el cálculo, se requiere de una batería con una capacidad de 26 Ah, para cumplir con la autonomía requerida. Ante ello se ha optado por seleccionar una batería AGM 12C 26Ah, con las especificaciones técnicas mostradas a continuación, ver Tabla 16.

Tabla 16: Características de batería seleccionada.

Modelo	Características
Batería 12v 26Ah RITAR RT -12260	- Marca: Ritar - Modelo: RT-12260 - Voltaje de la Batería: 12V - Medidas de la Batería: 166 x 175 x 125 - Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior - Amperios-Hora de la Batería: 26Ah - Peso de la Batería: 8.1Kg - Mantenimiento de la Batería: Libre de Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.

Batería 12v 26Ah RITAR RT -12260



Fuente: (IR ELECTRONICS, 2025)

- **Determinación del controlador de carga.**

Para asegurar un funcionamiento eficiente, se integró un controlador de carga, encargado de regular la transferencia de energía y prevenir daños estructurales en el banco de baterías. La elección de este componente se alineó con las especificaciones de voltaje y corriente del sistema, priorizando la seguridad operativa y la resiliencia del hardware frente a las exigencias energéticas de un sistema de monitoreo en tiempo real.

Para determinar adecuadamente el controlador de carga, se tiene en cuenta el voltaje del sistema (12V), la capacidad de la batería (26 Ah), la potencia nominal

del panel solar (40W), el número de paneles (1) y la eficiencia del controlador de carga. Si bien la eficiencia del controlador de carga puede variar, para este caso se asume una eficiencia energética de 90%. Para ello realizamos el cálculo de la corriente de carga y de descarga, ver Tabla 17.

Tabla 17: Determinación de corriente de carga y corriente de descarga.

Fórmula empleada.	Datos de componentes para estimar en ecuación.	Resultado obtenido.
Corriente de carga: $I_{Controlador} > I_{sc} \times 1.25 \dots (4)$	- Para calcular la corriente de carga, es necesario considerar la corriente máxima (Imp) que el panel solar puede generar. Esta información se encuentra en la ficha técnica del panel. Teniendo en cuenta la corriente máxima (Imp) del panel solar de 40W es de 2.19A, se debe aplicar un factor de seguridad para asegurar que el controlador pueda manejar picos de corriente. Para asegurar un margen de seguridad y evitar sobrecargar el controlador, se aplica un factor de seguridad	Al aplicar los valores en la ecuación (4), se obtuvo un valor de: $I_{controlador} = 2.738A$

del 25% a esta corriente.

Corriente de descarga:

$$I_{descarga} = \frac{Potencia}{Voltaje \times T(horas)} \dots (5)$$

- La corriente de Al aplicar los valores en la ecuación (5), se obtuvo un valor de: $I_{descarga} = 0.34 \text{ A}$ consumo energético diario es de 98 Wh a 12V y en 24 h

Fuente: Elaboración propia.

Este cálculo indica que el controlador de carga debe ser capaz de manejar al menos 2.738 A para cargar la batería de manera eficiente y segura. Así mismo muestra una corriente de descarga de 0.34 A esta corriente es relativamente baja, pero el controlador de carga también debe ser capaz de interrumpir la descarga en caso de bajo voltaje para proteger la batería de descargas profundas. Ante ello se ha seleccionado un controlador de carga de 10 A, con las características que se especifican en la tabla 18.

Tabla 18: Especificaciones técnicas de controlador de carga.

Modelo	Características
Controlador de carga solar PWM 12/24V – 10A	- Modelo: W88-A - Voltaje de trabajo: 12 ~ 24 V - Voltaje máximo PV: 50 V - Corriente de trabajo: 10^a - Autoconsumo: 30Ma - Temperatura de funcionamiento: -35° C _ +60°C - Salida USB: 2 USB - Dimensiones: 133*70*35 mm - Máxima potencia fotovoltaica 1500W

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14.

Controlador de carga solar PWM 12/24V – 10A



Fuente: (SAWERS S.A.C, 2025)

B. Diseño del Módulo de protección y la estructura.

• Diseño y selección de módulo de protección de circuito electrónico

Para el módulo de protección de los componentes electrónicos y los de alimentación se seleccionó accesorios que puedan albergar los componentes del circuito electrónico, batería, controlador de carga y conexiones, considerando las dimensiones de los componentes del prototipo y las conexiones necesarias, adicional a ello teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a las que se expone el sistema de alerta temprana. Así también se dio uso del software SOLIDWORKS, para modelar el prototipo y tener una estructura trazada como boceto para su implementación (Ver anexo.). Es así como se seleccionó el siguiente componente que se muestra en la figura 15.

Figura 15.

Tablero Adosable de metal hermético IP65 de 400x300x200mm -HOLEX



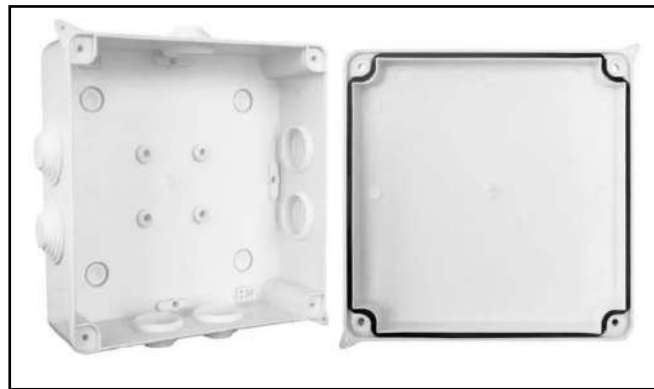
Fuente: (Tableros Eléctricos, 2025)

Se seleccionó este tablero para albergar a los componentes del Sistema de Alerta Temprana debido a su característica hermética que presenta, ya que el prototipo va a funcionar a la intemperie y ante condiciones climatológicas adversas, esto lo hace ideal para el sistema.

Así también para el circuito electrónico que va dentro del tablero hermético, se seleccionó y adaptó una caja de derivación PVC de 15x15x7 cm, con un grado de protección IP65 y protección UV, ver figura 16.

Figura 16.

Caja que comprende el módulo electrónico del Prototipo SAT



Fuente: (PROMART, 2025)

Este componente va a contener el circuito electrónico del Sistema de Alerta Temprana y cuenta con sus borneras de conexión para los sensores, Alimentación y la Circulina, ver Anexo.

- **Diseño y selección de módulo de protección del Sensor.**

Para la protección del sensor Ultrasónico, se seccionaron accesorios que puedan cubrirlo ante las condiciones climáticas adversas, teniendo en cuenta que el sensor US-100, no es hermético, ante ello se buscó adaptar un soporte tipo carcasa que pueda cubrir al sensor y protegerlo mejorando su impermeabilidad, así también se usó el software SOLIDWORKS, para modelar el componente que se adaptó y tener una estructura trazada como boceto para su implementación, es así que se seleccionaron los componentes que se observan en la figura 17.

Figura 17.
Carcasa adaptada para proteger a sensor Ultrasónico US- 100



Fuente: Elaboración Propia

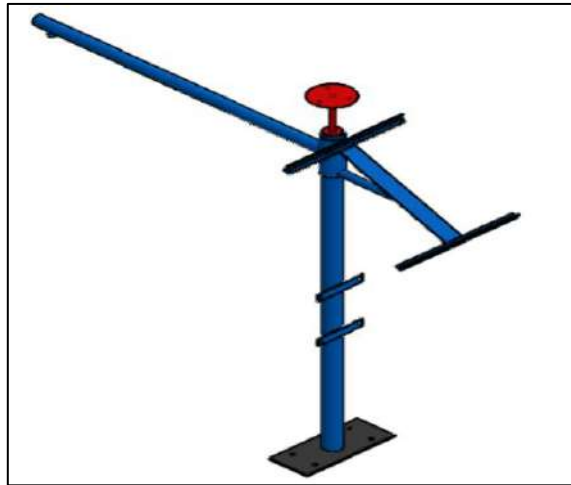
Se usó una caja de PVC de 8.5x8x5cm IP55 para contener al sensor ultrasónico y dejar visible solo los componentes que brindan su operatividad, y una bandeja que presenta una geometría cónica estriada el cual posee una base circular amplia con paredes que ascienden en forma de cono truncado, presentando múltiples pliegues o estrías verticales uniformes que le otorgan una apariencia similar a un modelo de campana protectora, debido a su diseño descendente y ondulado, funciona como un escudo contra la intemperie, diseñado para desviar el agua de lluvia y proteger los sensores internos de la radiación solar directa.

- **Diseño de la estructura metálica de soporte del prototipo.**

Para el diseño del módulo de soporte metálico del prototipo también se dio uso del software SOLIDWORKS, para modelar el componente que se adaptó y tener una estructura trazada como boceto para su implementación (Ver anexo 3.), teniendo en cuenta las dimensiones y características funcionales del Sistema de alerta temprana y cada uno de sus componentes, para lo cual de contiene una base, un soporte vertical, un brazo para soportar al sensor a una distancia óptima del canal, para la circuilería y la caja de componentes, adicional a ello debería ser empotrada con pernos en su base hacia el borde del canal, para ello se realizó su diseño, como se muestra en la figura 18 y los planos de diseño están anexados en el informe.

Figura 18.

Diseño de la estructura metálica de soporte del prototipo



Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo para garantizar la integridad física del Sistema de Alerta Temprana ante condiciones ambientales adversas, se procedió a realizar una validación mecánica del prototipo mediante el método de elementos finitos. El diseño de la estructura fue sometido a un análisis estático lineal utilizando el software SolidWorks Simulation.

Para este proceso, se configuraron los siguientes parámetros técnicos:

- Material: Se seleccionó acero estructural con un límite elástico de 250 MPa.
- Condiciones de contorno: Se aplicó una sujeción de geometría fija en la brida base, simulando el anclaje mediante pernos a la cimentación de concreto.
- Cargas externas: Se aplicaron cargas verticales distribuidas en los brazos de soporte, simulando el peso propio de los sensores, gabinetes electrónicos y la presión estática ejercida por factores climáticos.
- Mallado: Se utilizó un mallado sólido basado en curvatura para obtener una mayor precisión en las zonas de transición y en los orificios de la brida base.

Los resultados obtenidos de la simulación mecánica validan la viabilidad del diseño propuesto. En la prueba de tensiones de Von Mises, se identificó una

tensión máxima de 72.48 MPa, localizada en los puntos de contacto de la brida de sujeción. Al comparar este valor con el límite elástico del material (250 MPa), se determinó un Factor de Seguridad de 3.45, lo cual indica que la estructura opera dentro de un rango de alta seguridad, superando en más de tres veces la capacidad requerida para las cargas de diseño.

Asimismo, el análisis de desplazamientos mostró una deformación máxima de 0.00038 mm en el extremo superior del mástil. Este valor es técnicamente despreciable, lo que confirma una rigidez estructural óptima que garantiza la estabilidad de los sensores de nivel de agua y evita errores de medición por oscilaciones mecánicas.

Se puede visualizar los detalles técnicos del análisis realizado en SolidWorks Simulation (ver anexo 04.).

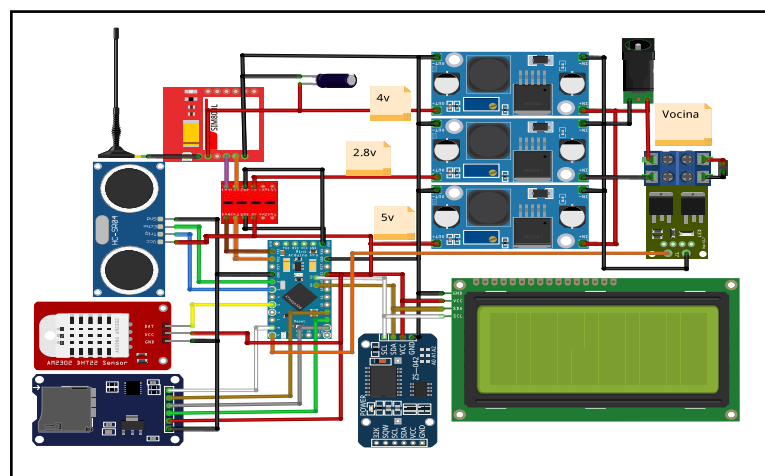
Construcción del sistema de Alerta Temprana para desborde de canal El Progreso.

- **Circuito electrónico.**

Para ensamblar el circuito electrónico se ha elaborado el diseño de este, para asegurar la correcta integración y funcionamiento de los componentes, en la Figura 19 se presenta el diagrama de conexiones del circuito electrónico para el Sistema de Alerta Temprana. Allí se puede visualizar la interconexión entre los sensores, la placa Arduino y los demás componentes que lo comprenden.

Figura 19.

Diagrama de circuito electrónico del SAT



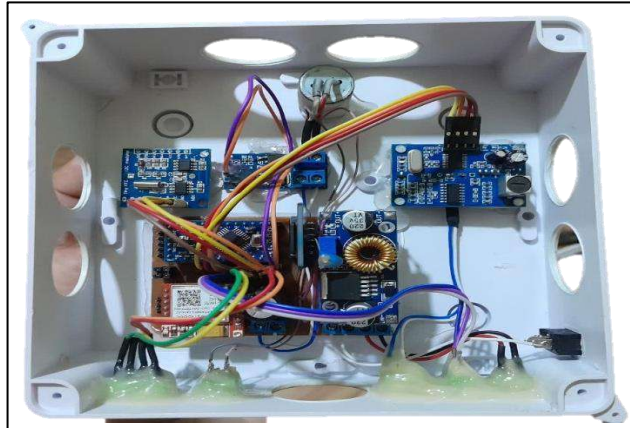
Fuente: Elaboración Propia.

Montaje de sensores.

Se procedió a montar los sensores, considerando parámetros técnicos que aseguren su operatividad en condiciones adversas, implementándose materiales con resistencia a la intemperie y a los cambios climatológicos. A continuación, se muestra el circuito electrónico en la Figura 20.

Figura 20.

Montaje de los sensores y componentes electrónicos.



Fuente: Elaboración propia

Programación del Sistema.

La lógica de control del prototipo fue elaborada bajo un esquema modular, utilizando librerías técnicas que faciliten la comunicación precisa entre sensores. Se efectuaron ajustes paramétricos en el código para refinar la frecuencia de adquisición de datos, logrando un equilibrio entre la fidelidad de la información del SAT y la optimización de los recursos del hardware. A continuación, se detalla el algoritmo final diseñado para la gestión integral del Prototipo.

Figura 21.

Proceso de ensamblaje del circuito electrónico del Prototipo



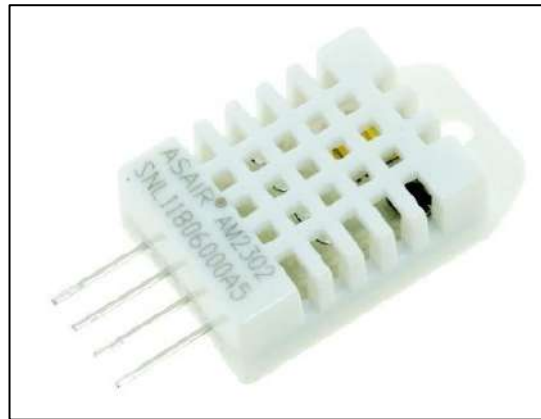
Fuente: Elaboración Propia.

Calibración del Sensor Ultrasónico US-100 por compensación térmica usando Sensor de Temperatura y humedad relativa DHT22 (AM2302).

Para asegurar la precisión milimétrica del Sistema de Alerta Temprana, se integró una rutina de calibración dinámica basada en la relación lineal entre la temperatura y la velocidad acústica. Utilizando la ecuación $v = 331.4 + 0.6 T$, el sistema ajusta la constante de propagación del sonido según los datos térmicos provistos por el sensor DHT22, compensando así el error sistemático derivado de la densidad del aire en el entorno de monitoreo, pues la velocidad de las ondas ultrasónicas varía en función de la densidad del aire, en un proyecto de Sistema de Alerta temprana, esto viene a ser una necesidad técnica. La compensación térmica se basó en la aproximación lineal de Tylor (de primer orden) aplicada a la ecuación de Laplace, lo que permite obtener la velocidad del sonido mediante una fórmula matemática simplificada, la cual es ideal para la arquitectura de 8 bits del Arduino, ya que reduce la carga computacional sin sacrificar la precisión necesaria para la detección de niveles críticos en el SA.T.

Figura 22.

Sensor de Temperatura y humedad relativa DHT22 (AM2302)



Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2025)

• Programación del Sistema de Alerta Temprana en Arduino.

se realizó la programación del código para el sistema de Alerta Temprana en la plataforma Arduino, teniendo en cuenta las funciones requeridas para la operatividad del prototipo.

Figura 23.

Código de programación del Sistema de Alerta Temprana

```

1 #include <DHT.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4 #include <RTClib.h>
5 #include <SPI.h>
6 #include <SdFat.h>
7
8 #define TRIG_PIN 3
9 #define ECHO_PIN 2
10 #define DHT_PIN 5
11 #define CS_SD 8
12 #define SIRENA_PIN 9
13
14 #define OFFSET_SENSOR 100 // <----- Altura del borde al sensor
15 #define CICLOS_PERSISTENCIA 12
16 #define UMBRAL_VERDE 40
17 #define UMBRAL_AMARILLA 33
18 #define UMBRAL_ROJA 16
19
20 #define HISTERESIS_VERDE 5
21 #define HISTERESIS_AMARILLA 7
22 #define HISTERESIS_ROJA 10
23
24 const char* CONTACTOS[] = { "+51943955481", "+51906347767" };
25 const uint8_t NUM_CONTACTOS = 2;
26 const uint8_t DURACION_LLAMADA = 25;
27
28 DHT dht(DHT_PIN, DHT22);
29 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 4);
30 RTC_DS1307 rtc;
31 SdFat sd; // Objeto SdFat
32 File file; // Objeto para manejo de archivos
33
34 int16_t temp_dec = 0, dist_dec = 0, altura_agua_dec = 0;
35 uint8_t estado_alarma = 0;
36 bool sd_ok = false, rtc_ok = false, dht_ok = false, sim_ok = false, sensor_ok = false;
37
38 bool sms_verde_enviado = false, sms_amarilla_enviado = false, sms_roja_enviado = false;
39 bool llamada_amarilla_hecha = false, llamada_roja_hecha = false;
40 uint32_t inicio_sirena = 0;
41 bool sirena_activa = false;
42 uint8_t segundo_ant = 255;
43 uint16_t contador_llamada_roja = 0;
44
45 bool pitidos_activos = false;
46 uint8_t pitidos_restantes = 0;
47 uint8_t ultimo_segundo_pitido = 255;
48 bool pitido_estado = false;
49
50 int16_t temp_anterior = -9999;
51 int16_t altura_anterior = -9999;
52 uint8_t estado_anterior = 255;
53 uint8_t hora_anterior = 255, minuto_anterior = 255, segundo_anterior_lcd = 255;
54
55 volatile uint32_t t_inicio_eco = 0;
56 volatile uint32_t t_fin_eco = 0;
57 volatile bool med_completa = false;
58
59 const char MSG_VERDE[] PROGMEM = "RIESGO BAJO (Verde). Nivel >= 40cm.";
60 const char MSG_AMARILLA[] PROGMEM = "RIESGO MEDIO (Amarillo). Nivel 33-17cm.";
61 const char MSG_ROJA[] PROGMEM = "RIESGO ALTO (ROJA). DESBORDE <-16cm!";
62
63 void echoISR() {
64   if (digitalRead(ECHO_PIN) == HIGH) t_inicio_eco = micros();
65   else {
66     t_fin_eco = micros();
67     med_completa = true;
68   }
69 }
70
71 inline void lcdw(uint8_t c, uint8_t r) {
72   lcd.setCursor(r >= 2 ? c - 4 : c, r);
73 }
74
75 void pantallaBase() {
76   lcd.clear();
77   lcdw(0, 0);
78   lcd.print(F("SISTEMA ACTIVO"));
79   temp_anterior = -9999;
80   altura_anterior = -9999;
81   estado_anterior = 255;
82 }

```

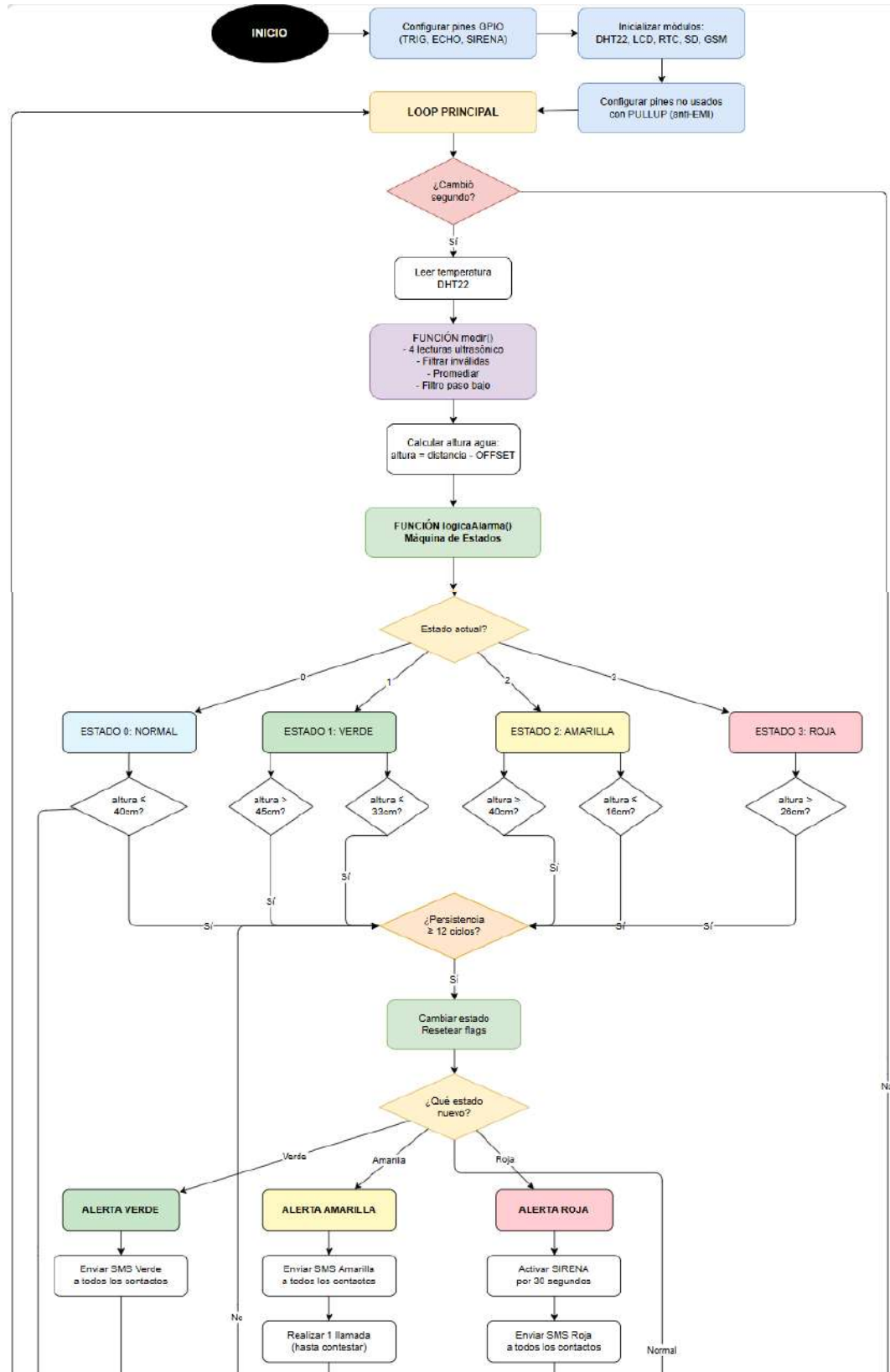
Fuente: Elaboración propia

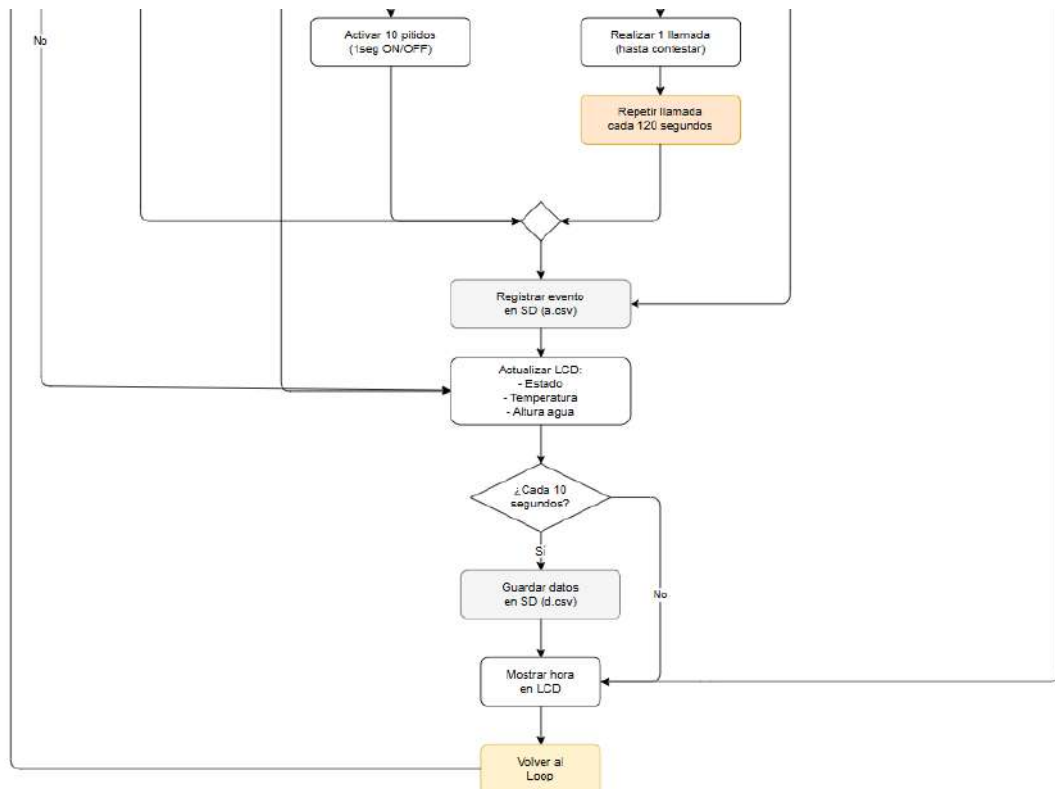
El código fue depurado y probado exhaustivamente para garantizar su estabilidad y funcionamiento bajo diversas condiciones.

Estructura del Código:

Figura 24.

Esquema de la Estructura del código de programación del SAT.





Fuente: Elaboración Propia.

• Montaje de estructura del soporte del prototipo.

Una Vez diseñado la estructura de soporte del prototipo, procedemos a ensamblar los componentes que son parte del Sistema de Alerta Tempana como: el Panel Solar, el gabinete hermético, controlador, batería y circuito electrónico; la circulina y el módulo del sensor ultrasónico, verificando las dimensiones y los ajustes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo basándose en el diseño elaborado como boceto en el software SOLIDWORKS, ver figura 25.

Figura 25.

Estructura de prototipo del Sistema de Alerta.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26.

Proceso de montaje del Prototipo



Fuente: Elaboración Propia.

El prototipo ensamblado fue instalado en el Canal El Progreso, con fines de recoger datos y verificar su operatividad, así también se realizó un monitoreo constante en un periodo determinado para evaluar la autonomía del prototipo.

Figura 27.

Instalación del prototipo en zona de incidencia del proyecto



Fuente: Elaboración Propia.

Validación del funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana mediante pruebas funcionales en campo ante posibles desbordes del Canal de Agua El Progreso.

Para validar la correcta operatividad del Sistema de Alerta Temprana, se ha realizado pruebas funcionales del Prototipo, las cuales se realizaron en el punto donde se ubicó el S.A.T, mediante simulaciones de aumento del nivel de agua en el canal a través de un estancamiento de aguas forzado en un punto del recorrido del canal. Para ello se realizaron 2 pruebas de validación: una en coordinación conjunta con la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Jaén (Defensa Civil), con quienes se realizó un ejercicio/simulacro y otra en coordinación con un especialista EVAR (Evaluador de Riesgos de Desastres) con quien se realizó un protocolo de pruebas funcionales ya que se especifica que este puede asesorar técnica y normativamente en la implementación de los sistemas bajo los principios de la Ley 29664.

Para estas pruebas se establecieron tomaron en cuenta los siguientes parámetros como umbrales establecidos para las alertas, ya sea para riesgo bajo, medio o alto.

Umbrales de riesgo definidos

Se utilizaron principios de Gestión del Riesgo (CENEPRED/INDECI) que recomiendan clasificación por porcentajes de capacidad.

Teniendo en cuenta que de acuerdo con las dimensiones dl canal tiene una altura aproximada de 82 cm y el nivel normal del agua del canal El Progreso oscila entre los 40 cm de altura.

Se definen los siguientes umbrales, ver tabla 19.

Tabla 19:Umbrales de riesgo definidos.

Nivel de riesgo	% canal ocupado	Altura desde el fondo	Distancia al borde	Condición
Bajo	0-60%	0-49 cm	>33 cm	Condición habitual.
Medio	60 – 80 %	50-65cm	17-32 cm	Posible incremento brusco.
Alto	80 – 100%	66-82cm	<16 cm	Desborde inminente.

Fuente: Elaboración Propia.

Prueba Funcional: Ejercicio/ simulacro en coordinación con la Sub gerencia de Gestión del Riesgo de desastres.

La validación operativa del prototipo se consolidó mediante una prueba funcional de campo ejecutada con coordinación con la SGGRD -MPJ (Defensa Civil) mediante solicitud, cuyo objetivo central fue validar la eficacia del sistema en un escenario de emergencia simulado. Durante el ejercicio, se verificó la respuesta jerarquizada del algoritmo de control frente a tres estados de criticidad: en el Riesgo Bajo, se validó la notificación preventiva mediante el envío de mensajes de texto (SMS) y visualización en la pantalla LCD; en el Riesgo Medio, se corroboró la activación de SMS junto con señales acústicas intermitentes (pulsos de sonido y luz) de la circulina y llamada telefónica; finalmente, en el escenario de Riesgo Alto, se ejecutó el protocolo de emergencia máxima que incluye llamadas telefónicas automáticas, mensajes de texto y la activación continua de la Circulina para evacuación. Este ejercicio/simulacro permitió protocolizar la fiabilidad del Sistema de Alerta Temprana mediante un acta de conformidad e informe del representante del área (ver anexo 01.), asegurando que la integración tecnológica entre la telemetría GSM y los actuadores físicos cumple con los estándares exigidos para la mitigación de desastres naturales en la región. A continuación, se muestra las coordinaciones realizadas para el ejercicio/ simulacro realizado el día 15 de diciembre del 2025 a las 12:00 pm y las gráficas de los datos tomados por los sensores y almacenados en la memoria del prototipo, ver figura 28, 29, 30 y 31.

Figura 28.

Coordinaciones realizadas en campo en conjunto con la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29.

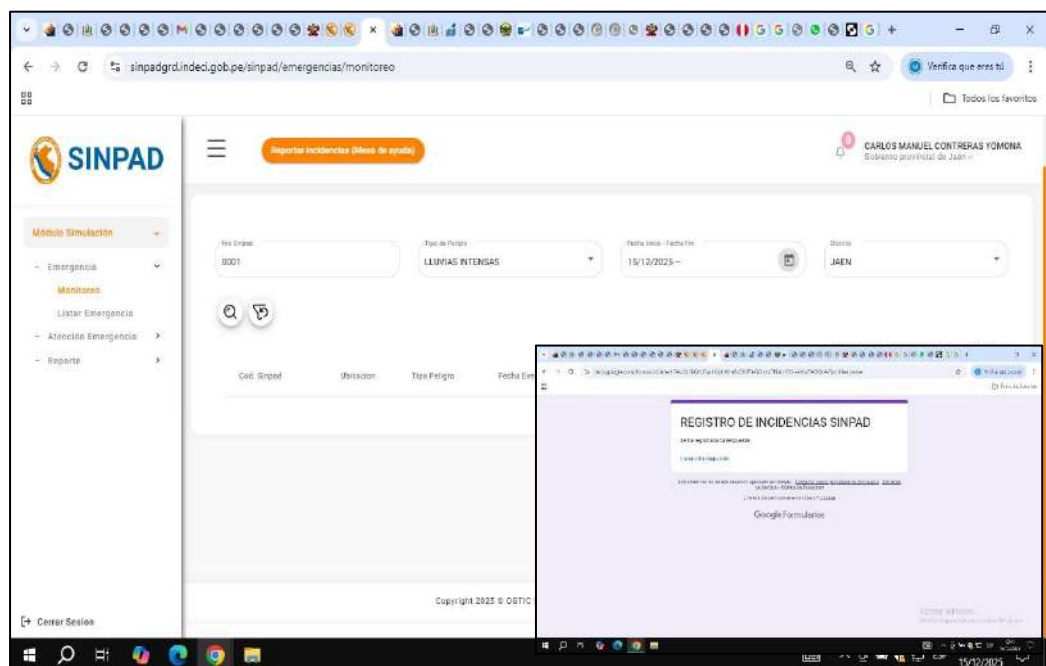
Gráfica de datos obtenidos en la Prueba funcional



Fuente: Elaboración propia

Figura 30.

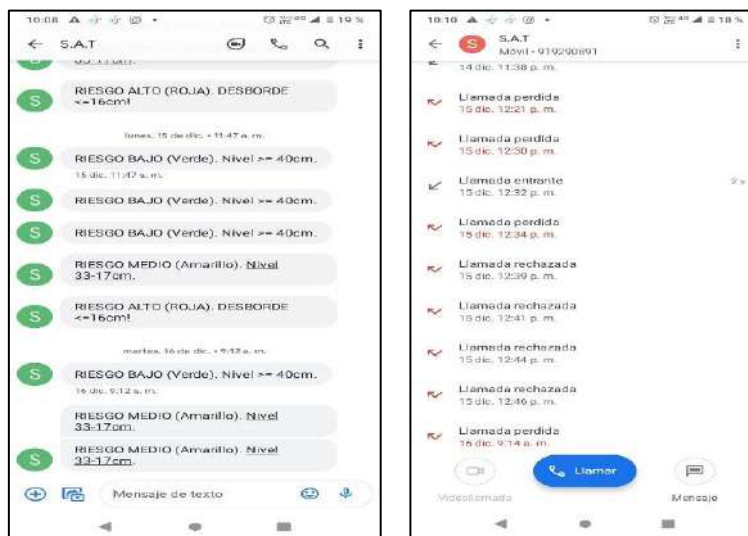
Registro de Ejercicio simulacro en Plataforma SINPAD del INDECI



Fuente: Elaboración propia

Figura 31.

Visualización de emisión de alertas en llamadas telefónicas y mensajes de texto



Fuente: Elaboración Propia.

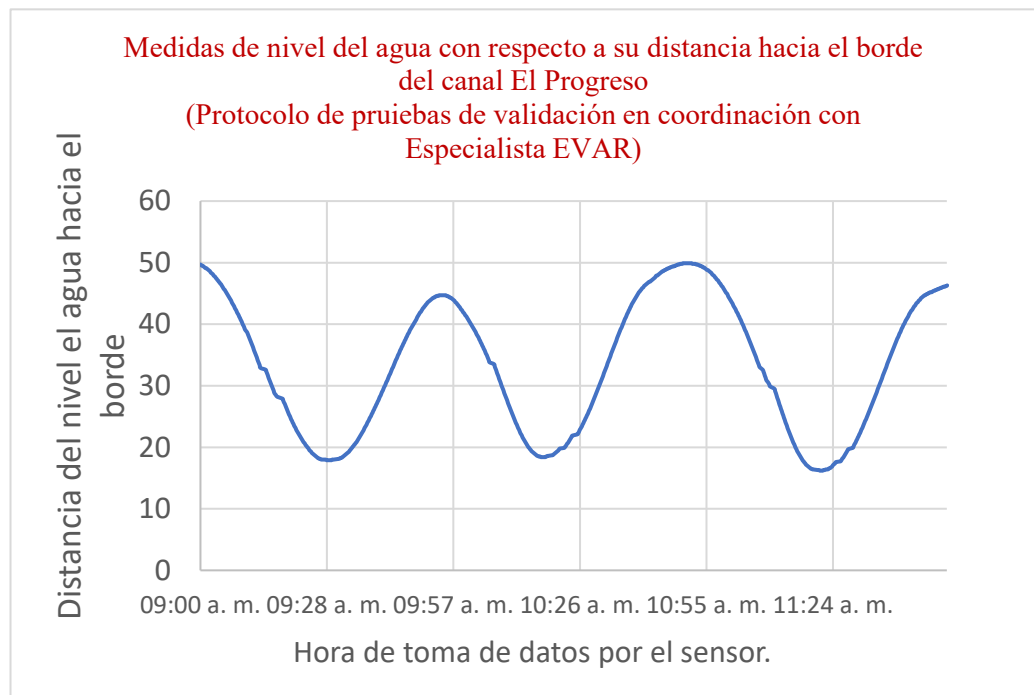
El ejercicio simulacro se realizó en una hora establecida y posteriormente se verificó con el personal para la validación de las alertas emitidas y la correcta operatividad del prototipo.

Prueba Funcional: Protocolo de validación de pruebas funcionales del sistema de Alerta Temprana – Especialista EVAR.

La intervención del Especialista EVAR permitió transitar de una validación meramente electrónica a una validación funcional de riesgo, asegurando que la activación de la matriz de alertas (SMS, pulsos sonoros y llamadas), responda de forma proporcional a la proximidad del agua, respecto al borde del canal para prevenir desborde por rebose. Para ello se realizó el protocolo de pruebas aplicando 3 repeticiones de simulación del aumento del nivel del agua en el canal de manera controlada, para ello se procedió a realizarse el día 16 de diciembre del 2025 a partir de las 09:00 am hasta las 12:00 pm, producto de ello se tiene el protocolo llenado con los datos recolectados en las pruebas (ver anexo 02.) y las evidencias del desarrollo de estas, a continuación, ver Figuras desde 32 hasta 38.

Figura 32.

Gráfica de datos obtenidos en la Prueba funcional.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33.

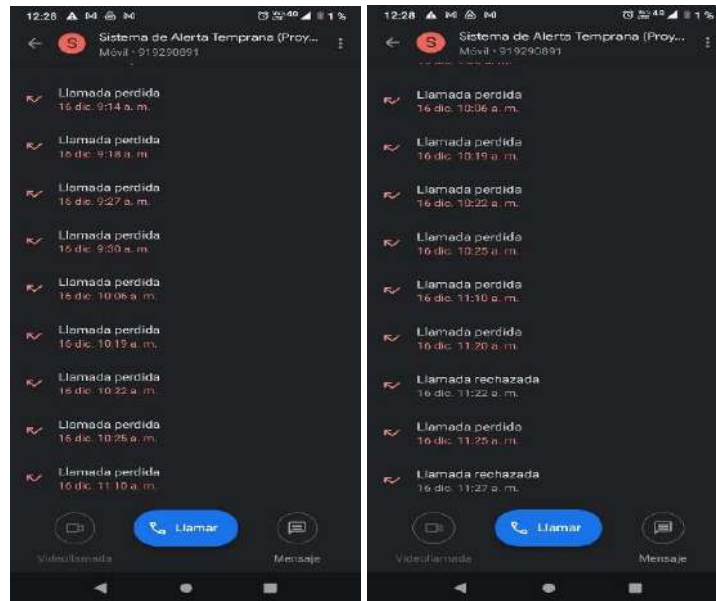
Visualización de emisión de alertas en mensaje de Texto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34.

Visualización de emisión de alertas en llamadas telefónicas



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35.

Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Estado NORMAL



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36.

Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo BAJO (VERDE)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 37.

Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo MEDIO (AMARILLO)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 38.

Visualización de emisión de lecturas en pantalla LCD, Riesgo ALTO (ROJA)



Fuente: Elaboración Propia.

El protocolo se realizó con 3 repeticiones, con aumento del nivel del agua de manera manual y controlada, para lo cual se ubicó un punto cercano donde colmatar el canal y poder simular un evento de emergencia. Así mismo también se tomó en cuenta la prueba de autonomía del prototipo, para lo cual se instaló por un periodo de 72 horas, cumpliendo óptimamente, teniendo en cuenta que para los cálculos se consideraron 48 horas que son dos días, simultáneamente también se realizaron registros manuales de la altura del canal, para verificar si las lecturas que el Prototipo estaban de acuerdo con las medidas reales del nivel del agua del canal, lo especificado se registra en el protocolo de pruebas Anexo 2.

Figura 39.

Gráfica de datos obtenidos en las pruebas funcionales y operación del Sistema de Alerta temprana, recolectados



Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

Diseño los módulos que componen el Sistema de Alerta Temprana para desborde de canal de agua El Progreso.

Circuito Electrónico

Para sistematizar las capacidades tecnológicas y operativas del Prototipo de Alerta Temprana, se muestra en la Tabla 20, la cual consolida la configuración técnica de los módulos integrados por el SAT. Esta resume los componentes electrónicos que se usaron y sus características técnicas, las cuales están orientadas a garantizar la estabilidad del monitoreo y la eficacia de las alertas.

***Tabla 20:** Características de los componentes electrónicos del Prototipo Sistema de Alerta Temprana*

Módulo Funcional	Elemento Técnico	Rango /Capacidad	Precisión Nominal	Función crítica en el canal
Detección de Nivel.	SENSOR Ultrasónico o US-100.	20 mm a 4500 mm	± 3 mm + 0.3%	Captura del tirante de agua; detección de la proximidad del nivel del agua hacia el borde.
Monitoreo ambiental.	Sensor Digital DHT22.	-40 a 80 °C / 0 -100 % HR	± 5 0.5 °C	Provee la variable de temperatura para la mejora del sensor ultrasonido.
Unidad de control – Procesamiento de datos.	Arduino Pro Micro (ATmega 32U4).	5V / 16MHz	16 MIPS	Procesa el algoritmo de control y activa las alertas jerarquizadas (Bajo, Medio, Alto.)
Transmisión de datos.	Módulo SIM800L.	2G Quad-Band (850/900/18	Sensibilidad - 107dBm	Emisión de SMS preventivos y ejecución de llamadas de voz automáticas ante desbordes.

		00/1900		
		MHz)		
Aviso acústico – Visual.	Circulina Estroboscópica y Sirena.	12V DC	Alta potencia sonora y visibilida	Notificación visual y sonora diferenciada (pulsos para riesgo medio y activación fija para riesgo alto).
			d/ 110	
			DB.	
Visualización local	Pantalla LCD 16X4 con interfaz I2C	64 caracteres	Comunicación I2C	Visualización in situ de la distancia, temperatura y estado de la alerta para inspecciones técnicas.

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla mostrada proporciona una visión integral de los módulos y componentes críticos integrados en el prototipo SAT. Se precisa que la elección de cada Dispositivo, el cual se fundamentó en criterios técnicos específicos de precisión y velocidad de procesamiento. Un elemento diferenciador en el diseño es la inclusión de la pantalla LCD, la cual permite la supervisión local de variable como la distancia que hay del nivel del agua hacia el borde y la temperatura, Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de este diseño modular, el cual integra los sensores de alta sensibilidad (-107dBm) y actuadores de potencia (110 dB) sobre la plataforma Arduino, garantizando una detección temprana y una comunicación multicanal efectiva ante posibles desbordes en el canal El Progreso.

Fuente de alimentación autónoma.

Con el objetivo de garantizar la autonomía energética y la operatividad ininterrumpida del Sistema de Alerta TEMPRANA, se diseñó un sistema de alimentación autónoma que con la capacidad para abastecer al prototipo en diversas condiciones climáticas. La tabla 21 muestra a detalle cada componente del sistema fotovoltaico seleccionado, puntualizando las capacidades del panel, regulador de

carga y batería, esta selección se fundamentó en la necesidad de garantizar una respuesta permanente del prototipo ante situaciones de emergencias.

Tabla 21: Selección de fuente de alimentación autónoma.

Componente	Descripción general	Especificaciones técnicas	
Generador Fotovoltaico	Panel Solar de Silicio monocristalino de la marca Opalux. Diseñado para captación óptima en zonas con variabilidad climática de altas temperaturas y nubosidad.	Potencia	Nominal:40W;
		Tensión máxima de potencia (Vmp):	18.2V;
Acumulador de Energía	Batería estacionaria de ciclo profundo, tecnología VRLA-AGM de la marca Ritar. Diseñada para soportar descargas constantes sin comprometer la vida útil del químico interno.	Eficiencia de celda	>19%;
		Estructura:	Aluminio anodizado.
Gestor de Carga y Descarga	Controlador inteligente con algoritmo de carga por modulación de ancho de pulso (PWM). Incluye protecciones contra cortocircuito, polaridad inversa y sobrecarga térmica.	Voltaje nominal:	12V;
		Capacidad de reserva:	26 Ah;
		Terminales de baja resistencia;	Operación segura en cualquier posición (sellada).
		Corriente nominal:	10 A;
		Autodetección	12V/24V;
		Pantalla de estado mediante indicadores LED;	Corte por najo voltaje

Fuente: Elaboración Propia.

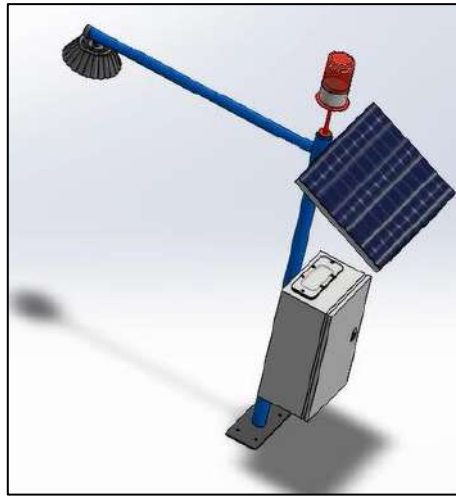
Estructura del soporte del prototipo.

Para el montaje de estructura se utilizó para el soporte tubo redondo acero lamiando en caliente 1 1/2' y tubo de acero 1', platina ángulo 3/4 y plancha de acero A-36 3.0mm; en cuanto a la estructura de protección del circuito electrónico se utilizó un tablero metálico adosable hermético c/placa de acero IP65 400x300x200 mm con el fin de evitar que los aspectos eternos climatológicos o de la zona puedan afectar a los componentes del prototipo. Se dio uso también de caja de paso de PVC de 15x15x7cm y de 8.5x8x5cm IP55 con cobertura de accesorio metálico que presenta una geometría cónica estriada y pintura epóxica.

Para las dimensionese se tomaron en cuenta las características del Canal El Progreso.

Figura 40.

Estructura del Sistema de Alerta Temprana



Fuente: Elaboración Propia.

El diseño del Sistema de Alerta Temprana permitió integrar los módulos de detección, monitoreo, procesamiento, comunicación y alerta dentro de una arquitectura funcional. Se implementó un sensor ultrasónico para la medición del nivel de agua, un sensor DHT22 para el monitoreo ambiental, una unidad de control basada en Arduino Pro-Micro, un módulo GSM SIM800L para la transmisión de alertas, una pantalla LCD para la visualización local y dispositivos de alerta sonora y visual.

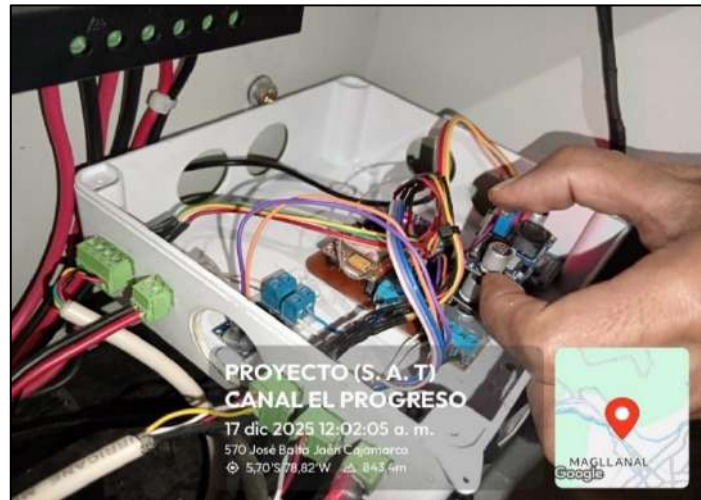
La integración de estos componentes permitió la medición del nivel de agua, el procesamiento de datos en tiempo real y la activación de alertas según los umbrales establecidos.

Construcción del sistema de Alerta Temprana para desborde de canal El Progreso.

Par a la construcción del módulo fotovoltaico electrónico se procedió a ensamblar cada componente de acuerdo con la conexión pertinente entre sensores y el Arduino, así mismo con los actuadores, obteniéndose un circuito compacto y funcional. Se observa la figura 41.

Figura 41.

Circuito Electrónico construido



Fuente: Elaboración propia

Así mismo el gabinete de protección para circuito electrónico el batería regulador de carga y pantalla LCD fue acoplado dando uso de tornillos autoperforantes, hacia la estructura de soporte, una mica acrílico transparente 3mm, quedando distribuido y con espacio ideal para maniobras de mantenimiento u operabilidad, se observa figura 42.

Figura 42.

Gabinete protector de circuito electrónico, batería, controlador y pantalla LCD



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 42 se presenta la estructura protección del SAT, la cual es el resultado de criterios de protección y resistencia con un gabinete sellado hermético para mitigar el ingreso de humedad y partículas sólidas. Este diseño no solo protege la instrumentación, si no que asegura la accesibilidad para las tareas de mantenimiento

y monitoreo, pues tiene articulaciones que pueden ser desmontables facilitando su traslado e instalación.

Así también los componentes de protección del circuito electrónico fueron adaptados dando uso caja de paso de PVC de 15x15x7cm y de 8.5x8x5cm IP55 con cobertura de accesorio metálico que presenta una geometría cónica estriada, se utilizó pintura epóxica para el acabado de la estructura, ya que debido a sus componentes es ideal para el prototipo que estará expuesto a la intemperie se visualiza en figura 43.

Figura 43.

Estructura Final del Prototipo de Sistema de Alerta Temprana



Fuente: Elaboración Propia.

El sistema de alerta temprana fue diseñado, construido e implementado en el canal El Progreso, quedando operativo luego de las pruebas realizadas en campo. Durante estas pruebas se verificó el funcionamiento del sistema de alimentación autónoma, la estabilidad en la comunicación de datos, la medición del nivel de agua conforme a los umbrales establecidos y la activación de alertas visuales, sonoras y remotas. El sistema respondió de manera continua ante las variaciones del nivel de agua, ejecutando las alertas de acuerdo con los niveles de riesgo definidos.

Análisis de los datos de pruebas funcionales en campo, ante posibles desbordes del canal El Progreso, para la validación del Sistema de Alerta Temprana.

Se validó de manera satisfactoria el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) mediante la ejecución de un protocolo de pruebas funcionales y un simulacro en el Canal El Progreso (Sector Magllanal). Los resultados obtenidos

confirmaron que el diseño del sistema – caracterizada por su estructura metálica desacoplable y su suministro energético autónomo, responde con precisión ante los diferentes umbrales de variación del nivel del agua con respecto al borde del canal. Los resultados específicos de esta validación se resumen en los siguientes puntos:

- Durante las pruebas se verificó que la base metálica proporcionó la rigidez necesaria para mantener la perpendicularidad del sensor ultrasónico respecto al espejo de agua. Esto ha permitido registrar mediciones con un error de precisión $\leq$ al 5%, cumpliendo los criterios de aceptación establecidos en el protocolo y garantizando lecturas fiables mostradas en la pantalla LCD del prototipo.
- Se simularon situaciones de riesgo alcanzando los umbrales de distancia y nivel de agua establecidos: Estado Normal, Alerta Riesgo Bajo ($>33\text{cm}$), Alerta Riesgo Medio ($17 - 32 \text{ cm}$) y Alerta Riesgo Alto ($<16 \text{ cm}$). En el 100% de los casos el sistema activó la sirena – circulina de forma inmediata. Asimismo, la transmisión de alertas SMS mediante el módulo GSM presentó una tasa de éxito del 100%, con tiempos de notificación a los celulares de monitoreo menores a 30 segundos.
- Las pruebas de estabilidad operativa fueron determinadas en cálculos por 2 días (horas) demostrándose que la batería Ritar de 26 Ah y el panel de 40W aseguran la continuidad del servicio las 24 horas, sin registrarse reinicios del microcontrolador ni caídas del sistema, validando el diseño eléctrico ante periodos prolongados de baja radiación.
- La operatividad del SAT fue validada institucionalmente mediante Acta de Simulacro ACTA N. ° 001-2025_S.A. T-T/FIME-UNJ_SGGRD -MPJ. Se adjunta como Anexo1 en coordinación con la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Jaén. Mientras que el protocolo con el especialista EVAR permitió certificar que los umbrales de alerta programados (baja, media y alta) guarden coherencia con los niveles de peligro específicos del canal El Progreso, asegurando la precisión lograda de $\leq$ al 5%. Este ejercicio validó la capacidad de respuesta rápida del prototipo, consolidándolo como una herramienta técnica viable para la protección civil y el monitoreo en tiempo real de los niveles del agua respecto al borde del Canal El Progreso, en la ciudad de Jaén. Así mismo las gráficas de las lecturas de medición y de alertas están especificadas en las figuras mostradas anteriormente.

Como resultado de las pruebas funcionales y el protocolo de validación en campo (ver Anexo 02), se consolidaron los datos de desempeño del sistema, los cuales se detallan en las Tablas 22 y 23.

Tabla 22: Resultados de la precisión de medición del nivel de agua.

Nivel de Riesgo	N° Prueba	Lectura Manual (cm)	Lectura Sensor (cm)	Error Absoluto (cm)	Error Relativo (%)
Bajo	1	38	39,1	1,1	2.89%
Bajo	2	39	39,9	0,9	2.31%
Bajo	3	35,8	36,5	0,7	1.96%
Medio	1	22	22,8	0,8	3.64%
Medio	2	29,5	30	0,5	1.69%
Medio	3	33	31,8	1,2	3.64%
Alto	1	15	14,3	0,7	4.67%
Alto	2	14	14,7	0,7	5.00%
Alto	3	14	14,5	0,5	3.57%
PROMEDIO TOTAL				0,79	3.26%

Fuente: Elaboración propia basada en el protocolo de validación Anexo 2.

Tabla 23: Evaluación de la efectividad y tiempo de respuesta del sistema de alerta temprana.

Estado de Riesgo	Umbral Definido	Alerta Visual/Sonora	Envío de SMS/Llamada	Tiempo de Respuesta (s)	Efectividad
Bajo	> 33 cm	Activado	Recibido	Menor a 10 s	100%
Medio	17 - 32 cm	Activado	Recibido	Menor a 10 s	100%
Alto	< 16 cm	Activado	Recibido	Menor a 10 s	100%
Promedio	-	-	-	< 10 s	100%

Fuente: Elaboración propia basado en el acta de simulacro del anexo 1 y en el protocolo EVAR Anexo 2.

IV. DISCUSIÓN

En relación con el primer objetivo específico, orientado al diseño de los módulos del Sistema de Alerta Temprana, los resultados permiten interpretar que el desempeño alcanzado se explica principalmente por la correspondencia entre las características técnicas de los componentes seleccionados y las condiciones físicas del entorno de aplicación, ya que la elección del sensor ultrasónico no solo responde a su funcionalidad, sino a su capacidad de adaptación a la geometría del canal, lo cual reduce interferencias por reflexión y favorece la estabilidad de las mediciones; en ese sentido, se evidencia que la precisión del sistema no depende exclusivamente de la tecnología utilizada, sino de la forma en que esta es configurada y dimensionada. El diseño modular del sistema se fundamentó en la selección de hardware de alta precisión y bajo consumo. Al comparar la arquitectura propuesta con la de Dorado (2020) y Oviedo et al. (2019), se identifican mejoras críticas: Capacidad de Procesamiento: Mientras que Dorado utiliza un microcontrolador ATmega328 (Arduino Uno), en este proyecto se optó por el Arduino Pro Micro (ATmega32U4). Esta decisión técnica es superior, ya que el Pro Micro ofrece 5 pines de interrupción externa frente a los 2 del Uno, permitiendo que el módulo de monitoreo gestione señales críticas de desborde de forma asíncrona, sin depender del flujo secuencial del código; Módulo de Precisión Ambiental: A diferencia de los sistemas base propuestos por los autores citados, se diseñó un módulo de lectura con sensor DHT22. Esto permitió implementar una rutina de compensación de la velocidad del sonido ($v = 331.4 + 0.6 \times T$), lo que reduce el error sistemático por variaciones térmicas en Jaén, logrando una precisión mayor que la reportada en los antecedentes que no consideran esta variable física.

En cuanto al segundo objetivo específico, referido a la construcción del Sistema de Alerta Temprana, los resultados permiten analizar que la operatividad continua del sistema está directamente condicionada por su autonomía energética, dado que la incorporación del sistema fotovoltaico no solo cumple una función de alimentación, sino que garantiza el funcionamiento sostenido del prototipo en condiciones reales donde no existe acceso permanente a energía eléctrica, lo cual evidencia que la sostenibilidad energética constituye un elemento estructural del sistema y no un complemento; en este contexto, Al contrastar con Gualdrón (2019) y Oviedo et al.

(2019), se observa que estos autores se enfocan en la funcionalidad del sensor, pero no detallan el dimensionamiento energético para campo. Este proyecto construyó un sistema con autonomía de 24 horas mediante un panel de 40W y una batería de 26Ah. Esta configuración es técnicamente robusta para soportar los picos de corriente de hasta 2A que demanda el módulo GSM (SIM800L/900) durante la transmisión, evitando los reinicios de sistema que suelen afectar a los prototipos de Oviedo et al. Así mismo la construcción del soporte y la ubicación del sensor ultrasónico se adaptó específicamente a la geometría trapezoidal del canal El Progreso, una mejora sobre el trabajo de Montenegro (2018), quien no especifica el control de rebote de señal en estructuras estrechas, lo que garantiza que nuestra construcción sea menos propensa a falsos positivos.

En relación con el tercer objetivo específico, orientado a la validación del funcionamiento del sistema en campo, los resultados permiten interpretar que la efectividad observada en la emisión de alertas y el reducido tiempo de respuesta se encuentran determinados por la interacción eficiente entre el sensor, el microcontrolador y el módulo de comunicación, ya que la rapidez del sistema no solo responde a la programación implementada, sino a la optimización del flujo de procesamiento y a la transmisión directa de la información, lo que minimiza retrasos y mejora la oportunidad de la respuesta; La validación del SAT demostró una efectividad del 100% en la emisión de alertas en menos de 30 segundos: respuesta Inmediata, pues este resultado es consistente con la adaptabilidad mencionada por Huamán (2019). Sin embargo, se logra una evolución operativa frente a Hernández (2018) y Dorado (2020). Mientras que Dorado enfoca su validación en el envío de datos a una aplicación web, nuestro sistema fue validado mediante redundancia de alerta (Llamada + SMS) directamente en el campo de acción. Además se tiene una Certificación Institucional lo que evidencia un punto de ruptura con todos los antecedentes revisados el cual es que la validación funcional de este proyecto no fue solo interna; contó con la supervisión de la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad de Jaén, elevando el resultado de este "experimento técnico" a una "herramienta de gestión de riesgos", validando no solo que el hardware funciona, sino que es útil dentro de un protocolo de emergencia real ante posibles desbordes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Respecto al diseño de los módulos: Se diseñó de manera integral la arquitectura modular del Sistema de Alerta Temprana, logrando la integración funcional de una unidad de procesamiento Arduino Pro Micro, un sensor ultrasónico US-100 para la medición de nivel, un módulo lector de memoria de almacenamiento microSD Card 74LV125A, un sistema de comunicación remota vía módulo GSM SIM800L y un sensor DHT22 para monitoreo ambiental. Este diseño incluyó una estructura de soporte metálica validada mediante simulación por elementos finitos (SolidWorks), garantizando un factor de seguridad de 3.45 ante condiciones ambientales adversas, y un sistema de alimentación fotovoltaico autónomo de 40W con una batería 26 Ah de capaz de suministrar la demanda energética de 98 W.h/d del prototipo.
- El diseño del Sistema de Alerta Temprana permitió establecer una configuración técnica adecuada de los componentes electrónicos, donde la selección del sensor ultrasónico, el microcontrolador Arduino y el módulo de comunicación se ajustó a las condiciones del entorno del canal, garantizando una medición precisa del nivel del agua y una transmisión oportuna de la información; en ese sentido, la correcta integración y dimensionamiento de los elementos del sistema se evidencia como un factor determinante para su funcionamiento eficiente.
- Respecto a la construcción del sistema: Se construyó y ensambló con éxito el prototipo del Sistema de Alerta Temprana, consolidando un circuito electrónico compacto y protegido dentro de gabinetes con grado de protección IP65 para asegurar su durabilidad a la intemperie. La construcción permitió la interacción eficiente entre el hardware de procesamiento y los actuadores físicos, logrando una estructura final funcional y lista para su instalación operativa en el borde del canal El Progreso.
- La construcción del Sistema de Alerta Temprana dio lugar a un prototipo funcional, estable y autónomo, en el que la integración de los componentes electrónicos, la estructura física y el sistema de alimentación fotovoltaico asegura su operatividad continua en condiciones reales, lo que demuestra que la

incorporación de energía renovable no solo reduce la dependencia de la red eléctrica, sino que también fortalece la sostenibilidad del sistema en zonas con limitada infraestructura. Además, la estructura cumple satisfactoriamente con los requerimientos de resistencia y estabilidad necesarios para su implementación en campo, de acuerdo al análisis estructural realizado, con un factor de seguridad superior a 3, se asegura la continuidad operativa incluso ante eventos climáticos moderados.

- Respecto a la validación del funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana: Se validó satisfactoriamente la operatividad del sistema mediante pruebas funcionales en campo con profesional Evaluador de Riesgos y Desastres mediante un protocolo y un simulacro institucional coordinado con la Subgerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de Jaén. Los resultados demostraron una precisión en la medición del nivel del agua con un error menor o igual al 5%, una tasa de éxito del 100% en la activación de alarmas visuales, sonoras, y una efectividad total en la transmisión de alertas remotas (SMS y llamadas) en tiempos de respuesta inferiores a 30 segundos ante la superación de los umbrales críticos definidos.
- La validación del Sistema de Alerta Temprana evidenció un desempeño eficiente en la detección de variaciones del nivel del agua y en la emisión de alertas, caracterizado por una respuesta rápida y confiable, lo que contribuye a mejorar el monitoreo continuo y a reducir el tiempo de reacción ante posibles eventos de desborde, consolidando su utilidad como herramienta tecnológica para la prevención de riesgos.
- El desarrollo del Sistema de Alerta Temprana para el monitoreo del nivel del agua en el canal El Progreso integra de manera coherente las etapas de diseño, construcción y validación, evidenciando que la aplicación de tecnologías basadas en Arduino constituye una alternativa viable, funcional y adaptable para la detección oportuna de posibles desbordes, aportando a la mejora de la prevención y gestión del riesgo en zonas vulnerables.

5.2. Recomendaciones

- Considerar la calibración periódica del sensor ultrasónico bajo condiciones reales de operación, con la finalidad de ajustar posibles desviaciones en la medición ocasionadas por variaciones en la superficie del agua, acumulación de sedimentos o interferencias del entorno; de este modo, se garantiza la precisión de los datos y la confiabilidad del sistema en la detección de cambios en el nivel del canal.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo del sistema que contemple la revisión de los componentes electrónicos, la limpieza del sensor, la verificación de conexiones y el monitoreo del sistema de alimentación fotovoltaico, a fin de asegurar su funcionamiento continuo y evitar fallas durante eventos críticos que puedan comprometer la emisión de alertas.
- Promover la difusión del sistema de alerta temprana en la población ubicada en zonas cercanas al canal, mediante capacitaciones y estrategias informativas que permitan comprender su funcionamiento, interpretar las señales de alerta y fortalecer la capacidad de respuesta ante posibles eventos de desborde.
- Ampliar la implementación del sistema en sectores con mayor vulnerabilidad ante inundaciones, incorporando múltiples puntos de monitoreo y evaluando el uso de tecnologías de comunicación más robustas, con el propósito de mejorar la cobertura, la confiabilidad del sistema y su capacidad de respuesta en diferentes condiciones geográficas.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- 15 Diario El Peruano. (2022). Decreto Supremo que declara el Estado de Emergencia en algunos distritos de varias provincias del departamento de Cajamarca, por impacto de daños ante la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales. *Diario el Peruano*. doi:<http://sinpad2.indeci.gob.pe/sinpad2/faces/public/portal.html>
- Dorado, J. (2020). *Sistema de Monitoreo y Control de Alerta Temprana del desbordamiento de un río*. Tesis, Universidad Piloto de Colombia - Seccional Alto Magdalena, Girardot. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7475/TESIS%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gualdron, J. (2019). *Diseño e implementación de un Sistema Electrónico de monitoreo de crecientes en los cauces de los ríos*. Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Bucaramanga. Recuperado el Diciembre de 2023, de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7023/2019_Tesis_John_Alexander_Gualdron_Arenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 21 Hernández, C. (2018). *Sistema de alerta temprana para la reducción de riegos de inundaciones, utilizando tecnología Arduino y comunicación con redes de datos para el área de la cuenca media del Río Lempa*. Artículo Científico, Universidad de Oriente, San Miguel. doi:<https://doi.org/10.5377/revunivo.v9i9.11374>
- 28 Huamán, I. (2019). *Desarrollo de un sensor para la alerta temprana del desborde del río seco utilizando Arduino en la ciudad de Huaraz 2017*. Tesis de Grado, Universidad Católica Los Angeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería, Chimbote. Obtenido de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/13282>
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2021). *Compendio Estadístico 2021 - Gestión Reactiva*. Obtenido de El impacto de las emergencias en la gestión del riesgo de desastres en el Perú.: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2767059/Compendio%20Estadistico%202021.pdf.pdf>
- IR ELECTRONICS. (10 de NOVIEMBRE de 2025). *IR ELECTRONICS*. Obtenido de <https://irelectronics.pe/producto/bateria-12v-26ah-ritar-rt-12260/>

- Life Services SAC. (15 de octubre de 2025). *LIFE*. Obtenido de <https://lifestore.pe/producto/circulina-con-sirena-opalux-12vdc-luz-led-5w-110db-con-flasher-color-rojo-cjx30-la-rd/>
- Montenegro, J. (2019). *Gestión de inundaciones por caudales máximos en la parte baja del río Chillón*. Tesis de Grado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4364>
- Naylamp Mechatronics SAC. (20 de JULIO de 2025). *Naylamp Mechatronics* . Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/103-pro-micro-32u4.html>
- OPALUX. (1 de Septiembre de 2025). *OPALUX*. Obtenido de <https://opalux.com.pe/product/panel-solar-40w-monocristalino-opalux/>
- Oviedo, B., Morán, E., Najera, J., & Bolivar, D. (17 de Enero de 2019). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA "SAT" PARA EVITAR PÉRDIDAS HUMANAS Y MATERIALES POR INUNDACIONES EN LAS ZONAS PERIFÉRICAS DE LA CIUDAD DE QUEVEDO*. Obtenido de <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/download/10/13/>
- PROMART. (5 de Noviembre de 2025). *PROMART*. Obtenido de <https://www.promart.pe/caja-de-derivacion-con-cono-15x15x7cm/p>
- SAWERS S.A.C. (1 de Noviembre de 2025). *SAWERS S.A.C Servicios de Ingeniería*. Obtenido de <https://sawers.com.pe/controlador-de-carga-solar-pwm-1224v-10a?srsId=AfmBOoo0Inj2MZm5G77oI3waC6FIVHtBuxSIbpahtThLcck6PISEeHuo>
- Stackhouse, P. (2025). *Nasa Power Larc*. Obtenido de Nasa Power Larc: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Tableros Eléctricos. (1 de Noviembre de 2025). *Tableros Eléctricos*. Obtenido de <https://tableroselectricos.com.pe/producto/tablero-electrico-adosado-400x300x200mm/>

AGRADECIMIENTO

Jhann Antony Pérez Estela

Expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Yolanda Estela Fernández Herman Frailel Pérez Dávila, por su guía y apoyo inquebrantable durante todos estos años de estudio, y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia no hay meta inalcanzable. Así mismo a mi hermana Leticia Leaní Pérez Estela por ser un eje de guía y prospecto profesional que siempre aspirado alcanzar.

A mis asesores por su evaluable guía, paciencia y por compartir su experiencia técnica y profesional la cual fue fundamental para el desarrollo y culminación de este logro académico.

Decirles que todos ustedes junto a mi familia fueron los ejes principales para poder lograr cumplir con mi meta profesional.

Edin David Chinchay Maldonado

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis profesores y asesores, por compartir sus conocimientos y experiencias, así como por brindar las herramientas metodológicas y conceptuales necesarias para el desarrollo de mis competencias académicas y profesionales. Su orientación y dedicación fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Asimismo, agradezco a mis compañeros y colegas de universidad, Jamis y Jhann, por su apoyo colaborativo y acompañamiento durante las distintas etapas de esta investigación, contribuyendo a mantener la motivación y el compromiso con el proceso académico.

Finalmente, extendiendo mi reconocimiento a mi familia, por su respaldo constante y confianza en mis capacidades, elementos que constituyeron un soporte esencial para alcanzar los objetivos de esta tesis.

DEDICATORIA

Jhann Antony Pérez Estela

A mis padres Herman y Yolanda

Dedico este trabajo con toda mi gratitud y amor a mis padres, quienes han sido mi motor en este camino de estudios y el soporte justo en cada etapa, apoyándome siempre. Así mismo a mi hermana Leticia por sus consejos constantes.

A mis docentes de carrera, pues ustedes fueron quienes enriquecieron en conocimiento desde su experiencia y su apoyo brindado. A mis asesores por su guía permanente y confianza.

Finalmente, a Dios quien es el encargado de brindarnos la vida y la voluntad de seguir adelante día a día.

Edin David Chinchay Maldonado

Dedico la presente tesis a mis padres, y de manera muy especial a mi madre, quien hoy me guía desde el cielo. En vida, su amor incondicional, sacrificio y enseñanzas fueron el faro que iluminó mi camino; su ejemplo continúa siendo mi mayor fortaleza y motivación.

A mis hermanos, Jorge y Darwin, pues me brindaron su apoyo constante, sus consejos y su compañía en cada paso de este proceso. Su presencia y guía siempre me han inspirado a perseverar y alcanzar mis metas.

ANEXOS

9

Anexo 1: Acta de simulacro de validación del Sistema de Alerta Temprana en coordinación con la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Jaén, adjuntando informe a cargo del profesional representante del área y solicitud de coordinación para realizarse el simulacro.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**SIMULACRO DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA: ACTA Y REGISTRO SINPAD (Sistema de Información
Nacional para la Respuesta y Rehabilitación).**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO,
PARA DESBORDES EN EL CANAL DE AGUA EL
PROGRESO EN LA CIUDAD DE JAÉN, 2025”**

Autores: Bachiller. Jhann Antony Pérez Estela
Bachiller. Edin David Chinchay Maldonado.

Asesor: Dr. Walter Linder Cabrera Torres.
Dr. Lenin Quiñones Huatangari.

Entidad en Coordinación: Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de
la Municipalidad Provincial de Jaén.

JAÉN – PERÚ, DICIEMBRE 2025

ACTA DEL SIMULACRO DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

ACTA N.º 001-2025 S.A. T-T/FIME-UNJ SGGRD -MPJ.

Fecha: 15 / 12 / 2025

Hora: 01:00 p.m.

Lugar: Canal de Agua "El Progreso", sector Magllanal, distrito de Jaén – Cajamarca.

Proyecto: "implementación de un Sistema de Alerta Temprana utilizando tecnología Arduino, para desbordes en el canal de agua El Progreso en la ciudad de Jaén, 2025"

1. OBJETIVO

Validar el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante el incremento del nivel del agua respecto al borde del canal El Progreso -Sector Magllanal, Jaén – Cajamarca.

2. PARTICIPANTES

- Tesistas: Bach. Jhann Antony Pérez Estela y Bach. Edin David Chinchay Maldonado.
- Asesores: Dr. Walter Linder Cabrera Torres y Dr. Lenin Quiñones Huatangari
- Representante Defensa Civil / Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres – MPJ : Ing. Carlos Manuel Contreras Yomona
- Observadores: _____

3. DESCRIPCIÓN DEL SIMULACRO

- Se elevó de manera controlada el nivel del agua hasta alcanzar el umbral crítico programado.
- El sensor detectó el nivel de alerta y el sistema:
 - ☒ Activó la sirena
 - ☒ Envío mensaje de alerta vía GSM
 - ☒ Registró el evento en el sistema SINPAD V.2 (se anexa formulario)
- Se verificó la recepción del aviso y el tiempo de respuesta.

4. RESULTADOS

- Detección del nivel crítico: ☒ Adecuada ☐ No adecuada
- Activación de alarmas: ☒ Correcta ☐ Con fallas
- Envío de mensajes: ☒ Correcto ☐ No enviado

- Observaciones:

Se puede monitoreando las emisiones de alerta en forma permanente entre Tesisistas y Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres.

5. CONCLUSIONES

El simulacro permitió validar el funcionamiento del SAT, comprobándose que:

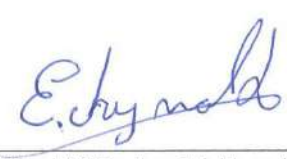
Las señales de alerta fueron enviadas de forma oportuna, tanto como mensajes de texto y llamada telefónica, indicando los niveles de riesgo en función al nivel del agua respecto a la distancia hacia el borde del canal de agua El Progreso, Sector Magallanes - Jaén.

El simulacro ha demostrado que el sistema de Alerta Temprana para desbordamientos de Canal de Agua es una herramienta Valiosa y efectiva para la gestión de riesgos y reducción de desastres en la comunidad.

6. FIRMAS

Responsables del proyecto:


Jhann Antony Pérez Estela
DNI N° 71236821


Edin David Chinchay Maldonado
DNI N° 72816293

Asesor:


DNI: 16701611
LINDOR CABREDO TORRES


CARLOS CONTRERAS
DNI: 17601832
Representante de Defensa CIVIL / Sub
Gerencia de Gestión del Riesgo de
Desastres – Municipalidad Provincial
de Jaén



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN - PERÚ
SIMÓN BOLÍVAR N°1520
SUB GERENCIA DE GESTION DE RIESGOS Y DESASTRES
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"



INFORME N° 0065-2025-MPJ-GPSC-SGGRD/CMCY.

CMCY

A : Ing. LESLEY MILER RODRIGUEZ TRIGOSO
SUBGERENTE DEL ÁREA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES – MPJ

DEL : Ing. CARLOS MANUEL CONTRERAS YOMONA
SUB GERENCIA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES

ASUNTO : INFORME TÉCNICO SOBRE EJECUCION DE SIMULACRO/EJERCICIO DE ACTIVACION DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CANAL EL PROGRESO EN BASE A PROYECTO DE INVESTIGACION "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO PARA DESBORDES EN CANAL DE AGUA EL PROGRESO- EN LA CIUDAD DE JAÉN 2025"

REFERENCIA :
a) EXPEDIENTE 39936 - 2025

FECHA : JAEN 15 DE DICIEMBRE DEL 2025

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para expresarle mi saludo y en concordancia con el documento de la referencia, donde se solicita un informe sobre la ejecución de simulacro/ejercicio de activación del sistema de alerta temprana canal el progreso en base a proyecto de investigación "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO PARA DESBORDES EN CANAL DE AGUA EL PROGRESO- EN LA CIUDAD DE JAÉN 2025". En cuanto a lo solicitado, debo indicar lo siguiente:

I. DE LO SOLICITADO

- Informe técnico de simulacro/ejercicio de activación del sistema de alerta temprana canal el progreso en base a proyecto de investigación "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO PARA DESBORDES EN CANAL DE AGUA EL PROGRESO- EN LA CIUDAD DE JAÉN 2025".
- Ante lo solicitado y en consideración que la comunicación se a realizado en forma permanente y fluida, se procedió a realizarse el simulacro de activación de SAT (Sistema de alerta temprana) ubicado en el canal El Progreso del sector Magllanal-distrito de Jaen-Provincia de Jaen, con fecha 15 de diciembre del 2025 a horas de inicio 11:30 am y hora de finalización 1.00:pm

II. DEL DESARROLLO DEL SIMULACRO

- Se ejecuto una coordinación previa para detallar el procedimiento de identificación de los niveles de riesgo y las alertas emitidas por el prototipo; así también se definió que se realizara un estancamiento de aguas de forma manual controlada que permita que el nivel del agua en el canal simule un posible desborde.
- Se verifico la operatividad del prototipo y se recordó a cada área sus funciones para el desarrollo del simulacro.
- Mediante el estancamiento Manual de aguas realizadas en el canal se verifico que el nivel de agua estaba en aumento, iniciando en un nivel normal ≥ 40 cm al inicio del ejercicio del simulacro (12.00 pm).
- Siendo las 12:20 pm, se recibió una alerta mediante mensaje de texto al celular número 906347767 de uso del especialista de Gestión del Riesgo de Desastres de la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Jaén, con el siguiente texto: "RIESGO MEDIO (amarillo). Nivel 33-17 cm, con respecto al borde, parámetros identificados y definidos en la coordinación previa al simulacro entre SGGRD y tesisas. Así mismo se recibió una llamada telefónica de alerta desde el número 919290891 perteneciente al prototipo Sistema de Alerta Temprana.
- Teniendo en cuenta que se recibió una alerta de emergencia por aumento de nivel de agua con inminente desborde del canal de agua el Progreso, como área de Gestión del Riesgo de Desastres se procedió a realizar el registro en la Plataforma SINPAD, para posteriormente evaluar la atención de la emergencia.

1/12/25



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN - PERÚ
SIMÓN BOLÍVAR N°1520
SUB GERENCIA DE GESTION DE RIESGOS Y DESASTRES
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"



Así mismo se compartió la alerta a los diferentes órganos institucionales que tienen incumbencia en su atención, mediante el Centro de Operaciones de Emergencias – COEP, para estar pendientes ante la concertación de un desborde en el Canal de Agua ubicado en el Sector Magllanal.

- Así mismo siendo por medio del Centro de operaciones y gracias a la actualización de su directorio de comités sectoriales, se comunicó a las autoridades del sector para alertar a la población cercana y colindante al canal, para que puedan estar preparadas ante una posible emergencia, mientras se realiza el monitoreo constante y coordinación con administradores del canal de agua.
- Siendo las 12: 31.pm, se recibió una alerta mediante llamada telefónica hacia el teléfono celular del especialista de Gestión del Riesgo de Desastres de la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la MPJ y un mensaje de texto "RIESGO ALTO (ROJA). DESBORDE ≤ 1.6 cm, respecto al borde del canal, parámetros identificados y definidos en la coordinación previa al simulacro entre SGGDR y tesistas.
- Ante la alerta recibida, se continuó con el monitoreo constante y coordinación con administradores del canal, quienes ya se apersonan cerca del punto donde se recibió la alerta y mediante el Centro de Operaciones de emergencia para el pedido de apoyo y posible traslado de personal para una evacuación de las personas que habiten en viviendas aledañas y colindantes al canal de agua.
- Finalmente, se procedió a verificar si las alertas tempranas fueron recibidas por el área de la Subgerencia de Riesgo de Desastres, de las cuales se evidenció que, si fueron recibidas, tanto por mensaje de texto y por llamada telefónica, indicando de manera oportuna los niveles de riesgo relacionados al nivel en que se encontraba el agua en el canal El Progreso del Sector Magllanal, Distrito de Jaén, provincia de Jaén - Cajamarca.
- Se procedió a firmar acta de simulacro de validación del sistema de alerta temprana (se adjunta como anexo) siendo la 01.00 p.m., en función al proyecto de investigación investigación "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO PARA DESBORDES EN CANAL DE AGUA EL PROGRESO- EN LA CIUDAD DE JAÉN 2025".

III. CONCLUSIONES

- El simulacro realizado a permitido validar el funcionamiento del Prototipo del proyecto de IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA UTILIZANDO TECNOLOGIA ARDUINO PARA DESBORDES EN CANAL DE AGUA EL PROGRESO- EN LA CIUDAD DE JAÉN 2025, demostrándose que es una herramienta valiosa para la gestión del riesgo y reducción de desastres, ya que la comunicación y emisión de alertas vía mensaje de texto y llamada telefónica han sido optimas y pertinentes, identificándose el nivel de riesgo en el que se encuentra el canal de agua El Progreso, referenciando el nivel de agua y su distancia respecto al borde del mismo, evitando así afectaciones por un desbordamiento gracias a la alerta temprana que el prototipo emite.

IV. RECOMENDACIONES

- Considerar la expansión del sistema en otros sectores de la región Cajamarca, con la finalidad de reducir el número de personas potencialmente afectadas por las inundaciones como consecuencia de lluvias intensas,
- Se recomienda el fortalecimiento centrado en integrar tecnología, capacitar a las comunidades y coordinar esfuerzos multisectoriales para una respuesta más efectiva ante desastres

Sin otro en particular hago propicia para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Muy Atentamente

C.C.
ARCHIVO SGGDRD
FILE PERSONAL



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
SUB GERENCIA DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES

Carlos Manuel Contreras Yomona
ING. INDUSTRIAL - CIP 335264

ps b



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN - PERÚ
SIMÓN BOLÍVAR N°1520
SUB GERENCIA DE GESTION DE RIESGOS Y DESASTRES
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"



V. PANEL FOTOGRÁFICO

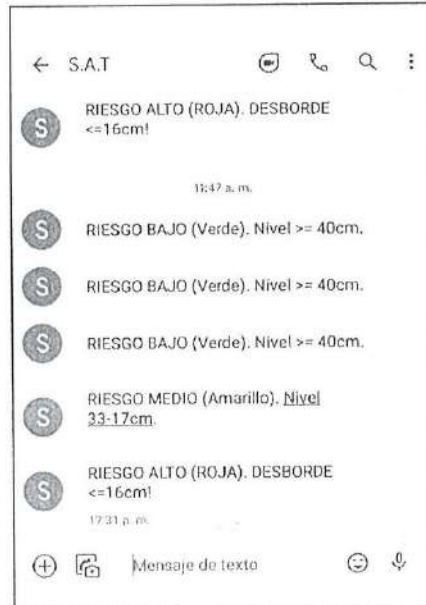


IMAGEN 01: ALERTAS RECIBIDAS VÍA MENSAJE DE TEXTO (RIESGO BAJO – RIESGO MEDIO – RIESGO ALTO).



IMAGEN 02: ALERTAS RECIBIDAS VÍA MENSAJE DE TEXTO (RIESGO BAJO – RIESGO MEDIO – RIESGO ALTO).

Pos



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN - PERÚ
SIMÓN BOLÍVAR N°1520
SUB GERENCIA DE GESTION DE RIESGOS Y DESASTRES
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

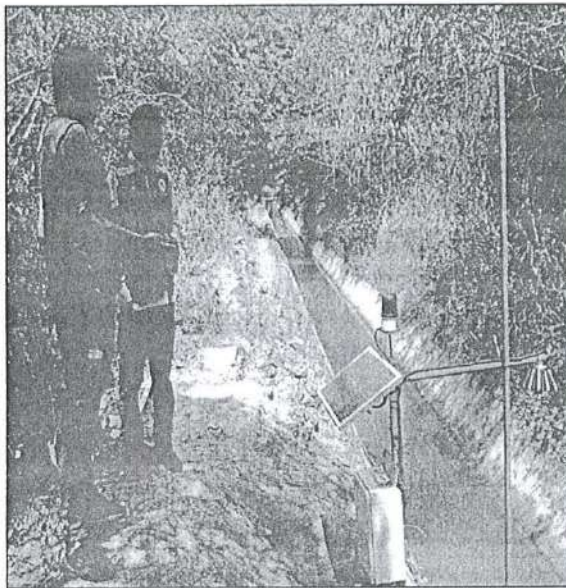
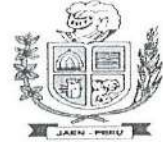


IMAGEN 03: COORDINACIÓN PREVIA AL INICIO DEL EJERCICIO/ SIMULACRO EN CAMPO, UBICACIÓN_ CNAL EL PROGRESO SECTOR MAGLLANAL.

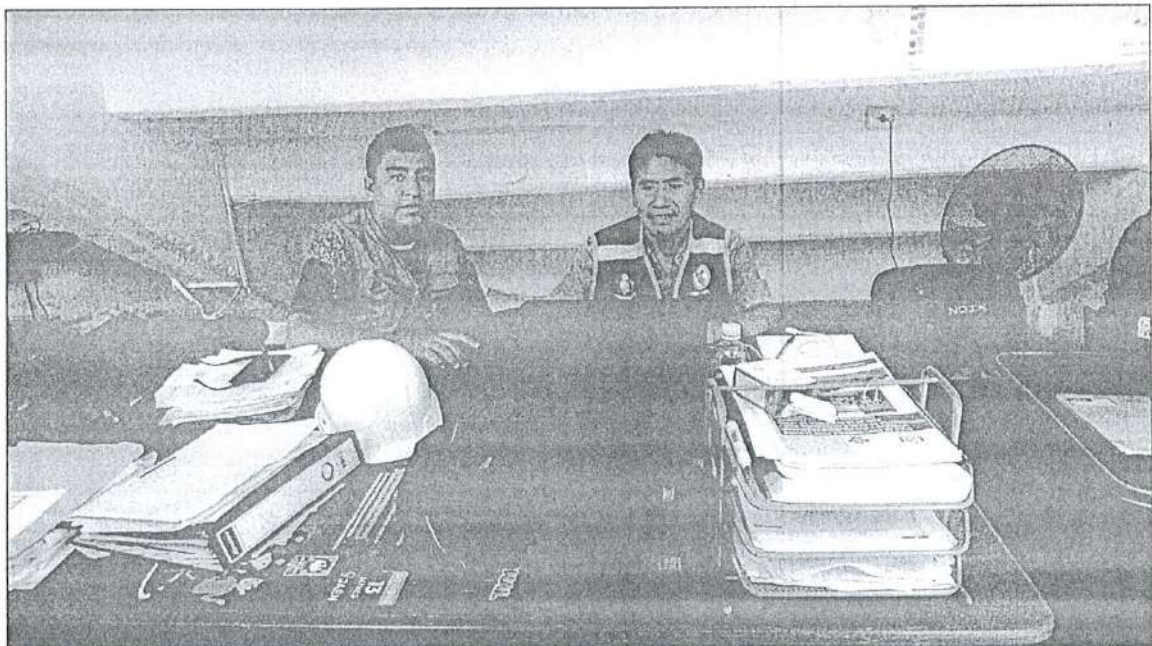


IMAGEN 04: COORDINACIÓN CONJUNTA RESPECTO AL EJERCICIO/SIMULACRO ENTRE SUB GERENCIA DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y TESISISTAS.

814

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

PARA: ING. MILER LESLEY RODRÍGUEZ TRIGOSO
SUB GERENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN

Asunto: Solicitud de coordinación para ejecución de simulacro / ejercicio de activación del Sistema de Alerta Temprana Canal El Progreso en Base al Proyecto de Investigación "Implementación de un sistema de alerta temprana utilizando tecnología Arduino, para desbordes de canal de agua El Progreso en la ciudad de Jaén, 2025"

REF: EXP. N°39936-2025

FECHA: 28 DE NOVIEMBRE DEL 2025

Yo, Jhann Antony Pérez Estela, identificado con DNI N° 71236821 con domicilio actual en calle Antisuyo #339 – Jaén y mi compañero Edin David Chinchay Maldonado identificado con DNI N° 72816293 domiciliado en calle Río Chunchuca s/n Sector Pueblo Libre, como tesistas.

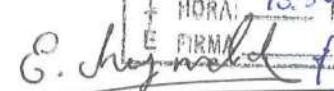
Mediante la presente, solicitamos la coordinación y autorización para la ejecución de un simulacro de activación del Sistema de Alerta Temprana (SAT), con la finalidad de validar la funcionalidad del proyecto de investigación titulado "Implementación de un sistema de alerta temprana utilizando tecnología Arduino, para desbordes de canal de agua El Progreso en la ciudad de Jaén, 2025", que tiene por objetivo validar la detección y comunicación de alertas por aumento del nivel del agua respecto al borde del canal El Progreso. Teniendo en cuenta que como tesistas con fecha 10 de septiembre del 2025, presentamos una solicitud para coordinación en conjunto al área que usted representa, la cual fue respondida por su despacho de manera favorable (Exp. N° 39936).

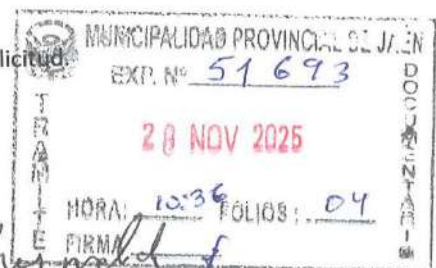
El ejercicio será controlado y no implicará riesgo real para la población. Además manifestar que a partir de la fecha el Sistema de Alerta Temprana se encuentra instalado en el Canal El Progreso del Sector Magllanal. Solicitamos la presencia/participación de un representante de la SGGRD para registrar el evento y, de ser posible, su registro en SINPAD como "simulacro/ejercicio".

Agradecemos su predisposición y participación en dicha solicitud.

Atentamente,


JHANN ANTONY PÉREZ ESTELA
DNI: 71236821


EDIN DAVID CHINCHAY MALDONADO
DNI: 72816293



Anexo 2: Protocolo de validación de pruebas funcionales del Sistema de Alerta Temprana (SAT) en coordinación con Especialista Evaluador de Riesgos y Desastres.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE PRUEBAS FUNCIONALES
DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT).**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA
UTILIZANDO TECNOLOGÍA ARDUINO, PARA DESBORDES EN EL
CANAL DE AGUA EL PROGRESO EN LA CIUDAD DE JAÉN, 2025”.**

Especialista EVAR: Ing. Joe Danny Aguilar Cieza.

Tesistas: Bach. Jhann Antony Pérez Estela

Bach. Edin David Chinchay Maldonado

Asesor: Mg. Walter Linder Cabrera Torres

Dr. Lenin Quiñones Huatangari

JAÉN - PERÚ, DICIEMBRE, 2025

PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE PRUEBAS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT) BASADO EN MEDICIÓN DEL NIVEL DE AGUA RESPECTO AL BORDE DEL CANAL

1. Información general

Proyecto: Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante desborde del canal de agua El Progreso

Tesistas: Bach. Jhann Antony Pérez Estela y Bach. Edin David Chinchay Maldonado.

Especialista Evaluador de Riesgos y Desastres: Ing. Joe Danny Aguilar Cieza.

Fecha de realización: (16/12/2025)

Lugar: Canal de riego El Progreso – Sector Magllanal, Distrito de Jaén, Provincia de Jaén – Cajamarca, Perú.

Equipo: Arduino + sensor ultrasónico impermeable + módulo GSM + sistema solar

Versión del sistema: Única – Elaboración propia.

2. Propósito del protocolo

Validar el funcionamiento del SAT comprobando que:

1. **Mide correctamente el nivel real del agua respecto al borde del canal.**
2. **Detecta los tres niveles de riesgo:** Bajo, Medio y Alto.
3. **Activa alertas correctas según los umbrales establecidos.**
4. **Envía notificaciones confiables vía GSM.**
5. **Opera de forma estable bajo condiciones reales del canal.**

3. Descripción técnica del sistema evaluado

El sistema mide la distancia entre el sensor ultrasónico y la superficie del agua, y mediante geometría del canal determina su proximidad al borde, permitiendo evaluar la probabilidad de desborde.

Parámetros físicos del canal (ejemplo real):

- Tipo de sección: Trapezoidal
- Base menor: 60 cm
- Base mayor (borde): 175 cm
- Taludes laterales: 1 m
- Profundidad total: 82 cm
- Nivel normal del agua: 40 cm de altura

Los umbrales del SAT están definidos respecto al **borde del canal** (no respecto al fondo).

4. Umbrales de riesgo definidos

Se utilizan principios de Gestión del Riesgo (CENEPRED/INDECI) que recomiendan clasificación por porcentajes de capacidad.

Con altura total: **82 cm**

Nivel normal: **40 cm**

Nivel	% del canal ocupado	Altura desde fondo	Distancia al borde	Condición
Bajo	0-60%	0-49 cm	>33 cm	Condición habitual
Medio	60-80%	50-65 cm	< 33 -17 cm	Posible incremento brusco
Alto	80-100%	66-82cm	<16 cm	Desborde inminente

Justificación:

- INDECI clasifica peligro inminente cuando el nivel del agua se aproxima al límite estructural (borde).
- CENEPRED recomienda trabajar con porcentajes de capacidad para niveles de alerta (60%, 80%).

5. Condiciones previas antes de iniciar pruebas

5.1. De funcionamiento

- Cobertura GSM $\geq 2G$
- Batería o sistema solar operativo.
- Sensor sin obstrucciones y firmemente instalado.
- Módulo GSM registrado en red.
- Fecha y hora configuradas correctamente.

5.2. De seguridad

- Equipo de protección personal (EPP) obligatorio.
- Trabajar desde zonas seguras del canal.
- No manipular componentes eléctricos con manos mojadas.

6. Instrumentos de medición utilizados

1. Regla metálica o wincha (para medir nivel real del agua).
2. Teléfono móvil (recepción de alertas GSM).
3. Bitácora física o digital de mediciones.
4. Multímetro (opcional, para verificar alimentación).

7. Diseño de las pruebas

Se realizarán **7 pruebas funcionales**, cada una repetida **tres veces** para asegurar consistencia a partir de la Prueba 2, ya que la prueba 1 es para ver la operatividad del prototipo.

PRUEBA 1: Operatividad del prototipo

Objetivo

Determinar si el prototipo está operativo y el sensor está realizando medición.

Procedimiento

1. Medir manualmente la distancia entre sensor y agua (cm).
2. Registrar lectura del sensor en la pantalla/monitor serial.
3. Calcular diferencia.

Criterio de aceptación

Error máximo permitido: $\leq 5\%$ (de distancia total desde fondo de canal hacia el borde 82 cm, por lo cual el $5\% = 4.1$ cm)

Prueba	Hora	Lectura manual	Lectura Sensor	Diferencia	¿Acepta?
1	8:40:16 a.m.	49.3 apróx.	cm 50.5 cm	1.2 cm	Sí es aceptable porque es menor al margen de error.

PRUEBA 2: Validación de umbral de Alerta Baja (0–60%)

Objetivo

Verificar que el sistema detecta condición normal cuando el agua está lejos del borde (>33 cm).

Procedimiento

1. Medir agua en estado normal (≈ 40 cm).
2. Verificar lectura del sensor.
3. Confirmar que **NO** se genera alerta de nivel medio o alto y se muestra “VERDE - Riesgo Bajo en pantalla LCD”.

Criterio de aceptación

- Distancia al borde detectada >33 cm
- Mensaje: “(S.A.T CANAL EL PROGRESO) ALERTA RIESGO BAJO (verde) Condición habitual de nivel de agua: $> 40-33$ cm respecto al borde”
- Tiempo de envío ≤ 10 segundos



Prueba	Hora	Lectura manual	Lectura sensor	Diferencia	Alerta generada	Resultado
1	09:10:05 a.m.	38 cm apróx.	39.1 cm	1.1 cm	Ninguna (Visualización en pantalla LCD)	Emisión de dato al instante <10 segundos
2	09:47:49 a.m.	39 cm apróx.	39.9 cm	0.9 cm	Ninguna (Visualización en pantalla LCD)	Emisión de dato al instante <10 segundos
3	11:04:51 a.m.	35.8 cm apróx.	36.5 cm	0.7 cm	Ninguna (Visualización en pantalla LCD)	Emisión de dato al instante <10 segundos

PRUEBA 3: Validación del umbral de Alerta Media (60–80%)

Objetivo

Validar que el SAT identifica una condición de riesgo moderado.

Procedimiento

1. Forzar incremento del nivel del agua (natural o controlado).
2. Registrar nivel real entre 50–65 cm.
3. Verificar que el sistema genere **Alerta Media**.
4. Confirmar envío GSM.

Criterio

- Distancia al borde entre 17 y 33 cm
- Mensaje: **“(S.A.T CANAL EL PROGRESO) ALERTA RIESGO MEDIO (AMARILLO) Posible incremento brusco del nivel del agua: 33 – 17 cm con respecto al borde”**
- Tiempo de envío ≤ 10 segundos

Prueba	Hora	Lectura manual	Lectura sensor	Diferencia	Tipo alerta	Tiempo de envío	Resultado
1	09:21:33 a.m.	22 cm apróx.	22.8 cm	0.8 cm	Pulsaciones sonoras y visuales en circulina, envío de mensajes de texto y llamada telefónica.	Menor a 10 segundos.	Emisión de alertas y toma de datos de manera operativa.



2	10:07:37 a.m.	29.5 cm aprox.	30.0 cm	0.5 cm	Pulsaciones sonoras y visuales en circulina, envío de mensajes de texto y llamada telefónica.	Menor a 10 segundos.	Emisión de alertas y toma de datos de manera operativa.
3	11:08:06 a.m.	33 cm aprox.	31.8 cm	1.2 cm	Pulsaciones sonoras y visuales en circulina, envío de mensajes de texto y llamada telefónica.	Menor a 10 segundos.	Emisión de alertas y toma de datos de manera operativa.

PRUEBA 4: Validación del umbral de Alerta Alta (80-100%)

Objetivo

Verificar detección de riesgo crítico y desborde inminente.

Procedimiento

1. Permitir que el agua supere los 66 cm de altura desde el fondo hacia el borde.
2. Registrar distancia al borde.
3. Verificar alerta inmediata.
4. Registrar tiempo entre detección y envío GSM.

Criterio

- Distancia al borde <17 cm
- Mensaje: (S.A.T CANAL EL PROGRESO) ALERTA RIESGO ALTO (ROJO) Desborde inminente < 16 cm respecto al borde
- Tiempo de envío ≤ 10 segundos

Prueba	Hora	Lectura manual	Lectura sensor	diferencia	Tipo alerta	Tiempo de envío	Resultado
1	09:31:45 a.m.	15 cm aprox.	14.3 cm	0.7 cm	Envío de SMS, Llamada telefónica hacia los números	Menor a 10 segundos.	El prototipo detecta el umbral definido y activo las 3 alertas programadas.



 MUNICIPALIDAD MUNICIPAL DE SAEN

 ING. CRT. JOE D. AGUILAR CERRA

 157 1223

 INSPECCIÓN DE...

 157 1223

					registrados sonido permanente e iluminación de circulina de emergencia.		envío de SMS, llamadas telefónicas y emisión audiovisual.
2	10:20:13 a.m.	14 cm aprox.	14.7 cm	0.7 cm	Envío de SMS, Llamada telefónica hacia los números registrados sonido permanente e iluminación de circulina de emergencia.	Menor a 10 segundos.	El prototipo detecta el umbral definido y activo las 3 alertas programadas, envío de SMS, llamadas telefónicas y emisión audiovisual.
3	11:20:44 a.m.	14 cm aprox.	14.5 cm	0.5 cm	Envío de SMS, Llamada telefónica hacia los números registrados sonido permanente e iluminación de circulina de emergencia.	Menor a 10 segundos.	El prototipo detecta el umbral definido y activo las 3 alertas programadas, envío de SMS, llamadas telefónicas y emisión audiovisual.

PRUEBA 5: Fiabilidad del módulo GSM

Objetivo

Validar que los mensajes se envíen consistentemente bajo distintas condiciones de señal.

Procedimiento

- Registrar intensidad de señal.
- Enviar alertas manualmente desde el sistema.
- Medir tiempo de llegada.

7

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CAYO P. VIGILAR CIEZA
C.I. N° 57380
INSPECTOR ESPECIALISTA N° 1227 (AVES)
EVALUADOR DEL PROYECTO DE INICIACIÓN
R-047-2021 (CENEPRD)

Criterio

Éxito $\geq 95\%$ de mensajes enviados.

PRUEBA 6: Estabilidad operacional (12–24 horas)

Objetivo

Evaluar continuidad del sistema en funcionamiento real.

Se mide:

- Reinicios del Arduino: No se evidenciaron reinicios por parte del sistema, salvo manuales requeridos para evaluar operatividad.
- Caídas de señal GSM: No se presentaron caídas de la señal, puesto que las emisiones de aleta en SMS y llamadas fueron realizadas de manera oportuna por parte del prototipo.
- Cambios bruscos en lecturas: No se evidenciaron cambios bruscos en las lecturas, pus como se menciona en el primer punto, se realizaron reinicios manuales y al retomar la operatividad el prototipo muestra una lectura coincidente y acorde a las mediciones periódicas.
- Fuente de alimentación: El controlador de carga muestra valores $> 12V$.

PRUEBA 7: Prueba de autonomía de la batería

Objetivo

Determinar si la batería soporta el sistema durante la noche:

Para ello se ha tomado en cuenta que el prototipo se mantenga instalado en el punto del canal El Progreso y se ha tomado evidencia fotográfica de su nivel de carga del primer día hasta superar las 48h, lo cual correspondería a los 2 días considerados en cálculos por parte de los tesisas, para ello se concluye de que el prototipo si garantiza la operatividad en condiciones climáticas y de horarios diversos, siendo así que al presente documento se anexan vistas fotográficas del indicador de carga de la batería en el controlador instalado.

8. Matriz de criterios de aceptación general

Prueba	Criterio	Condición aceptable	Condición no aceptable
Sensor	Error $\leq 5\%$	✓	
Alerta baja	Distancia > 33 cm	✓	
Alerta media	Distancia 17–32 cm	✓	
Alerta alta	Distancia < 16 cm	✓	

8

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CIV. JOEL D. VILLAR CIEZA
CIP N° 47380
INSPECTOR ESPECIALISTA MTSE N° 1922 (MVCN)
EVALUADOR DEL RUP-S DEL PAÍS
R. 015 0151 0151 0151

Prueba	Criterio	Condición aceptable	Condición no aceptable
GSM	Éxito $\geq 95\%$	✓	
Estabilidad	0 reinicios	✓	
Autonomía	>48 h	✓	

9. Registro de incidentes

Periodo: 48 h

Descripción de incidente	Si	NO	OBSERVACIÓN
Bloqueos del Arduino		✓	
Retrasos del GSM		✓	
Lecturas incoherentes		✓	
Problemas de alimentación		✓	
Caídas del sistema		✓	

10. Conclusiones

Tras la ejecución de las 7 pruebas funcionales descritas en el presente protocolo, se concluye lo siguiente respecto al desempeño del Sistema de Alerta Temprana (SAT) en el canal El Progreso:

1. *Precisión de detección:* El sistema cumple satisfactoriamente con la precisión requerida, manteniendo un margen de error inferior al 5% en la medición del nivel de agua respecto al borde del canal, validando la fiabilidad del sensor ultrasónico en condiciones reales.
2. *Activación de alertas:* Se verificó la correcta transición entre los estados de riesgo (Bajo, Medio y Alto). El software basado en Arduino identificó con exactitud los umbrales de 33 cm y 16 cm de distancia al borde, activando de forma inmediata las señales visuales (LCD) y sonoras (circulina).
3. *Envío confiable (GSM):* El módulo GSM demostró una alta tasa de éxito en el envío de notificaciones, logrando tiempos de entrega de mensajes de texto (SMS) inferiores a los 10 segundos tras la detección de niveles críticos, cumpliendo con el protocolo de respuesta inmediata ante peligro de desborde.
4. *Estabilidad y Autonomía:* El comportamiento del hardware fue estable, sin registros de bloqueos o reinicios inesperados del microcontrolador. Asimismo, el

sistema de alimentación solar garantizó una autonomía superior a las 48 horas, asegurando la vigilancia del canal durante periodos nocturnos o días nublados.

Resultado Final: El Sistema de Alerta Temprana se declara APTO / VALIDADO para su operación técnica, demostrando ser una herramienta eficaz para la gestión de riesgos y la prevención daños ante el desborde de agua del Canal El Progreso en el sector Magllanal de la ciudad de Jaén.

11. Firmas



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CH. JOE V. AGUILAR CIEZA
CIP N° 87380
INSPECCIÓN TÉCNICA DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES
R-047-2021/CENEP/001

ESPECIALISTA



EDIN DAVID CHINCHAY MALDONADO
DNI N° 72816293
TESISTA



JHANN ANTONY PÉREZ ESTELA
DNI N° 71236821
TESISTA



WALTER LINDER CABRERA TORRES
DNI N° 16701611
ASESOR

PANEL FOTOGRÁFICO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS.

Imagen 01: Se muestra el estancamiento de agua simulado, para poder realizar las pruebas de aumento de nivel de agua en el Canal El Progreso.

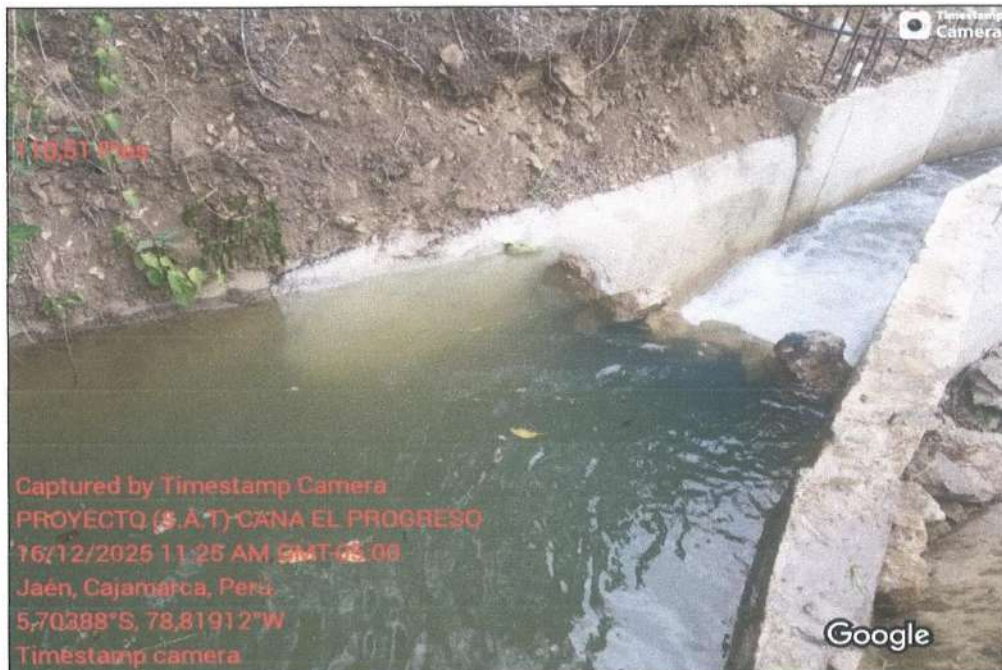
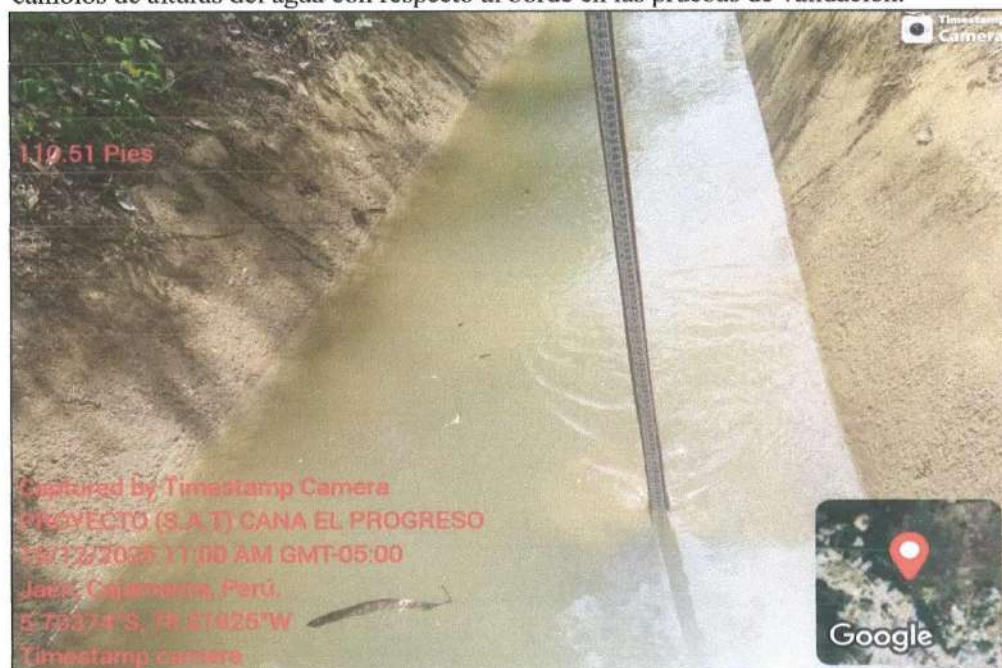


Imagen 02: Se muestra el estancamiento el nivel del agua bajo, para evidenciar los cambios de alturas del agua con respecto al borde en las pruebas de validación.



11

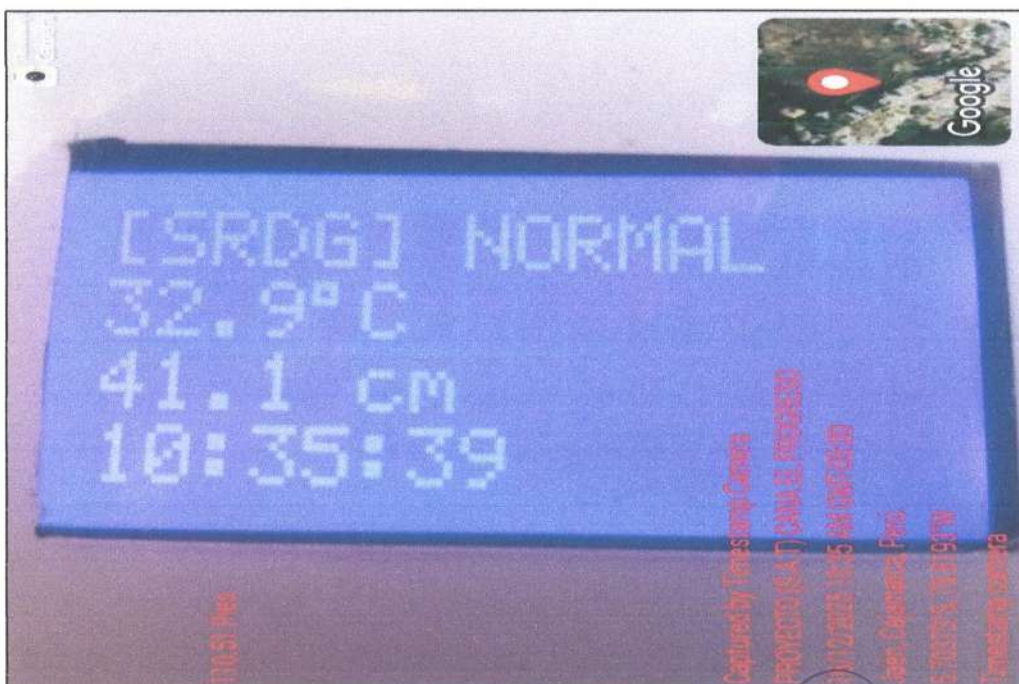
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
 NO. CIV. JOSE AGUILAR CIEZA
 (EVALUADOR DE LA INTEGRIDAD)
 (EVALUADOR DE LA INTEGRIDAD)

101

Imagen 03: Se visualiza que el nivel de agua esta cercana al borde, lo cual evidencia los cambios de nivel de agua para la simulación en las pruebas funcionales.



Imagen 04: Se muestra la visualización de texto en pantalla LCD del prototipo, donde especifica un nivel normal a una distancia del agua de 41.1 cm respecto al borde del canal (40 cm nivel normal, según umbral establecido).



12

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CIV. JOH. D. AGUILAR CIEZA
INSPECTOR ESPECIALISTA EN DREJ (MPCV)
EVALUADOR DEL RIESGO DE DESASTRES
JUNIO 2021 - ENERO 2022

102

Imagen 05 Se muestra la visualización de texto en pantalla LCD del prototipo, donde especifica un nivel VERDE (riesgo bajo) a una distancia del agua de 39.9 cm respecto al borde del canal (40 – 33 cm nivel bajo, según umbral establecido).



Imagen 06 Se muestra la visualización de texto en pantalla LCD del prototipo, donde especifica un nivel AMARILLO (riesgo Medio) a una distancia del agua de 22.8 cm respecto al borde del canal (< 33 – 16 cm nivel Medio, según umbral establecido).



13

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. IV. JOSÉ AGUILAR CIEZA
C.D. 10.873 RD
INSPECCIÓN TÉCNICA N.º 022 (AVES)
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES
AÑO 2021-CENEPRED-J

103

Imagen 07 Se muestra la visualización de texto en pantalla LCD del prototipo, donde especifica un nivel ROJA (riesgo Alto) a una distancia del agua de 14.5 cm respecto al borde del canal (< 16 cm nivel Alto, según umbral establecido).



Imagen 08 Alerta Emitida por Mensaje de Texto hacia números telefónicos registrados.



14

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CIVIL D. AGUILAR CIEZA
EVALUADOR DEL RIESGO DE DESASTRES
16/12/2025 11:19 AM GMT-05:00

104

Imagen 09 Alerta Emitida por Llamada telefónica hacia números telefónicos registrados.

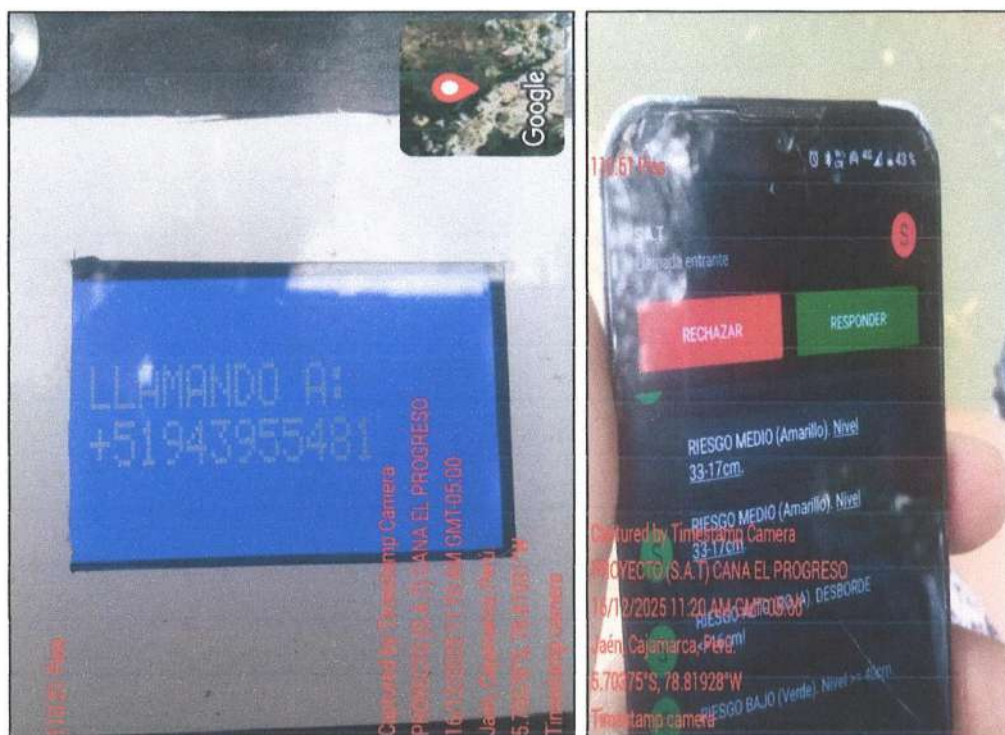
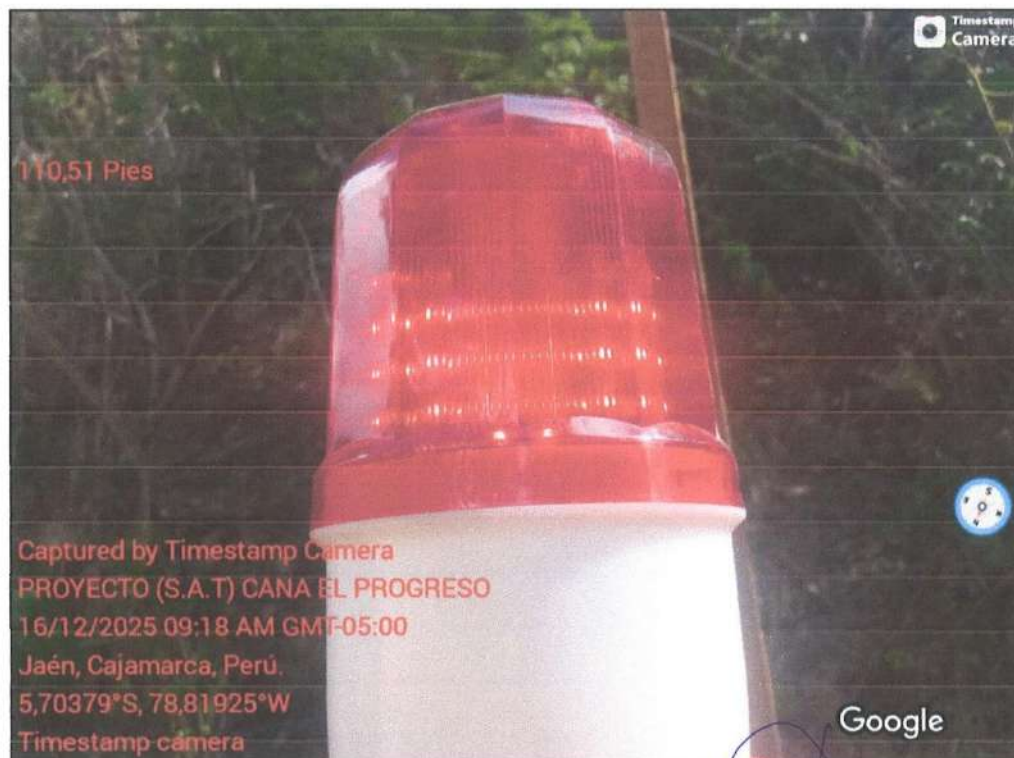


Imagen 010 Alerta Emitida por Circulina: Sonora y luminosa.



15

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN
ING. CIV. JOSE AGUILAR CIEZA
CIF N° 57380
INSPECTOR GENERAL DE TRÁFICO Y VEHÍCULOS
EVALUADOR DEL RIESGO DEL TRÁFICO
017 201 1234567

105



Resolución Jefatural

N° 047-2021-CENEPRED/J

Lima, 09 de abril de 2021

VISTOS:

El Informe N°026-2021-CENEPRED/DIFAT, de fecha 09 de abril de 2021, Informe Técnico N°020-2021-CENEPRED/DIFAT, del 05 de marzo de 2021, ambos emitidos por la Dirección de Fortalecimiento y Asistencia Técnica, y el Informe Legal N° 045-2021-CENEPRED/OAJ del 07 de abril de 2021, emitido por la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

CONSIDERANDO:

Que, por Ley N° 29664 se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y se constituye el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) como un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo y reconstrucción;

Que, mediante Resolución Jefatural N°046-2018-CENEPRED/J, de fecha 28 de febrero de 2018 se aprobó la Directiva N° 001-2018-CENEPRED/J, "Procedimientos para la Formación y la Acreditación de Evaluadores del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales", en cuyo numeral 5.1 se define al Evaluador del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales, como aquel profesional formado a nivel universitario y que es acreditado por el CENEPRED, para conducir equipos técnicos multidisciplinarios según el tipo de peligro en estudio para la formulación del informe de evaluación del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales siguiendo los procedimientos metodológicos vigentes;

Que, mediante Resolución Jefatural N° 070-2020-CENEPRED/J, de fecha 24 de agosto del 2020, se modificó el numeral 6.2 de la Directiva N° 001-2018-CENEPRED/J referido al procedimiento de acreditación del Evaluador del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales, estableciendo que la Dirección de Fortalecimiento y Asistencia Técnica es el órgano de línea del encargado de dicho procedimiento;

Que, el CENEPRED ha celebrado un Convenio de Cooperación Interinstitucional con la Universidad Católica Sedes Sapientiae, con el objetivo establecer las obligaciones de las partes para la planificación, organización y desarrollo del Curso de Formación en Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales;

Que, mediante Cartas S/N, ambas de fecha 11 de diciembre de 2020, el Mg. Giancarlo Enzo Mascellaro Luperdi, de la Dirección General de Extensión, Proyección Social y Servicios de la

Universidad Católica Sedes Sapientiae, solicita la acreditación de profesionales que han culminado el "Curso de Formación en Evaluación del Riesgo de Desastres Originados por Fenómenos Naturales"

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que la señora PONCE CANA, ENMA ESTEFANIA, ostenta la condición de Ingeniera Civil, debidamente habilitada ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditada como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que la señora TELLO NUÑEZ, DELEYDA SILVINA, ostenta la condición de Ingeniera Geógrafa debidamente habilitada ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditada como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor VARGAS GUTIERREZ, CÉSAR AUGUSTO, ostenta la condición de Geógrafo debidamente habilitado ante el Colegio de Geógrafos del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;



Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor AGUILAR CIEZA, JOE DANNY, ostenta la condición de Ingeniero Civil debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;



Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor CARMELINO ERQUINIO, ADOLF RUMMENIGGE, ostenta la condición de Ingeniero Geógrafo y Ecólogo debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;



Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor CORDOVA PERALTA, ROGER, ostenta la condición de Ingeniero Agrónomo debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor FERNANDEZ SALAZAR, MARCO ANTONIO, ostenta la condición de Ingeniero Civil debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor HINOJOSA DE LA SOTA, JOSE FERMIN, ostenta la condición de Ingeniero Geólogo debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor PALACIOS LEON, WILMER, ostenta la condición de Ingeniero Civil debidamente habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor RAO BENITES, ALFREDO RAFAEL, ostenta la condición de Ingeniero Industrial debidamente

habilitado ante el Colegio de Ingenieros del Perú; asimismo, acreditó más de un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Que, de la documentación presentada por la referida universidad se verificó que el señor TRUJILLO LUNA, JIANCARLO, ostenta la condición de Geógrafo debidamente habilitado ante el Colegio de Geógrafos del Perú; asimismo, acreditó un año de experiencia profesional, por lo que reúne los requisitos para ser acreditado como evaluador del riesgo de desastres originados por fenómenos naturales;

Con el visado de la Secretaría General, de la Dirección de Fortalecimiento y Asistencia Técnica y la Oficina de Asesoría Jurídica; y;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N°048-2011-PCM; la Directiva N° 001-2018-CENEPRED/J, "Procedimientos para la formación y la acreditación de evaluadores del riesgo originados por fenómenos naturales", aprobada por Resolución Jefatural N°046-2018-CENEPRED/J, modificada por Resolución Jefatural N°070-2020-CENEPRED/J; el Reglamento de Organización y Funciones del CENEPRED aprobado por Decreto Supremo N° 104-2012-PCM; y las facultades conferidas mediante la Resolución Suprema N° 003-2020-DE;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Declarar PROCEDENTE la solicitud de acreditación a la condición de Evaluador del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales de la Ingeniera Civil PONCE CANA, ENMA ESTEFANIA; Ingeniera Geógrafa TELLO NUÑEZ, DELEYDA SILVINA; Geógrafo VARGAS GUTIERREZ, CÉSAR AUGUSTO; Ingeniera Civil CAMPOS SOLIS, ELENA MAVIL; Ingeniera Civil PONCE CRISPIN, DAYSI KENIA; Ingeniera Civil HUARICANCHA CRISTOBAL, NURIA LILY ; Ingeniero Civil AGUILAR CIEZA, JOE DANNY; Ingeniero Geógrafo CARMELINO ERQUINIO, ADOLF RUMMENIGGE; Ingeniero Agrónomo CORDOVA PERALTA, ROGER; Ingeniero Civil FERNANDEZ SALAZAR, MARCO ANTONIO; Ingeniero Geólogo HINOJOSA DE LA SOTA, JOSE FERMIN ; Ingeniero Civil PALACIOS LEON, WILMER; Ingeniero Industrial RAO BENITES, ALFREDO RAFAEL; Geógrafo TRUJILLO LUNA, JIANCARLO; con competencias para identificación y caracterización de peligros originados por fenómenos naturales, y análisis de los factores de vulnerabilidad.

Artículo 2°.- Disponer la publicación actualizada del Registro Nacional de Evaluadores de Riesgo, en el Portal Web Institucional del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, incorporando lo dispuesto en la presente Resolución Jefatural.

Artículo 3°.- Notificar la presente Resolución Jefatural a los/las interesados/as, la Secretaría General, la Dirección de Fortalecimiento y Asistencia Técnica, y la Oficina de Asesoría Jurídica.

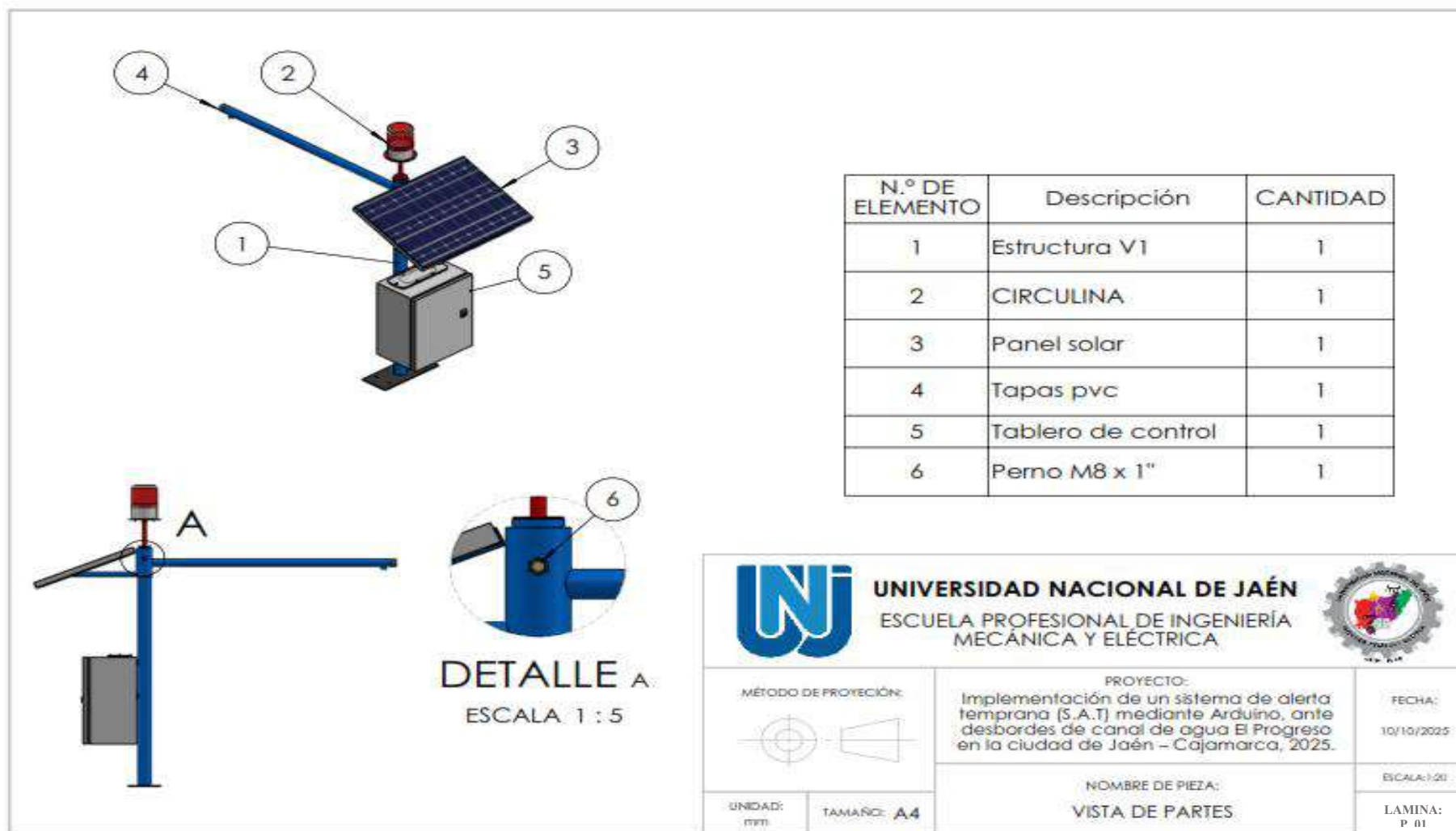
Regístrese y comuníquese,

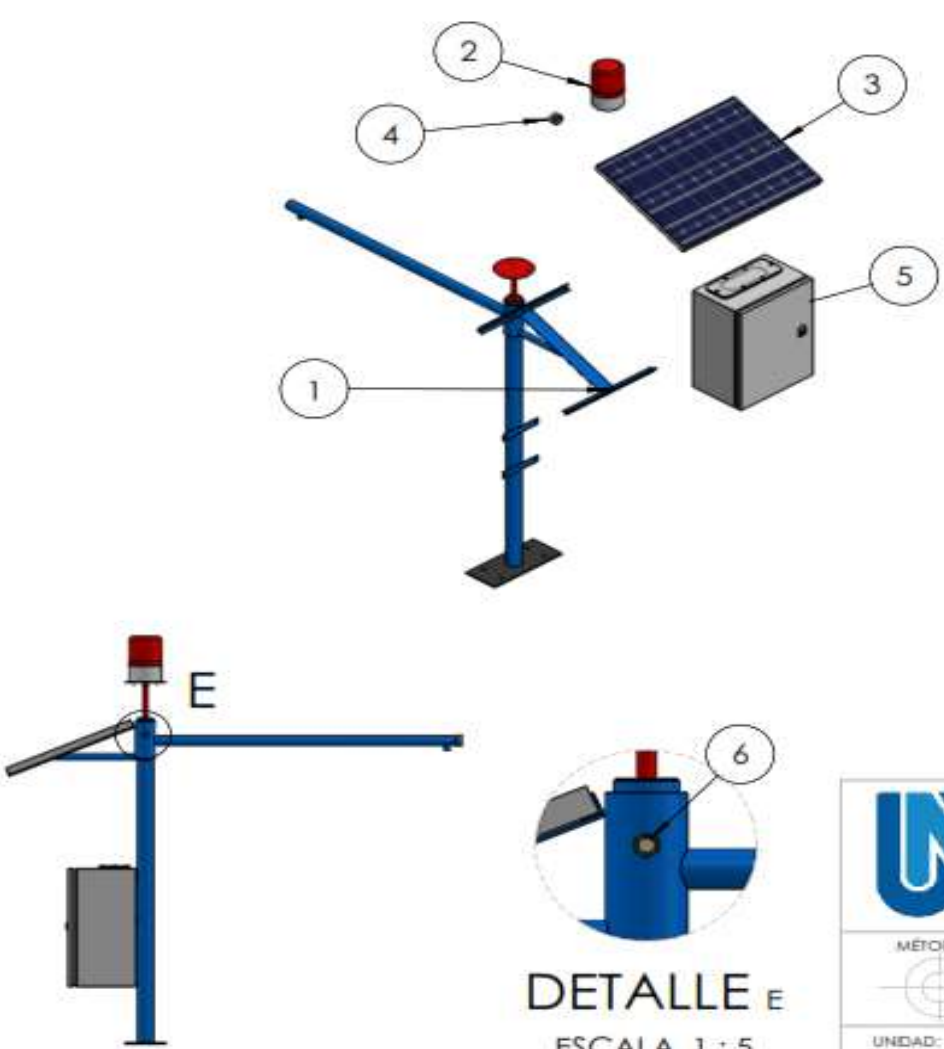
Firmado Digitalmente

JUVENAL MEDINA RENGIFO
Ingeniero Geólogo

Jefe del CENEPRED

Anexo 3: Planos del diseño e implementación del Sistema de Alerta Temprana ante desborde de canal de Agua El Progreso.





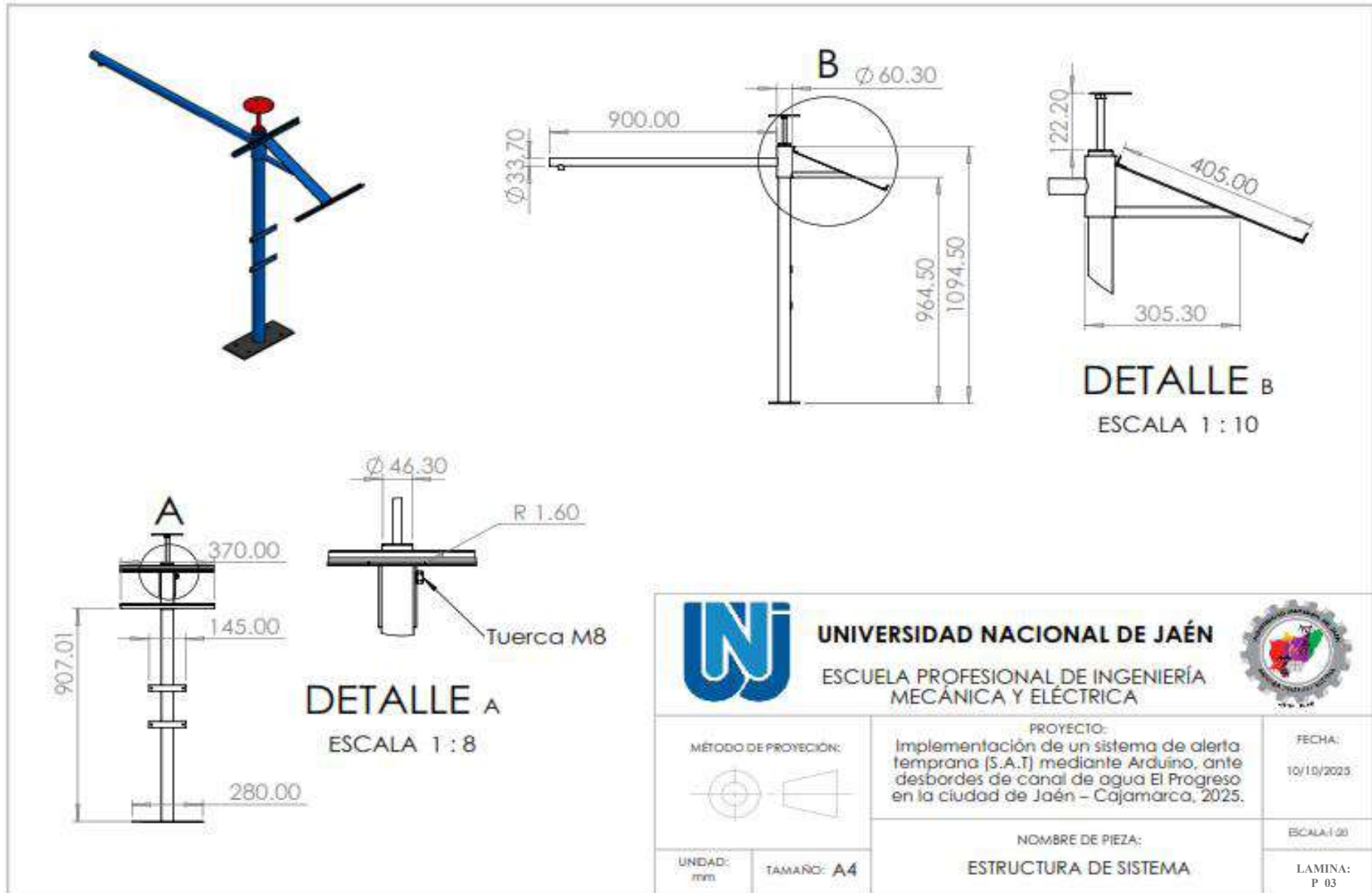
N.º DE ELEMENTO	Descripción	CANTIDAD
1	Estructura Soporte	1
2	Circulina	1
3	Panel solar 40W	1
4	Tapas pvc de 1"	1
5	Tablero de control	1

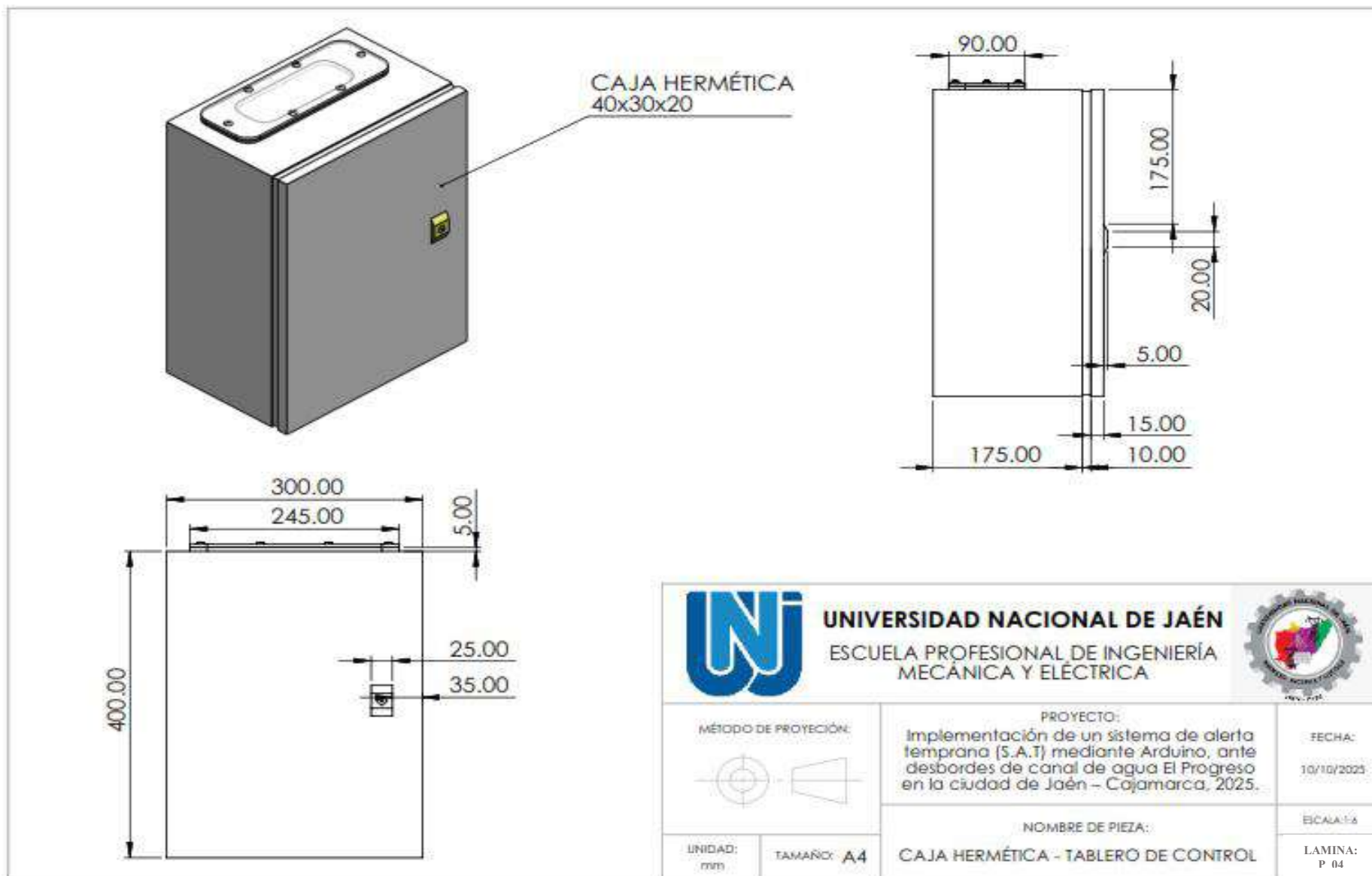


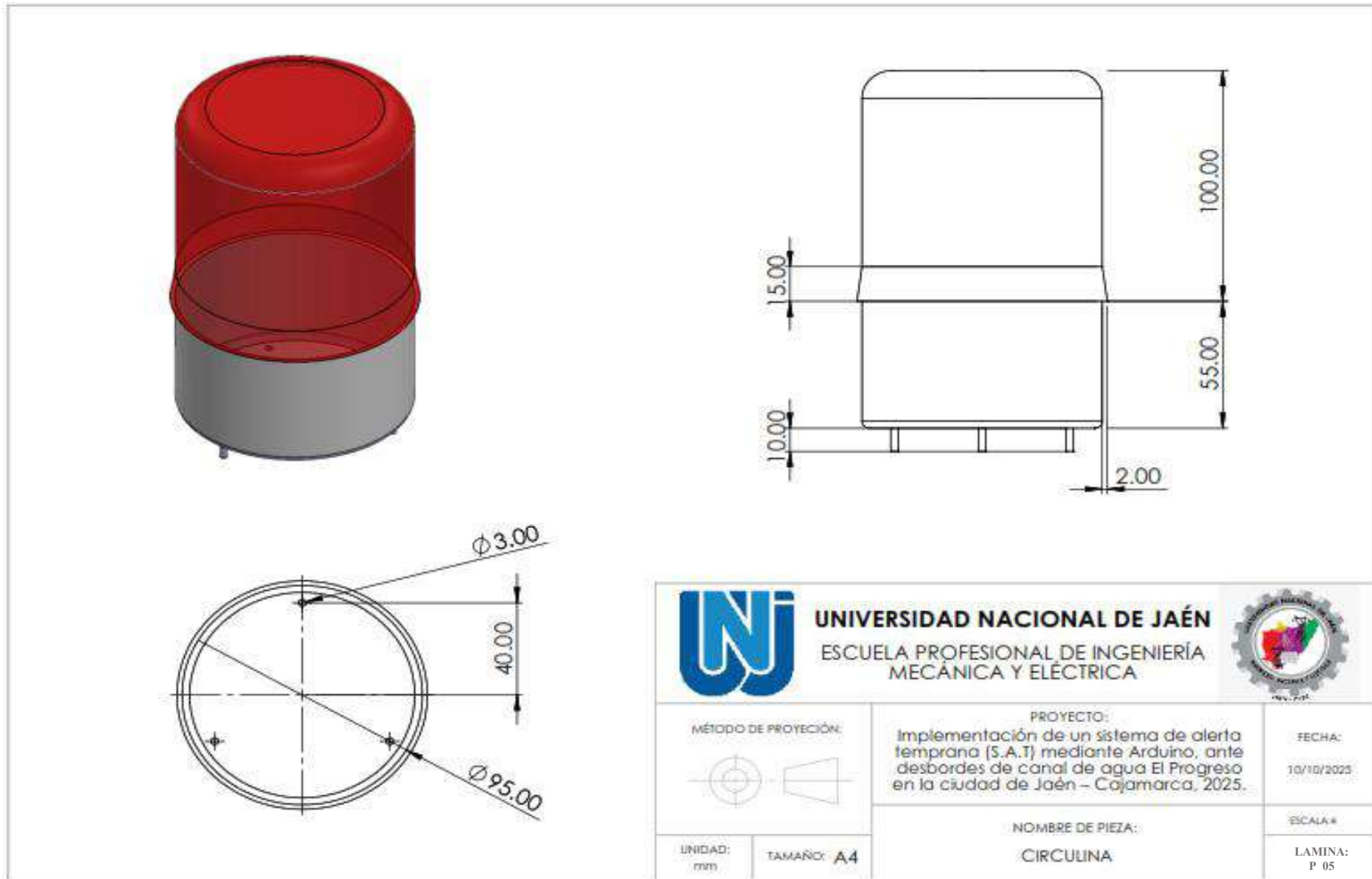
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

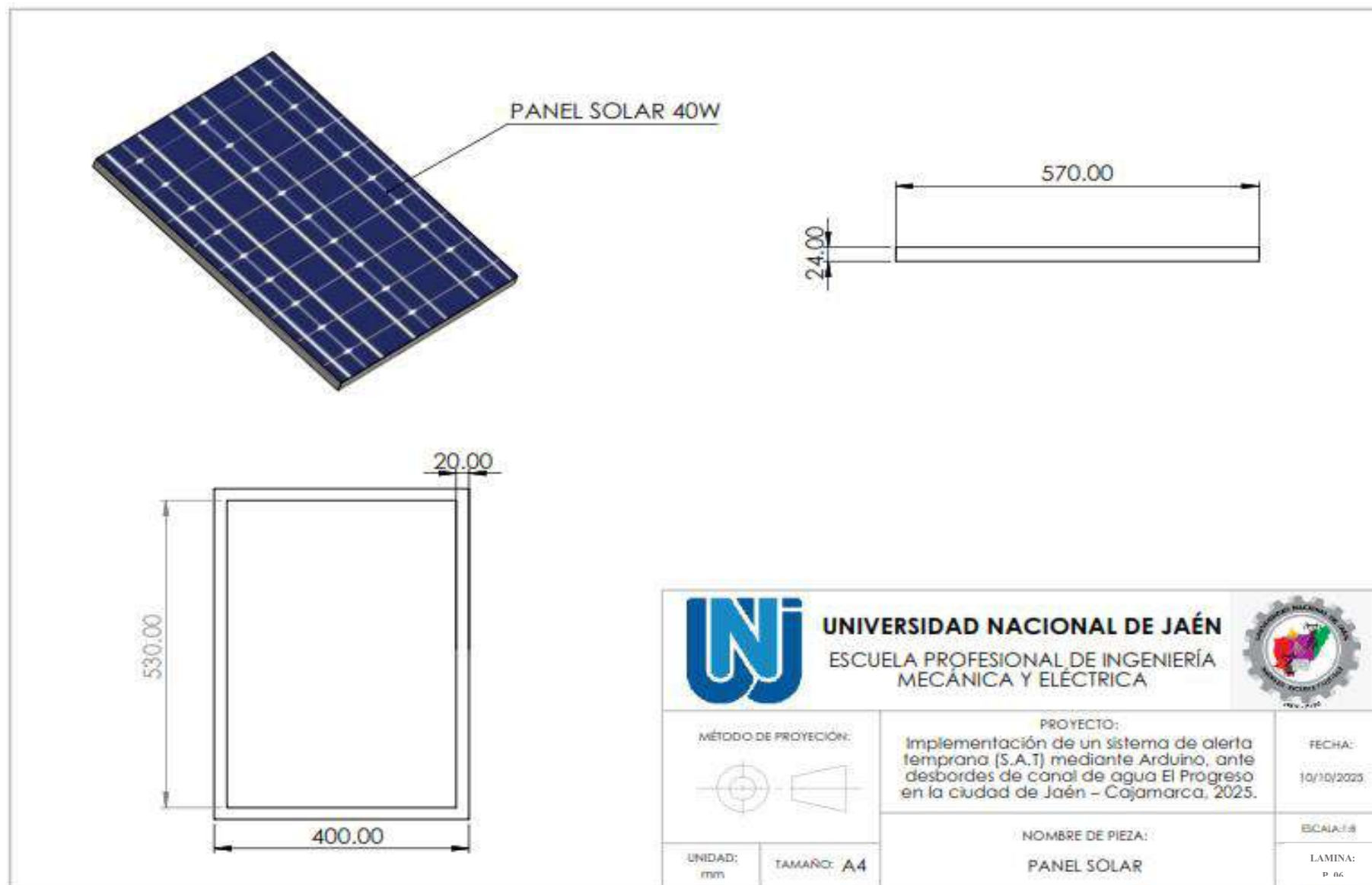


MÉTODO DE PROYECCIÓN:		TESIS Estructura Plano de partes	ESCALA: 1:50
UNIDAD: (mm)		PIEZA Vista de partes	FECHA: 10/01/2025
TAMAÑO: A4		PIEZA R. SANTOYO, M.	LAMINA: P 02









DETALLE B
ESCALA 1 : 2

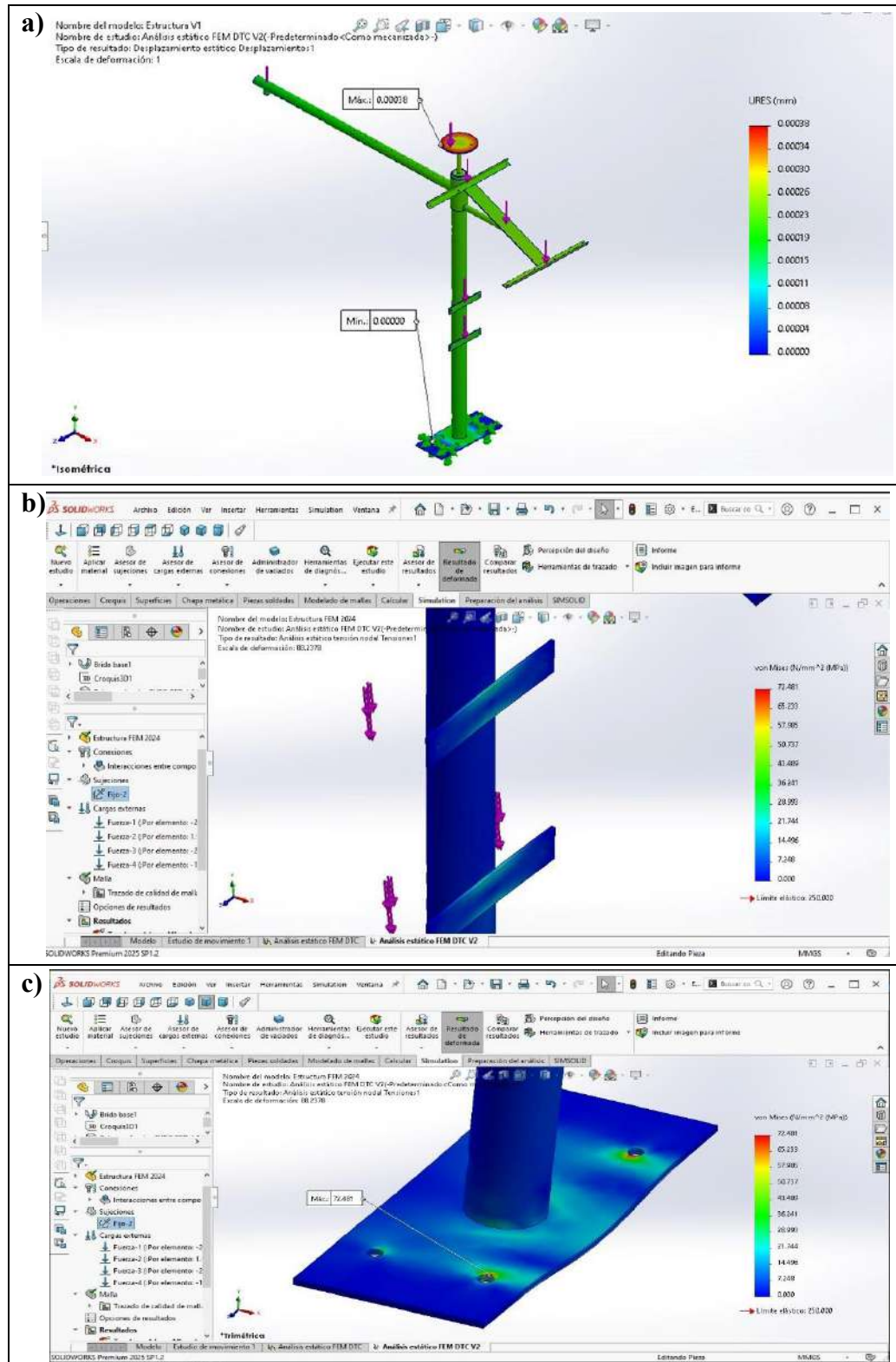
DETALLE A
ESCALA 1 : 5

N.º DE ELEMENTO	Descripción	CANTIDAD
1	Estructura V1	1
2	CIRCULINA	1
3	Panel solar	1
4	Tapas pvc	1
5	Tablero de control	1
6	Perno M8 x 1"	1
7	Ángulo de fijación	2
8	Caja con sensor	1
9	Cubierta	1
10	Sensor	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

MÉTODO DE PROYECCIÓN: 	PROYECTO: Implementación de un sistema de alerta temprana (S.A.T) mediante Arduino, ante desbordes de canal de agua El Progreso en la ciudad de Jaén – Cajamarca, 2025.	FECHA: 10/10/2025
	NOMBRE DE PIEZA: VISTA DE PARTES	ESCALA: 1:20
UNIDAD: mm	TAMAÑO: A4	LAMINA: P_07

Anexo 4. Análisis mecánico computacional de la estructura de soporte del SAT.
a) Distribución de tensiones de Von Mises en la estructura completa; b) Detalle de los concentradores de esfuerzo en la placa de anclaje; c) Trazado de desplazamientos estáticos.



Fuente: Elaboración propia (SolidWorks Simulation, 2026).

Anexo 5.



Jhann Antony Pérez Estela
06801
Perú

Factura

Número de referencia: 519421061
(necesario para todas las consultas)

Fecha de facturación: 26 oct 2025

Número de facturación: AKD-736122539530

Información de la factura

N.º	Nombre del producto	Cant.	IVA	Precio a pagar
1	SOLIDWORKS Student Edition 2025 Entrega: electrónico	1	18 %	229,90 PEN
Subtotal:				229,90 PEN
IVA (18 % de 229,90 PEN):				41,38 PEN
Importe total:				271,28 PEN

Salvo que se indique lo contrario, la fecha de entrega coincide con la fecha de facturación.

Total a pagar:
271,28 PEN

Datos de pago

Su tarjeta de crédito (xxxxxxxxxxxx9094) ha sido autorizada correctamente. Por favor, tenga en cuenta que el cargo en su tarjeta de crédito aparecerá como "CBA*CLEVERBRIDGE AG".

Si desea cancelar su compra, siga las instrucciones del último correo electrónico que le enviamos o póngase en contacto con nuestro servicio de atención al cliente: support.cleverbridge.com.

Cleverbridge GmbH es el vendedor en esta transacción.
Tunisstr. 19-23, 50667, Colonia., Alemania

Dirección ejecutiva:
Richard J. Stevenson, Markus Scheuermann, Radu Immenroth

Tribunal de registro: Tribunal municipal de Colonia / HRB 111750
Número RUC: 20613400363

Datos bancarios:
Titular de la cuenta: Cleverbridge GmbH
Número de cuenta: 0192144405
Código de identificación bancaria: 37070060
Nombre de la entidad bancaria: Deutsche Bank
IBAN: DE04370700600192144405
BIC (SWIFT): DEUTDE33XXX

1 / 1

Nota: Factura de compra de licencia de software SOLIDWORKS.

Anexo 6.



Nota: Evidencia fotográfica de toma de datos de dimensiones de pared lateral del canal El Progreso.

Anexo 7.



Nota: Evidencia fotográfica de toma de datos de dimensiones de base inferior del canal El Progreso.

Anexo 8.



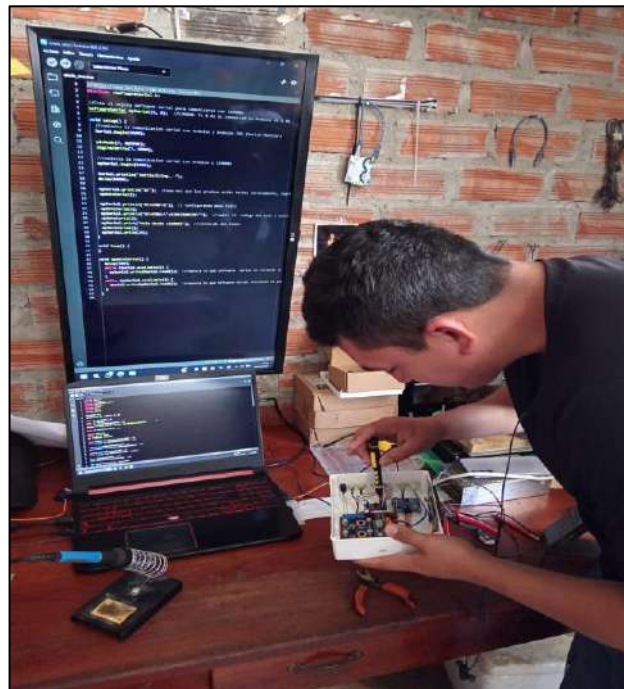
Nota: Evidencia fotográfica de toma de datos de nivel normal del agua con respecto al borde en el canal El Progreso.

Anexo 9.



Nota: Evidencia fotográfica de Programación del código en la Plataforma Arduino para el Sistema de Alerta Temprana.

Anexo 10.



Nota: Evidencia fotográfica de Ensamblaje de componentes electrónicos, para pruebas iniciales del proyecto.

Anexo 11.



Nota: Evidencia fotográfica de Ensamblaje de componentes electrónicos, para pruebas iniciales del proyecto y reajustes.

Anexo 12.



Nota: Evidencia fotográfica de ensamblaje inicial de circuito electrónico, antes de realizar la implementación a estructura de soporte.

Anexo 13.



Nota: Habilitación de material para ensamblar estructura de soporte del Prototipo.

Anexo14.

Nota: Ensamblaje de Estructura de soporte el Prototipo.

Anexo 15.

Nota: Estructura de soporte del prototipo.

Anexo 16.



Nota: Proceso de pintado a la estructura metálica de soporte del prototipo.

Anexo 17.



Nota: Proceso de pintado a la estructura metálica de soporte del prototipo.

Anexo 18.



Nota: Implementación de los componentes del circuito en la estructura de soporte del prototipo.

Anexo 19.



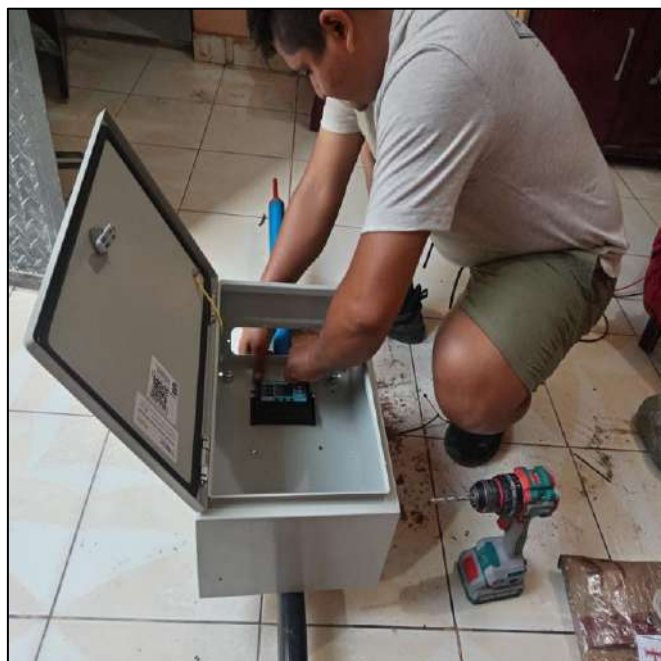
Nota: Ensamblaje de sirena - ciruculina.

Anexo 20.



Nota: Habilitación de gabinete para ensamblar en prototipo.

Anexo 21.



Nota: Ensamblaje de Controlador de Carga en gabinete del prototipo.

Anexo 22.



Nota: Ensamblaje de gabinete en estructura de soporte del prototipo.

Anexo 23.



Nota: Ensamblaje de panel solar para prototipo de Sistema de Alerta Temprana.

Anexo 24.



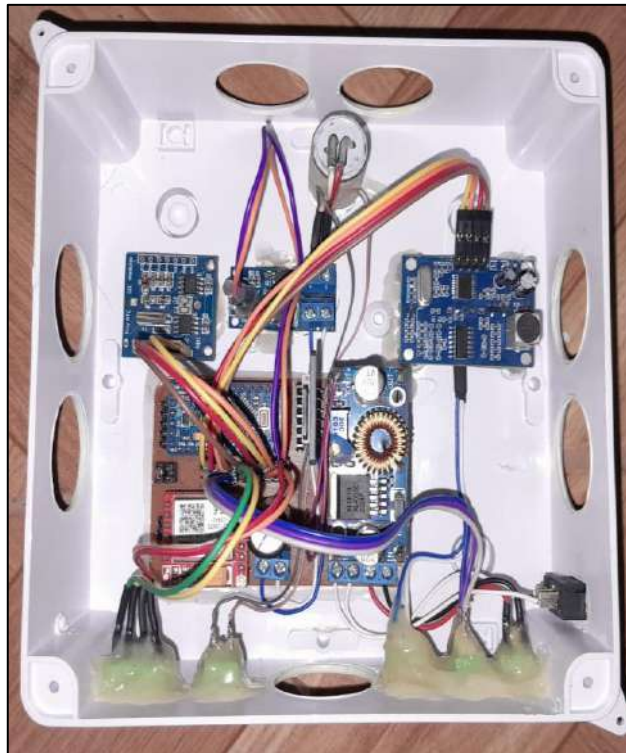
Nota: Canalización de cables conductores, mediante manguera corrugada automotriz.

Anexo 25.



Nota: Ubicación de componentes de alimentación del prototipo en el gabinete hermético metálico.

Anexo 26.



Nota: Evidencia fotográfica de ensamblaje rediseñado de circuito electrónico, para realizar la implementación a estructura de soporte dentro del gabinete hermético.

Anexo 27.



Nota: Vista fotográfica de ensamblaje de circuito electrónico en el prototipo.

Anexo 28.



Nota: Vista fotográfica de Estructura de estructura del prototipo con panel Fotovoltaico ensamblado.

Anexo 29.



Nota: Ensamblaje de sensor ultrasónico en estructura del prototipo.

Anexo 30



Nota: Instalación del Prototipo en el canal de agua El Progreso.

Anexo 31.



Nota: Instalación de prototipo en el borde del canal El Progreso, acoplamiento de base de la estructura.

Anexo 32.



Nota: Acoplamiento de base de estructura hacia borde de canal de agua.

Anexo 33.



Nota: Prototipo Instalado en Canal El Progreso.

Anexo 34.



Nota: Verificación de código de Programación en el prototipo ya instalado.

Anexo 35



Nota: Coordinación con Entidad de la Municipalidad Provincial de Jaén.

Anexo 36



Nota: Visita al punto de instalación del prototipo por parte del Asesor del Proyecto de Investigación.

Anexo 37



Nota: Coordinación con Asesor del Proyecto de Investigación y tesisistas, respecto al desarrollo del proyecto y el prototipo ya instalado.

Anexo 38



Nota: Monitoreo permanente del prototipo en el Canal El Progreso.

Anexo 39



Nota: Monitoreo permanente del prototipo de Sistema de Alerta Temprana en punto de instalación.

Anexo 40



Nota: Verificación de operatividad del Prototipo en horario nocturno.

Anexo 41



Nota: Verificación de operatividad del Prototipo y toma de datos en horario nocturno, garantizando su autonomía.

Anexo 42



Nota: Vista fotográfica de estado de carga de batería, garantizando autonomía del prototipo.

Anexo 43



Nota: revisión de datos almacenados en memoria SD, para verificar la operatividad del prototipo respecto a recolección de datos.

Anexo 44



Nota: Coordinación permanente con representante de la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Jaén.

Anexo 45



Nota: Vista Fotográfica prototipo operando en horario diurno.